

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Афтаниук В.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Проанализованы режимы работы та тепловтрати теплових мереж виробничих підприємств. Розроблена методика комплексного вибору раціонального температурного графіку та оптимальних розрахункових параметрів теплових мереж виробничих котельень, яка дозволить спростити побудову моделі для комплексної оптимізації визначальних параметрів систем централізованого теплопостачання.

В условиях напряженного топливно-энергетического баланса страны все более актуальными становятся вопросы рационального использования топливно-энергетических ресурсов, в частности, при теплоснабжении жилых и общественных зданий. На отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение этих объектов в настоящее время расходуется около 42% общего количества топлива, потребляемого в стране для производства теплоты среднего и низкого потенциала. Это существенно выше научно обоснованной потребности в топливе [1].

В значительной мере перерасход топлива (теплоты) обусловлено неудовлетворительной работой тепловых сетей. Фактические теплопотери через изоляцию тепловых сетей превышают нормативные в 1,5-2 раза в магистральных и распределительных сетях и более чем в 2 раза в сетях к отдельным зданиям [2]. По нашим расчетам, на возмещение сверхнормативных теплопотерь при транспортировании тепловой энергии к жилым, общественным и производственным зданиям отопительные котельные расходуют дополнительно 18-25 млн.т. условного топлива [3].

Основная причина повышенных теплопотерь через изоляцию заключается в увеличении теплопроводности изолирующих конструкций из-за их увлажнения. В первую очередь это относится к изделиям из минеральной ваты – наиболее распространенному теплоизоляционному материалу, применяемому при канальных прокладках теплосетей, доля которых в общей протяженности теплотрасс составляет 83-85%. Как показывает опыт эксплуатации, теплопроводность минераловатных изделий в реальных условиях увеличивается в 3-5 раз по сравнению с паспортной величиной.

Увлажнение и последующее разрушение теплоизоляционного слоя под воздействием коррозии приводят к преждевременному выходу из строя трубопроводов, потому что большинство применяемых в настоящее время кровельных материалов обеспечивает надежную гидрозащиту конструкций в течение лишь 2-3 лет. В результате средний срок службы канальных теплопроводов составляет около 12 лет, а бесканальных – 6-8 лет.

Существующая система оценки работы предприятий тепловых сетей позволяет им отчитываться за выполнение «плана по тепловым потерям», независимо от их фактической величины. Поэтому плановая реконструкция сетей, как правило, предусматривает лишь замену поврежденных коррозией участков трубопроводов, но не целевое усиление их теплозащиты. Учитывая исключительную важность мероприятия по ликвидации сверхнормативных теплопотерь через изоляцию трубопроводов, следует, на наш взгляд, в первую очередь изменить систему оценки работы теплоснабжающих организаций с тем, чтобы объем восстановления качества тепловой изоляции стал одним из важнейших показателей их работы.

Это требование приобретает особую значимость при внедрении изолирующих конструкций с гарантией не превышения нормативов теплопотерь в течение всего срока службы тепловых сетей даже при существующем уровне их эксплуатации. Такая изолирующая конструкция должна быть гидрофобной, т.е. не нуждаться в специальной гидрозащите, термостойкой при температурах теплоносителя не менее 150 °С, иметь теплопроводность не выше 0,06 Вт/м·К, объемную массу 150-400 кг/м³, достаточную механическую прочность и адгезию с трубой. При соблюдении этих условий реальный срок службы теплосетей может быть доведен до 25 лет.

Другим реальным путем достижения экономии тепловой энергии в системах теплоснабжения (с учетом сложившейся структуры теплоснабжения, современного уровня цен на тепловую энергию, номенклатуры серийно выпускаемых автоматических регуляторов и др.) является организация автоматического регулирования отпуска теплоты на ЦТП.

Как показали проведенные экспериментальные исследования автоматизированных ЦТП [4], в зависимости от технологической схемы, метода регулирования отпуска теплоты и применяемых регуляторов экономия тепловой энергии за счет автоматизации ЦТП может составлять от 2 до 10% годового расхода теплоты на отопление. При этом, минимальная экономия теплоты может быть достигнута только в период срезки температурного графика, а максимальная – за счет дополнительного учета бытовых тепловыделений, ночного снижения температуры воздуха в помещениях и коррекции температурного графика в течение всего отопительного сезона.

