



## Энергоэффективность присоединения водяного отопления к тепловым сетям

Т.А. Скорик<sup>1</sup>, Н.И. Галкина<sup>1</sup>, А.И. Василенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Академия строительства и архитектуры  
Донской государственной строительный университет г. Ростов-на-Дону  
<sup>2</sup>Южный федеральный университет г. Ростов-на-Дону

**Аннотация:** Рассматриваются актуальные вопросы, связанные с определением энергетической эффективности присоединения систем водяного отопления к тепловым сетям. Предложены зависимости для определения коэффициента гидроэнергетической эффективности, характеризующего энергетические характеристики зависимого и независимого присоединения.

**Ключевые слова:** тепловые сети, индивидуальный тепловой пункт, система водяного отопления, энергетическая эффективность, коэффициент гидроэнергетической эффективности.

В соответствии с [1] энергоэффективность тепловых сетей,  $\eta$ , определяется по формуле (1):

$$\eta = \frac{\sum Q_n}{Q_v} . \quad (1)$$

где  $\sum Q_n$  – тепловая энергия, полученная всеми потребителями, Вт;  $Q_v$  – тепловая энергия, выданная от источника теплоты, Вт.

Как следует из формулы (1), энергоэффективность тепловых сетей определяется только ее тепловыми характеристиками. В тоже время [2] установлен ряд показателей, характеризующих энергоэффективность тепловых сетей, в состав которых, наряду с тепловыми характеристиками, включен также показатель, характеризующий затраты электроэнергии на передачу тепловой энергии, включая затраты насосными группами источников теплоснабжения. Очевидно, что формула (1) не включает в свой состав величин, характеризующих расход электрической энергии при работе



тепловых сетей, поэтому понятие энергоэффективности тепловых сетей нуждается в дополнении.

Известно, что тепловые сети обеспечивают передачу теплоты потребителям за счет разности температур и, обеспечивающих требуемый расход теплоносителя, напоров сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах [3]. В свою очередь, разность напоров сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах обеспечивается работой сетевых насосов, затрачивающих на это электрическую энергию и преобразуя ее в гидравлическую энергию сетевой воды.

При зависимой схеме присоединения системы водяного отопления потребителей к тепловым сетям передача теплоты к теплоносителю и его циркуляция в системе отопления осуществляется за счет использования гидравлической мощности сетевого теплоносителя. При независимом присоединении гидравлическая мощность сетевой воды расходуется только в сетевом контуре ИТП, а циркуляция теплоносителя осуществляется за счет гидравлической мощности, подводимой к теплоносителю в циркуляционном насосе [4].

Для оценки гидроэнергетической эффективности различных схем присоединения к тепловым сетям систем водяного отопления, нами предлагается ввести понятие *коэффициента гидроэнергетической эффективности*,  $\bar{N}$ , определяемого формулой (2)

$$\bar{N} = \frac{N_n}{N_{общ}}. \quad (2)$$

где  $N_n$  – гидравлическая мощность, полезно затраченная на подготовку и циркуляцию теплоносителя в системе отопления;  $N_{общ}$  – общие затраты гидравлической мощности, расходуемой на передачу теплоты теплоносителю и его циркуляцию в системе отопления.

---



Чем больше значение  $\bar{N}$ , тем выше энергетическая эффективность схемотехнического решения присоединения системы водяного отопления к тепловым сетям [5].

При зависимом присоединении  $\bar{N}_{зав}$  характеризует отношение величины гидравлической мощности, отобранной от сетевой воды в ИТП, к величине гидравлической мощности, полезно затраченной на обеспечение циркуляции теплоносителя в системе отопления по формуле (3)

$$\bar{N}_{зав} = \frac{N_o}{N_c}. \quad (3)$$

где  $N_c$  – гидравлическая мощность, отобранная от сетевой воды в ИТП;  $N_o$  – гидравлическая мощность, полезно затраченная на обеспечение циркуляции теплоносителя в системе отопления.

