

Энергосбережение в тепловых сетях за счет параметров теплоносителя

Аспирант О.В. Аверьянова*,

ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Все чаще и чаще в последнее время, а особенно в связи с экономическим кризисом можно услышать слова энергоэффективность, энергосбережение.

Важность энергоэффективности и её значение для окружающей среды были подчеркнуты в Энергетической Хартии – политической декларации 1991 года. Это единственное в своем роде соглашение, касающееся межправительственного сотрудничества в энергетическом секторе, охватывающее всю энергетическую производственно-сбытовую цепочку (от разведки до конечного использования) и все энергетические продукты и связанное с энергетикой оборудование. Декларация является четким выражением принципов, которые должны стать фундаментом международного сотрудничества в энергетике на основе общей заинтересованности в надёжном энергоснабжении и устойчивом экономическом развитии.

Принятый позднее Договор к Энергетической Хартии, в частности, его Статья 19, требует, чтобы страны-члены стремились сводить к минимуму экономически эффективными методами вредное воздействие на окружающую среду, являющееся результатом связанной с энергетикой деятельности на их территории.

В советское время в стране были реализованы программы централизации энергоснабжения – строительство мощных тепловых, гидравлических и атомных электростанций, электрических и тепловых сетей от них, развитие топливной промышленности. Централизованное теплоснабжение представляет собой процесс обеспечения низкопотенциальной теплотой нескольких отдельно стоящих потребителей от одного источника. В технологическом плане ЦТ представляет собой единовременный триединый процесс, состоящий из производства тепловой энергии, транспортирования ее и потребления. Такой сложный процесс имеет две характерные особенности, которые не всегда правильно или вовсе не учитываются в процессе строительства и дальнейшей эксплуатации объектов энергообеспечения. С одной стороны, ЦТ – целенаправленный и непрерывный процесс воздействия на человека, который имеет форму услуги, а с другой стороны, этот процесс имеет характер промышленного производства, продуктом которого является тепловая и электрическая энергия. Человечество не научилось пока аккумулировать в промышленных масштабах энергию, также как и накапливать услугу. Все это производится в единовременном процессе и на ограниченном пространстве. Главным потребителем и организатором оказания услуг жизнеобеспечения изначально и по настоящее время является ЖКХ. Наиболее сложной, дорогой и ресурсоемкой отраслью в комплексе ЖКХ является коммунальная энергетика, обеспечивающая коммунальное электро- и теплоснабжение населения.

В условиях рыночной экономики, снижения жизненного уровня и платежеспособности населения появилась негативная тенденция к волевому разделению единого технологического процесса теплоснабжения, созданию «дочерних», ни за что не отвечающих, коммерческих структур, что неизбежно вызвало безответственность в качестве обслуживания, введение температурных ограничений в энергоснабжении. Поэтому в данный момент встал вопрос о замене централизованного теплоснабжения индивидуальным теплоснабжением. Но будет ли это выгодно с точки зрения энергоэффективности и энергосбережения? Попробуем разобраться.

Для этого необходимо рассмотреть процессы, проходящие в тепловых сетях, с точки зрения теплопотерь.

Все термодинамические процессы осуществляются в соответствии со вторым законом термодинамики на температурном перепаде T_1-T_2 :

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

где T_1 – температура рабочего тела в начале процесса-цикла, °С;

T_2 – температура рабочего тела в конце процесса-цикла, °С.

Это означает, что чем ниже T_2 , тем более эффективно будет использоваться энтальпия – теплосодержание пара в подогревателях, тем выше будет коэффициент полезного использования топлива, тем ниже расходы сетевой воды и затраты энергии на перекачку теплоносителя.

Поэтому вполне объяснимо стремление поднять T_1 как можно выше и опустить T_2 как можно ниже. Но если понижение T_2 снизу ограничено значениями температуры окружающей среды, то повышение T_1 зависит от успехов развития термостойкого материаловедения.

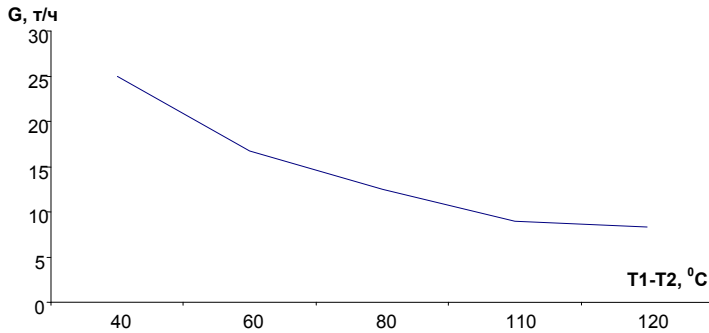


Рисунок 1. График зависимости расхода теплоносителя от температурного перепада

Эту тенденцию можно проследить на примере развития теплофикации в СССР. Первые теплофикационные установки проектировались на температурный перепад теплоносителя 110-70⁰С, расход теплоносителя – 25т/ч на 1 Гкал. Затем в послевоенные годы перешли на график 130-70⁰С, расход теплоносителя – 16,7т/ч на 1 Гкал, а начиная с 1960-х годов – на график 150-70⁰С, расход теплоносителя – 12,5т/ч на 1 Гкал. В 1980-1990-х гг. уже обсуждался вопрос перевода теплофикационных систем на график 180-190-70⁰С с расходом теплоносителя 9-8,3т/ч на 1 Гкал.

