

УДК 697.34

ВАЖНЕЙШИЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОФИКАЦИИ ГОРОДОВ

Докт. техн. наук, проф., засл. деят. науки и техники РФ АНДРЮЩЕНКО А. И.

Саратовский государственный технический университет

Теплофикация как централизованное теплоснабжение при комбинированной выработке электрической и тепловой энергии [1] является важнейшим средством достижения экономии топлива и улучшения экологического состояния городов. Особенно широко теплофикация крупных городов осуществлялась в нашей стране в предвоенные годы, так как местные отопительные котельные, использующие низкосортные топлива, имели низкий КПД. К тому же на них было занято большое количество рабочих, необходимых в этот период на крупных стройках. Комбинированная выработка энергии на ТЭЦ также обеспечивала громадную экономию топлива. Вместе с тем, в довоенные годы теплофикация не получила широкого распространения в развитых западных странах, где эксплуатировались более совершенные энергоустановки и не было необходимости в сокращении рабочих мест. Однако в последующие десятилетия прошлого века, когда цены на топливо многократно выросли и были созданы высокоэкономичные парогазовые установки, теплофикация в западных странах получила широкое применение с одновременной модернизацией. В России по причине общего экономического кризиса теплофикационные системы не были модернизированы, однако резко ухудшилась надежность теплоснабжения, тарифы на тепловую энергию оказались в 1,5...2 раза выше, чем при отоплении от собственных теплоисточников. Поэтому использовать децентрализованные системы теплоснабжения отдельных домов и даже квартир, т. е. применять автоматизированные теплогенераторы при их КПД, почти равном единице, во многих случаях стало экономически более выгодно [2].

В условиях технического прогресса, когда центральные котельные практически имеют одинаковые и близкие к единице КПД, а конденсационные электростанции (КЭС) с парогазовыми установками (ПГУ) могут иметь КПД более 60 %, возникает вопрос о целесообразности в дальнейшем применять теплофикацию городов. Прежде всего, для этого необходимо определить предельную возможность экономии топлива в традиционных системах теплофикации и пути их эффективной модернизации. Одновременно должны быть решены вопросы сокращения количества

сжигаемого топлива внутри городов с целью улучшения их экологического состояния и хотя бы частичной замены природного газа твердыми и более дешевыми видами топлива [3].

Максимально возможную экономию топлива определим традиционно как разность между его расходами в теплофикационной и раздельной системах теплоснабжения, при которых тепловые потребители получат необходимое количество теплоты Q_0 :

$$\Delta B = B_{\text{КЭС}} + B_{\text{кот}} - B_{\text{ТЭЦ}}, \quad (1)$$

где в общем случае без учета потерь в сетях:

$$B_{\text{ТЭЦ}} = \frac{Q_0(1 + y_3^{\text{ТЭЦ}})}{K_{\text{ит}}^{\text{ТЭЦ}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}};$$

$$B_{\text{КЭС}} = \frac{Q_0 y_3^{\text{ТЭЦ}}}{\eta_3^{\text{КЭС}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}};$$

$$B_{\text{кот}} = \frac{Q_0}{\eta_{\text{кот}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}}.$$

Отсюда

$$\Delta B_{\text{эк}}^{\text{ТЭЦ}} = \frac{Q_0}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}} \left[y_3^{\text{ТЭЦ}} \left(\frac{1}{\eta_3^{\text{КЭС}}} - \frac{1}{K_{\text{ит}}^{\text{ТЭЦ}}} \right) + \frac{1}{\eta_{\text{кот}}} - \frac{1}{K_{\text{ит}}^{\text{ТЭЦ}}} \right], \quad (2)$$

где $y_3^{\text{ТЭЦ}}$ – удельная выработка электроэнергии комбинированным способом, отнесенная ко всей теплоте, отпущенной с ТЭЦ; $\eta_3^{\text{КЭС}}$ – КПД заменяемой КЭС или конденсационной выработки электроэнергии на ТЭЦ; $K_{\text{ит}}^{\text{ТЭЦ}}$ – коэффициент использования теплоты топлива на ТЭЦ; $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – теплота сгорания топлива.