Применяемые в настоящее время способы регулирования отпуска теплоты и выбора расчетных параметров в большинстве случаев не обеспечивают необходимого качества эксплуатации и повышения экономичности систем централизованного теплоснабжения [5].

Разработана методика комплексного выбора рационального температурного графика и оптимальных расчетных параметров таких систем от производственных котельных. Применение методики предполагает:

- расчет режимов работы системы при различных схемах тепловых пунктов и типах оборудования;
- определение составляющих приведенных затрат по всем элементам системы;
- выявление оптимальной температуры вода в подающей магистрали в течение года;
- нахождение оптимальных расчетных температур воды в подающей и обратной магистрали тепловой сети, удельной потери давления в главной магистрали, толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, поверхности нагрева теплообменников горячего водоснабжения и отопления тепловых пунктов, конфигурации схемы тепловой сети.

За критерий оптимальности в соответствии с принятой методикой технико-экономических расчетов принят минимум приведенных затрат. Целевая функция имеет следующий вид:

$$Z = (f_{тс} + E_n)K_{тс} + (f_{кот} + E_n)K_{кот} + (f_{сн} + E_n)K_{сн} + (f_{тн} + E_n)K_{тн} + I_{обс} + I_{пер} + I_{топл} + I_{тн} + I_{лв} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $K_{тс}$, $K_{кот}$, $K_{тн}$, $K_{сн}$ – соответственно капитальные вложения в тепловые сети, источник теплоты, тепловые пункты, насосные установки, грн.; $I_{топл}$, $I_{тн}$, $I_{пер}$, $I_{обс}$ – ежегодные издержки на топливо, тепловые потери, электроэнергию, потребляемую насосными установками, обслуживание, грн./год; E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности, 1/год; $f_{тс}$, $f_{кот}$, $f_{сн}$, $f_{тн}$ – коэффициенты, учитывающие ежегодные отчисления от капиталовложений на амортизацию, ремонт и общие расходы, 1/год.

В выражении (1) выделены постоянные составляющие, которые определяют через расчетные параметры

$$Z_{пост} = (K_{тс}^{зод})^n + K_{кот} + K_{тн} + K_{сн} + I_{обс}^{тн} + I_{обс}^{тн} + I_{обс}^{лв} + I_{пер}^{лв} + I_{пер}^{тн}. \quad (2)$$

Составляющие приведенных затрат, зависящие от текущих температур воды в подающей линии тепловой сети, называются переменными. Их определяют из выражения

$$Z_{пер} = \sum_i (I_{топл} + I_{тн} + I_{пер} + S_{тс})i, \quad (3)$$

где i – интервалы стояния наружных температур t_{ni} ; $S_{тс}$ – переменная составляющая стоимости тепловой сети.

Капитальные вложения и ежегодные эксплуатационные издержки находят по известным формулам в [6] с некоторым преобразованием их применительно к данной задаче. Остановимся лишь на определении стоимости тепловой сети.

При разработке рационального температурного графика текущие температуры воды в теплосети находят с учетом возможной скорости наружной коррозии трубопроводов. Используя методику определения доотчислений от капиталовложений на восстановление трубопроводов, подверженных наружной коррозии [6], можно приведенные затраты тепловые сети представить в виде

$$K_{тс}^* = (QL + BM) \cdot \left\{ 1,5 \cdot f_{тс}^* (1 - \beta_2 - \beta_3 + (1,5 \cdot f_{пер} + E_n)) + 1,7 \cdot 10^{-4} \times \right. \\ \left. \times \frac{\beta_2 \delta_{рк} + \beta_3 \delta_{яз}}{3 + 3 \cdot d_{гл}} \cdot \left[\delta_{рк}^2 n_{рк} + \frac{1}{2} \sum (\delta_{под} + \delta_{обр}) n \right] \right\}, \quad (4)$$

где β_2 , β_3 – относительные доли тепловой сети, подверженной соответственно равномерной и «язвенной» коррозии; $\delta_{рк}$, $\delta_{яз}$ – максимальные скорости соответственно равномерной и язвенной коррозии, мм/год; $d_{гл}$ – средневзвешенный диаметр главной магистрали, м; M и L – материальная характеристика и длина теплосети; $\delta_{под}$, $\delta_{обр}$ – скорости коррозии в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, определяемые текущей температурой сетевой воды, мм/год; n – число часов поддержания данной температуры в тепловой сети в течение года, ч.