Важнейшей функцией тепловых сетей является доведение произведенной на теплоисточниках

теплоты до потребителя наиболее надежным и экономичным образом. Для выполнения ее сооружают трубопроводные системы, хорошо изолированные тепловой изоляцией, защищенные от внешнего воздействия и повреждений, оснащенные запорной и регулирующей арматурой, средствами автоматики и учета теплоты и теплоносителей. Но в связи с тем, что тепловые сети прокладываются до потребителей через среду, температура которой значительно отличается от температуры T₁ и T₂, то возникают значительные теплотери, на компенсацию которых требуются дополнительные затраты топлива.

Пусть стена трубы толщиной δ₁ выполнена из материала с коэффициентом теплопроводности λ₁. Труба покрыта изоляцией толщиной δ₂ с коэффициентом теплопроводности λ₂. Труба внутри омывается водой с температурой T₁, а снаружи средой с температурой t_{нар}. Интенсивность теплообмена сред и поверхностей α₁ и α₂ (рис. 2).

Рассматривая стационарный режим, напишем уравнение:

$$q = \frac{T_1 - t_{нар}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м².

Как видно из этого уравнения, зависимость бесполезных тепловых потерь от температуры воды носит линейный характер.

То есть чем выше T₁, тем больше будут теплотери и, соответственно, тем больше необходимо топлива. Но с другой стороны, будет уменьшаться расход сетевой воды, уменьшаться капитальные вложения вследствие уменьшения диаметра трубопроводов, уменьшения типоразмеров насосов и арматуры.

Пусть имеется потребитель, которому необходимо количество тепла Q. Рассмотрим несколько графиков:

- 1) 80-60⁰С – ΔT=20⁰С
- 2) 90-70⁰С – ΔT=20⁰С
- 3) 110-70⁰С – ΔT=40⁰С
- 4) 120-70⁰С – ΔT=50⁰С

Количество теплоносителя будет равно:

$$G = \frac{Q}{\Delta T}, \text{ кг/ч}$$

где Q – количество тепла, ккал/ч;
ΔT – температурный перепад, °С.

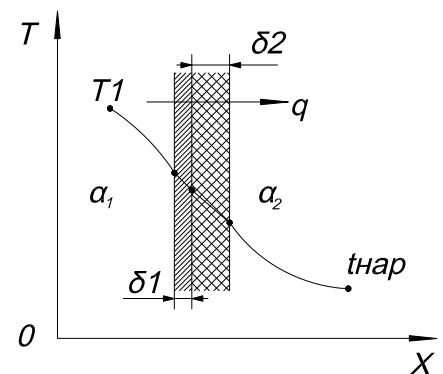


Рисунок 2. Стенка трубопровода; справа внешняя среда, слева вода

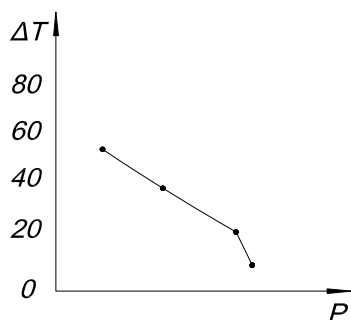


Рисунок 3. Зависимость затрат на сооружение тепловых сетей от температурного перепада

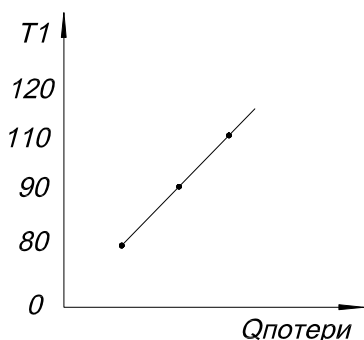


Рисунок 4. Зависимость теплопотери от температуры теплоносителя

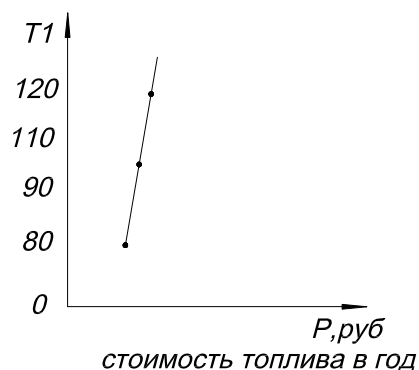


Рисунок 5. Зависимость затрат на топливо от температуры теплоносителя

В связи с тем, что у первых двух графиков температурный перепад одинаковый, то количество теплоносителя G_1 кг/ч и G_2 кг/ч также одинаково и трубопроводы применяются одинакового типоразмера, потери давления по длине трубопроводов одинаковые.