Максимально возможная экономия топлива в системе энергоснабжения города при достижимых значениях $y_3^{\text{ТЭЦ}}$ и $\eta_3^{\text{КЭС}}$ и достижимых $K_{\text{ит}} = \eta_{\text{кот}} = 1$ в соответствии с (2) составит

$$\Delta B_{\text{эк}}^{\text{max}} = \frac{Q_0 y_3^{\text{ТЭЦ}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}} \left(\frac{1}{\eta_3^{\text{КЭС}}} - 1 \right). \quad (3)$$

Удельная максимально возможная экономия топлива, отнесенная к его расходу, при раздельной выработке энергии найдется по формуле

$$\delta B_{\text{эк}}^{\text{max}} = \frac{\Delta B_{\text{эк}}^{\text{max}}}{B_{\text{КЭС}} + B_{\text{кот}}} = \frac{y_3^{\text{ТЭЦ}} (1 - \eta_3^{\text{КЭС}})}{y_3^{\text{ТЭЦ}} + \eta_3^{\text{КЭС}}}. \quad (4)$$

Для определения порядка величин достигаемой максимальной экономии топлива проведены расчеты $\Delta B_{\text{эк}}^{\text{max}}$, $\Delta B_{\text{эк}}^{\text{ТЭЦ}}$ и $\delta \bar{B}_{\text{max}}$ для системы тепло-

снабжения при $Q_0 = 1 \cdot 10^6$ МДж. Топливо – условное с $Q_H^p = 29,3$ МДж/кг. В расчетах приняты: $K_{ит}^{ТЭЦ} = 0,85$ и $\eta_{кот} = 0,95$. Остальные исходные данные и результаты расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1

$y_3^{ТЭЦ}$	$\eta_3^{КЭС}$	$\Delta B_{ЭК}^{max}$, т у. т.	$\overline{\delta B}_{ЭК}^{\%}$	$\Delta B_{ЭК}^{ТЭЦ}$, т у. т.	% от $\Delta B_{ЭК}^{max}$
0,25	0,20	340,0	44,4	284,0	83,5
0,45	0,30	340,5	42,0	274,2	80,5
0,65	0,40	341,3	37,1	266,6	78,2
1,0	0,50	341,4	33,3	235,5	69,0
1,5	0,60	341,6	26,4	204,8	60,0

По результатам расчетов построен график (рис. 1) зависимостей $\Delta B_{ЭК}^{max}$, $\Delta B_{ЭК}^{ТЭЦ}$ и $\overline{\delta B}_{ЭК}^{\%}$ от $y_3^{ТЭЦ}$ и соответствующих ему значений $\eta_3^{КЭС}$.

$\overline{\delta B}_{ЭК}^{\%}$, $\Delta B_{ЭК}^{max}$, $\Delta B_{ЭК}^{ТЭЦ}$, т у. т.

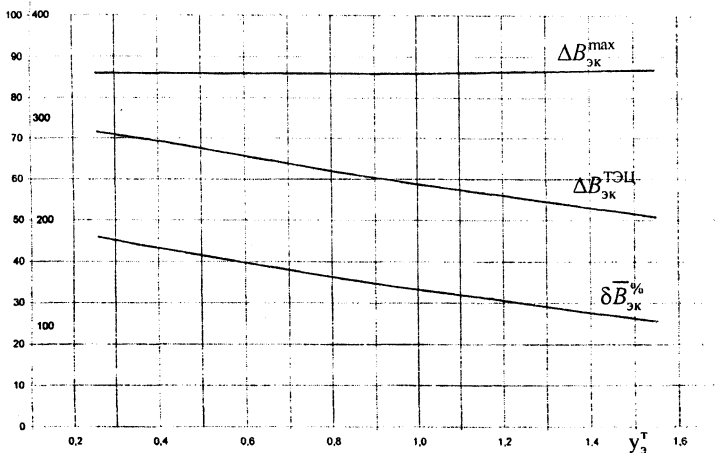


Рис. 1

Как видно из таблицы и рисунка, максимально возможная экономия топлива при отсутствии тепловых потерь на ТЭЦ в обозримой перспективе сохраняется довольно значительной. Общее количество сэкономленного топлива, приходящегося на 1 МДж отдаваемой потребителю теплоты, остается одинаковым. Неприятным является лишь тот факт, что относительная экономия топлива в перспективе уменьшается и тем больше, чем меньше величина $K_{ит}$. Отсюда следует, что для увеличения экономии топлива от теплофикации надо, прежде всего, добиваться одновременного увеличения $y_3^{ТЭЦ}$ и $K_{ит}^{ТЭЦ}$. Не менее важной задачей при проектировании и эксплуатации теплофикационных систем является снижение до минимума потерь отдаваемой в сеть теплоты, утечек сетевой воды и расхода электроэнергии на привод сетевых насосов. Значительное влияние на экономию топлива оказывает и «перетоп» отапливаемых зданий, т. е. излишний отпуск теплоты потребителям, вызванный несовершенством центрального регулирования работы системы. Дело в том, что при центральной сис-