При независимой схеме подключения системы водяного отопления к тепловым сетям гидравлическая мощность сетевой воды затрачивается только на компенсацию потерь напора в сетевом контуре ИТП, а обеспечение циркуляции в системе отопления осуществляется циркуляционным насосом [4, 6].

Общие затраты гидравлической мощности будут складываться из гидравлической мощности, отобранной от сетевой воды в ИТП,  $N_c$ , и гидравлической мощности, подводимой к теплоносителю системы отопления в циркуляционном насосе,  $N_n$ .

Полезно затраченная гидравлическая мощность складывается из мощности, необходимой для преодоления сетевой водой гидравлического сопротивления теплообменника  $N_m$ , и гидравлической мощности, подводимой к теплоносителю системы отопления в циркуляционном насосе,  $N_n$ .



С учетом изложенного выше, коэффициент гидроэнергетической эффективности при независимом присоединении системы водяного отопления,  $N_{нез}$ , определяется формулой (4):

$$\bar{N}_{нез} = \frac{N_m + N_n}{N_c + N_n}. \quad (4)$$

Рассмотрим гидроэнергетические характеристики зависимой схемы присоединения потребителей к тепловым сетям.

Зависимая схема присоединения получила широкое распространение благодаря использованию элеваторов [7,8], позволяющих реализовать на их основе простые и малозатратные технические решения ИТП для зданий различного назначения.

В тоже время известно, что коэффициент полезного действия струйного нагнетателя, которым является элеватор, крайне низок [2,3,9], поэтому возникает необходимость в оценке эффективности использования гидравлической мощности, отбираемой от сетевой воды в ИТП, при зависимой схеме присоединения потребителей к тепловым сетям.

Запишем выражение (3) в следующем виде:

$$\bar{N} = \frac{N_o}{N_c} = \frac{V_o \Delta P_o}{V_c \Delta P_c} \quad (5)$$

где  $V_c$ ,  $\Delta P_c$  – соответственно объемный расход и перепад давлений теплоносителя на входе в ИТП;  $V_o$ ,  $\Delta P_o$  – соответственно объемный расход и потери давления в системе водяного отопления.

Формула (5) дает возможность определить максимальное значение  $\bar{N}$ , соответствующее минимально допустимому перепаду давлений сетевого теплоносителя на входе в ИТП [10].

Величины  $V_c$  и  $V_o$  связаны коэффициентом смешения,  $u$  по формуле (6):

$$u = \frac{\tau_1 - \tau_{o1}}{\tau_{o1} - \tau_2} = \left( \frac{V_o}{V_c} - 1 \right) \quad (6)$$



где  $\tau_1$  — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С;  $\tau_{01}$  — то же, в подающем трубопроводе системы отопления, °С;  $\tau_2$  — то же, в обратном трубопроводе от системы отопления, °С;

Из последней формулы:

$$V_o = V_c (1 + u). \quad (7)$$

Минимально необходимый напор  $H_{c \min}$ , м, перед элеватором для преодоления гидравлического сопротивления элеватора и присоединенной к нему системы отопления (без учета гидравлического сопротивления трубопроводов, оборудования, приборов и арматуры до места присоединения элеватора) допускается определять по формуле (8) [2]:

$$H_{c \min} = 1,4 H_o (1 + u)^2, \quad (8)$$

где  $H_o$  — потери напора в системе отопления после элеватора при расчетном расходе воды в системе отопления, м.

Последние зависимости позволяют получить следующее выражение, характеризующее максимальное значение **коэффициента гидроэнергетической эффективности** зависящего от присоединения к тепловой сети системы водяного отопления

$$\bar{N}_{\max} = 0,714(1 + u)^{-1} \quad (9)$$

Из формулы (9) следует, что максимальное значение **коэффициента гидроэнергетической эффективности** является функцией только коэффициента смешения.