Для остальных вариантов температурных перепадов G_3 кг/ч и G_4 кг/ч будут разными, причем $G_4 < G_3 < G_2$ ($G_2 = G_1$). Значит, типоразмеры трубопроводов будут тоже различны, причем $\varnothing N_4 < \varnothing N_3 < \varnothing N_2$ ($\varnothing N_2 = \varnothing N_1$). Следовательно, потери давления по длине трубопроводов будут $\Delta p_4 < \Delta p_3 < \Delta p_2$ ($\Delta p_2 = \Delta p_1$). Это приведет к уменьшению типоразмера насосного оборудования с увеличением температурного перепада. Если обозначить P_1 капитальные вложения, состоящие из стоимости трубопроводов и насосного оборудования, для первого температурного графика, P_2 , P_3 и P_4 соответственно для второго, третьего и четвертого графиков, то можно увидеть следующую зависимость: затраты на сооружение тепловых сетей с ростом температурного перепада теплоносителя уменьшаются (рис. 3).

Но количество теплопотерь, которое линейно зависит от температуры теплоносителя (рис. 4), с ростом температурного перепада возрастает.

Предположим, что самый экономичный и надежный способ транспортировки теплоносителя к потребителю согласно второму закону термодинамики будет происходить при четвертом варианте температурного перепада, при котором капитальные вложения минимальны. Но затраты в год на топливо самые большие.

При каком же температурном перепаде капитальные затраты на сооружение тепловых сетей быстрее всего окупятся?

Очевидно, что окупаемость затрат на сооружение тепловых сетей зависит в первую очередь от температуры самого теплоносителя и во вторую очередь от его температурного перепада. Это связано с тем, что капитальные затраты на сооружение тепловых сетей при T_1 лежащей в области от 90°C и ниже отличаются незначительно либо равны, а затраты на топливо ощутимо меньше. В то время как затраты на сооружение тепловых сетей при T_1 лежащей в области от 90°C и выше хотя и уменьшаются, но затраты на топливо при этом ощутимо увеличиваются.

Проиллюстрируем это на конкретном примере. Трубопроводы будем использовать стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке по ГОСТ 30732-2001, теплопроводность стали $\lambda_1 = 50$ Вт/мК, теплопроводность изоляции $\lambda_2 = 0,025$ Вт/мК.

Как видно из табл.1, небольшие тепловые пункты, которые будут производить теплоноситель с температурой ниже 90°C , более энергоэффективны по сравнению с центральным теплоснабжением. То есть при такой схеме теплоснабжения очевидна экономия энергоресурсов и их эффективное использование.

Таблица 1.

Q, кВт	500	500	500	500
$T_1 - T_2, ^\circ\text{C}$	80-60	90-70	110-70	120-70
G, кг/ч	21496,13	21496,13	10748,06	7165,37
Диаметр трубопровода	$\varnothing 108 \times 3,2$	$\varnothing 108 \times 3,2$	$\varnothing 89 \times 3,0$	$\varnothing 76 \times 3,0$
Длина сети, м	500	500	500	500
δ_1 , м	0,1016	0,1016	0,083	0,07
δ_2 , м	0,033	0,033	0,0325	0,029
λ_1 , Вт/мК	50	50	50	50

λ_2 , Вт/мК	0,025	0,025	0,025	0,025
q , Вт/м ²	54,588	61,498	76,373	100,218
Qпотери, Вт	8707,5	9809,7	9952,2	11014,01
Qполн, Вт	508707,5	509809,7	509952,2	511014,01
Потери напора, Па/м	65	65	50	55
Общие потери, Па	32500	32500	25000	27500
Стоимость насоса, руб.	30770,00	30770,00	26105,00	22927,00
Стоимость трубопровода в ППУ, руб/м.п.	900,84	900,84	764,56	626,32
Стоимость трубопроводов, руб.	450420,00	450420,00	382280,00	313160,00
Всего капитальные затраты, руб.	481190,00	481190,00	408385,00	336087,00
Газ за период, м ³	150405	150730	150759	151088
Стоимость газа*, руб/1000м ³	3854,00	3854,00	3854,00	3854,00
Стоимость газа, руб.	579660,87	580913,42	581025,18	582293,15
Разница в капитальных затратах**, руб.	145103,00	145103,00	72298,00	0
Экономия в год на топливе***, руб	2632,28	1379,7	1267,9	0
Окупаемость***, лет	55,1	105,1	57,01	0

* - по данным Правительства Москвы на 1 апреля 2009г

** - в сравнении с затратами на сооружение тепловых сетей при температурном перепаде 120-70⁰С

*** - в сравнении с тепловыми сетями, работающими на температурном перепаде 120-70⁰С

Литература

1. Договор к энергетической хартии и связанные с ним документы // Энергетическая хартия. http://www.encharter.org/fileadmin/user_upload/document/RU.pdf
2. Гусев В.М., Ковалев Н.И., Попов В.П., Потрошков В.А. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов. – Л., 1981.
3. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник для вузов. – М., 2007.
4. Богословский В.Н., Крупнов Б.А., Сканава А.Н. и др. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.1. Отопление. – М., 1990.
5. Каталог Grundfos «Насосы с патрубками в линию ин-лайн».

* Олеся Валерьевна Аверьянова, Санкт-Петербург
Тел. раб.: 327-44-44, 327-433, доб. 5692; эл. почта: O Averyanova@bcc.ru