теме регулирования отопления необходимая квартирная регулировка не применяется, поскольку она может вызвать разрегулировку всей гидравлической системы. К этому перетопу можно отнести и ущерб от «недотоп», когда в самые холодные дни года требуемая температура сетевой воды не выдерживается и потребители вынуждены «догреваться» электрическими нагревателями. Но это – «ненормальное» явление, и здесь его учитывать не будем. Таким образом, при традиционной теплофикации в тепловой сети отпускается от ТЭЦ всегда больше теплоты, чем при совершенном децентрализованном теплоснабжении. Обозначая тепловые потери в сетях через $\Delta Q_{\text{пот}}^{\text{тс}}$, потери от утечек сетевой воды $\Delta Q_{\text{ут}}^{\text{тс}}$, потери от перетопы $\Delta Q_{\text{пот}}^{\text{пер}}$, суммарные внешние потери выразятся

$$\sum Q_{\text{пот}} = \Delta Q_{\text{пот}}^{\text{тс}} + \Delta Q_{\text{ут}}^{\text{тс}} + \Delta Q_{\text{пот}}^{\text{пер}}.$$

Кроме того, дополнительно расходуется электроэнергия на привод сетевых насосов $\Delta \mathcal{E}_{\text{сн}}$ как на самой ТЭЦ, так и тепловых сетях. При этом достигаемая экономия топлива уменьшается по сравнению с максимально возможной на величину

$$\Delta B_{\Sigma}^{\text{пот}} = \sum \Delta B_{\text{пот}}^Q + \Delta B_{\text{рас}}^{\mathcal{E}}. \quad (5)$$

Расход топлива на восполнение $\Delta \mathcal{E}_{\text{сн}}$ определяется по ее выработке на КЭС, не зависимо от того, отбирается электроэнергия от ТЭЦ или от КЭС. При этом, пренебрегая нагревом воды в сетевых насосах:

$$\Delta B_{\text{сн}}^{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{сн}}}{\eta_{\mathcal{E}}^{\text{КЭС}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}}. \quad (6)$$

В отличие от этого расход топлива на тепловые потери должен определяться с учетом различий в комбинированной и конденсационной выработке электроэнергии. Дело в том, что в сетях теряется низкопотенциальная теплота отборного пара, которая при ее восполнении на ТЭЦ вызывает дополнительную выработку электроэнергии без тепловых потерь в конденсаторе [2]. А это приведет к уменьшению конденсационной ее выработки на КЭС в количестве

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{КЭС}} = y_3^{\text{ТЭЦ}} \sum Q_{\text{пот}}.$$

При этом расход топлива на ТЭЦ увеличится на

$$\Delta B_{\text{ТЭЦ}} = \frac{\sum Q_{\text{пот}} (1 + y_3^{\text{ТЭЦ}})}{K_{\text{ит}}^{\text{ТЭЦ}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}},$$

а расход топлива на замещаемой КЭС уменьшится на

$$\Delta B_{\text{КЭС}} = \frac{\sum Q_{\text{пот}} y_3^{\text{ТЭЦ}}}{\eta_{\mathcal{E}}^{\text{КЭС}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}}.$$

Дополнительный расход топлива в системе энергоснабжения города, вызванный этими потерями, будет равен разности между $\Delta B_{\text{ТЭЦ}}$ и $\Delta B_{\text{КЭС}}$ или

$$\Delta B_{\text{пот}}^c = \frac{\sum Q_{\text{пот}}}{Q_{\text{н}}^p} \left(1 + y_3^{\text{ТЭЦ}} - \frac{y_3^{\text{ТЭЦ}}}{\eta_3^{\text{КЭС}}} \right). \quad (7)$$