Поясним последнее положение конкретным примером. При температурном графике тепловой сети 150-70°С и параметрах теплоносителя в системе водяного отопления 95-70°С коэффициент смешения  $u$  равен 2,2, а максимальное значение гидроэнергетического КПД равно 0,22. Последнее означает, что в рассматриваемом случае, теоретически не более 22%



гидравлической мощности, отбираемой в ИТП от сетевой воды, может быть полезно использовано для обеспечения циркуляции теплоносителя в системе отопления. Остальная гидравлическая мощность безвозвратно теряется при дросселировании сетевой воды в элеваторе.

В том случае, если разность напоров в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети превышает величину, определяемую зависимостью (8) на  $k$  %, коэффициент гидроэнергетической эффективности зависимого присоединения системы водяного отопления к тепловым сетям соответственно снижается на  $k$  %.

Если все системы водяного отопления присоединены к тепловым сетям по зависимой схеме с использованием элеваторов, то максимальный КПД использования электрической энергии, затраченной на передачу тепловой энергии потребителям, теоретически не может превышать величину, определяемую формулой (9).

Полученные результаты свидетельствуют о низком уровне энергетической эффективности зависимой схемы присоединения потребителей к тепловым сетям, что является дополнительным аргументом в пользу перехода от зависимых, к независимым схемам присоединения зданий к тепловым сетям, что предусмотрено рядом вступивших в последнее время в силу законов и нормативных документов [3-5].

### Литература

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О. Я. Отопление и тепловые сети. – М.: Инфра-М, 2007. 480 с.
2. Свицерская О. В. Основы энергосбережения. – М.: ТетраСистемс, 2009. - 176 с.



3. Сотникова О.А., Мелькумов В.Н. Теплоснабжение: Учеб. пособие. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. 296 с.
4. Глазунова Е.К., Василенко А.И., Скорик Т.А. Удельные отопительные нагрузки и энергоэффективность современной жилой застройки // Научное обозрение. 2013. №2. с. 94-96.
5. Тихомиров А. К. Теплоснабжение района города: учеб. пособие /А. К. Тихомиров. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. – 135 с.
6. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
7. Волосатова Т.А. Некоторые вопросы энергоэффективности тепловых сетей в разрезе текущего состояния комплекса ЖКХ России// Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054).
8. Тихомиров С.А., Василенко А.И. Проблемы перехода на закрытые системы теплоснабжения// Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2318](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2318).
9. Ignotas A. Lithuanian legal and regulatory framework for district heating. Presented at IEA workshop «District heating policy in transition economies». Prague. February 2004. 167 p.
10. M.C. Georgiadis, E.S. Kikkinides, E.N. Pistikopoulo. Energy Systems Engineering// WILEY-VCH, Weinheim-2008. 337 p.

### References

1. Varfolomeev Ju.M., Kokorin O. Ja. Otoplenie i teplovye seti [Heating and heat networks]. М.: Infra-M, 2007. 480 p.
2. Sviderskaja O. V. Osnovy jenergoberezenija [Fundamentals of energy conservation]. М.: TetraSistems, 2009. 176 p.
3. Sotnikova O.A., Mel'kumov V.N. Teplosnabzhenie [Heat]: Ucheb. posobie. М.: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2009. 296 p.



4. Glazunova E.K., Vasilenko A.I., Skorik T.A. Nauchnoe obozrenie. 2013. №2. p. 94-96.
5. Tihomirov A. K. Teplosnabzhenie rajona goroda [The heat supply area of the city]: ucheb. Posobie. A. K. Tihomirov. Habarovsk: Izd-vo Tihookean. gos. un-ta, 2006. 135 p.
6. Ionin A.A., Hlybov B.M., Bratenkov V.N. Teplosnabzhenie [Heat]: Uchebnik dlja vuzov. M.: Strojizdat, 1982. 336 p.
7. Volosatova T.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054).
8. Tihomirov S.A., Vasilenko A.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2318](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2318).
9. Ignotas A. Lithuanian legal and regulatory framework for district heating. Presented at IEA workshop «District heating policy in transition economies». Prague. February 2004. 167 p.
10. M.C. Georgiadis, E.S. Kikkinides, E.N. Pistikopoulo. Energy Systems Engineering. WILEY-VCH, Weinheim. 2008. 337 p.