Очевидно, что такого снижения потерь топлива не будет в системе теплоснабжения от центральной котельной, поскольку там нет комбинированной выработки электроэнергии. Перерасход топлива от тепловых потерь $\Sigma Q_{\text{пот}}$ там будет равен

$$\Delta B_{\text{пот}}^{\text{цок}} = \frac{\sum Q_{\text{пот}}}{Q_{\text{н}}^p \eta_{\text{кот}}}. \quad (8)$$

Для определения порядка величин перерасхода топлива (снижения его экономии), вызванного появлением тепловых потерь $\Sigma Q_{\text{пот}}$, произведены их примерные расчеты. Для этого приняты исходные данные, соответствующие теплофикационной системе, рассмотренной в предыдущем примере при тех же $y_3^{\text{КЭС}}$ и $\eta_3^{\text{КЭС}}$, $Q_0 = 1 \cdot 10^6$ МДж и $K_{\text{ит}}^{\text{ТЭЦ}} = 0,85$. Результаты расчетов $\Delta B_{\text{пот}}^c$ сведены в табл. 2.

Таблица 2

$y_3^{\text{ТЭЦ}}, \eta_3^{\text{КЭС}}$	$\Sigma Q_{\text{пот}}$			
	$0,05 \cdot 10^6$	$0,1 \cdot 10^6$	$0,15 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$
0,25/0,20	3,75	7,52	11,25	15,08
0,43/0,30	4,25	8,50	12,75	17,00
0,67/0,40	5,76	11,52	17,28	23,04
1,0/0,50	5,98	11,96	17,94	19,92
1,5/0,60	7,49	14,98	22,47	29,96

По данным табл. 2 построен график (рис. 2) зависимости перерасхода топлива $\Delta B_{\text{пот}}^c$ от величины тепловых потерь.

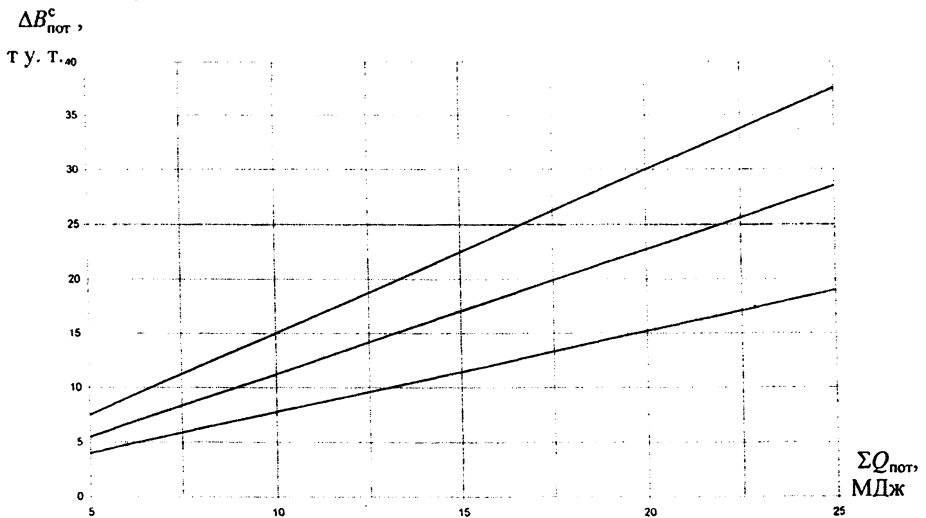


Рис. 2

Если учесть, что экономия топлива $\Delta B_{\text{эк}}^{\text{ТЭЦ}}$ находится в пределах 200...360 т у. т. (рис. 1), то при возрастании тепловых потерь от 5 до

20 % от Q_0 потеря экономии топлива составляет от 1,25 до 10 % и тем больше, чем выше соотношение между $y_3^{КЭС}$ и $\eta_3^{КЭС}$. Отсюда следует важный вывод, что чем более совершенны энергетические установки, применяемые на ТЭЦ и КЭС, тем более чувствительна система к тепловым потерям как в тепловых сетях, так и на ТЭЦ. Тепловые потери в сетях могут быть значительно уменьшены и при сооружении пиковых котельных не на территории ТЭЦ, а у самих потребителей. При этом потери теплоты в сетях в зимнее время могут снижаться почти в 1,5 раза. В этом случае значительно уменьшается и расход электроэнергии на привод сетевых насосов, поскольку устраняется опасность вскипания воды в верхних точках города, а давление воды может быть снижено. Значительное уменьшение тепловых потерь $\Sigma Q_{\text{пот}}$ практически достигается также при использовании в теплофикационных системах потребительских микроТЭЦ. При этом можно на районных ТЭЦ круглогодично нагревать сетевую воду только до $t = 60 \dots 70$ °С (необходимой для горячего водоснабжения), а всю отопительную нагрузку покрывать от микроТЭЦ и местных газовых нагревателей воды [4]. Обратной сетевой воды на ТЭЦ возвращать не придется, а тепловая сеть превращается в однотрубную с низкими температурой и давлением. Тепловые потери в сети уменьшаются более чем в 1,5 раза, а потребные капиталовложения в магистральные сети – почти в 2 раза. В таких системах можно выносить ТЭЦ далеко за город и сжигать там более дешевое, в том числе низкосортное топливо. Соответственно улучшается экологическая обстановка в городах.

Потери топлива от утечки сетевой воды определяются не только через энтальпию вытекаемой воды, но и с учетом расхода электроэнергии на ее приготовление и пр. При этом последнее можно учитывать путем присоединения ее к расходу на перекачку воды $\Delta B_{\text{сн}}$. Однако главное здесь – это применение труб с внутренним и высоким антикоррозионным покрытием, удлиняющим срок их службы до 50...60 лет.

ВЫВОДЫ

1. Теплофикация городов, основанная на комбинированной выработке электрической и тепловой энергии, в обозримой перспективе может обеспечивать значительную экономию топлива, и в первую очередь – природного газа.
2. Относительная величина этой экономии с повышением экономичности теплофикационных и конденсационных электростанций соответственно уменьшается и становится более чувствительной к тепловым потерям как в сетях, так и на самой ТЭЦ.
3. Проведенный анализ рассматриваемой проблемы, как и опыт городов западных стран, позволяет рекомендовать к широкому применению комбинированные системы энергоснабжения, использующие низкотемпературные и однотрубные тепловые сети с догревом воды у потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360 с.
2. Принципы создания высокоэкономичных систем централизованного теплоснабжения / А. И. Андрющенко, Ю. Е. Николаев, Б. А. Семенов, А. Г. Гордеев // Промышленная энергетика. – 2003. – № 5. – С. 8–12.
3. Андрющенко А. И. Пути сокращения расхода природного газа в системах теплоэнергоснабжения городов // Изв. вузов. Проблемы энергетике. – 2001. – № 9–10. – С. 4–52.
4. Андрющенко А. И. Комбинированные системы энергоснабжения // Теплоэнергетика. – 1997. – № 5. – С. 2–6.

Представлена кафедрой
теплоэнергетики

Поступила 30.10.2003

УДК 620.9:628.5

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ

Докт. техн. наук, проф. БУБНОВ В. П., асп. МИНЧЕНКО Е. М., инж. ДЕЩИЦ С. С.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня энергетика все более зависима не только от экономических и социальных условий, но и от экологических факторов. Работа по охране окружающей среды на ТЭС состоит в мониторинге загрязнений, разработке и реализации способов сжигания топлив, позволяющих снизить количество загрязняющих веществ, создании способов и средств для очистки сбросов, улавливания выбросов и утилизации отходов. Для решения экологических проблем и производства конкурентоспособной продукции существующий механизм природоохранной деятельности необходимо совершенствовать, поэтому все большее значение приобретает экологическая эффективность работы энергоисточников, повысить уровень которой возможно, используя системный подход к осуществлению деятельности в области охраны окружающей среды, т. е. важно внедрять системы управления окружающей средой (СУОС), созданные на основе международных стандартов серии ИСО 14000 [1...3].

СУОС позволяет снижать экологический риск предприятия путем всеобъемлющего и систематического контроля и управления его воздействиями. Система строится на принципе «План – Действие – Проверка – Улучшение». Эта модель поддерживает концепцию непрерывного улучшения, т. е. повышения эффективности экологической деятельности, а следовательно, и конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Стандарты по управлению окружающей средой предназначены для обеспечения предприятия элементами эффективной СУОС, которые могут быть объединены с другими элементами административного управления с тем, чтобы содействовать достижению установленных экологических и экономических целей.