В формуле (4) первое слагаемое в фигурной скобке характеризует долю отчислений на восстановление тепловой сети для участков, не подверженных наружной коррозии, второй слагаемое – долю отчислений от стоимости теплосети на восстановление участков тепловой сети, подверженных равномерной и язвенной коррозии.

Комплексный поиск экономичных решений – весьма сложная задача как вследствие необходимости одновременной оптимизации нескольких независимых параметров с неявным их влиянием на отдельные составляющие целевой функции, так и учета большого числа взаимосвязанных факторов и различных ограничений и условий. Разработанная методика реализована в комплексе программ для персональной ЭВМ.

Поиск оптимальной текущей температуры воды производился методом итераций. Расчет считается законченным, если сумма переменных составляющих приведенных затрат при последующем приближения

отличалась от предыдущего значения не более чем на 0,5% при ограничении $t_{10} \leq t_1^{мен} \leq t_1^{п}$. Оптимальные расчетные параметры определяются путем поиска экстремума функции многих переменных.

Выводы

На экономичность систем централизованного теплоснабжения влияет значительное число количественных и качественных факторов и параметров. Выполненные расчеты на ЭВМ и проведенный на основании их анализ показали, что наибольшее влияние на величину приведенных затрат оказывают удельные стоимости топлива $z_{\text{топ}}$ и электроэнергии $z_{\text{эл}}$, район строительства систем, тип прокладки тепловой сети ($B_{\text{тс}}$), доли отчислений на восстановление участков тепловой сети, подверженных наружной коррозии (β_2, β_3), теплоплотность застройки q , коэффициент разветвленности тепловой сети $\chi_{\text{тс}}$, а также оптимизируемые параметры – расчетная температура воды в подающей магистрали t_1^p , удельная потеря давления на трение по главной магистрали, рациональный температурный график.

Анализ факторов и параметров по степени их влияния на величину целевой функции позволяет упростить построение модели для комплексной оптимизации определяющих параметров систем централизованного теплоснабжения.

Расчеты показали, что значения оптимальных расчетных температур воды подающей магистрали находятся в пределах 100-150 °С, в обратной магистрали – 30-50 °С при изменении тепловой нагрузки от 40 до 2000 ГДж/ч. Это позволяет применять в качестве теплогенераторов конденсационные котлы.

Однако применение конденсационных котлов, без учета конструкции систем отопления производственных зданий, не рационально.

Оптимальные удельные потери давления по главной магистрали колеблются в широких пределах (0,05-0,8 кПа/м), причем меньшие значения удельных потерь характерна для крупных систем централизованного теплоснабжения и высокой стоимости электроэнергии.

Литература

1. Маляренко В.А., Лисак Л.В. Энергетика, довкілля, енергозбереження. / Під заг. ред. проф. В.А. Маляренка, – Х.: Рубікон, 2004 р. – 368 с.
2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. – М.: Инфра-М, 2008. – 479 с.
3. Афтанюк В.В. Экономия тепловой энергии и топлива при теплоснабжении промышленных предприятий // Вісник ОДАБА. - Вип. №22. – Одесса: Зовнішрекламсервіс, 2006. –С. 12-15.
4. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления / С.А. Чистович, В.К. Аверьянов, Ю.Я. Темпель и др. – Л.: Стройиздат, 1987 – 236 с.
5. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: П ДП «Такі справи», 2007. – 252 с.
6. Денисов В.И. Техничко-экономические расчеты в энергетике. Методы экономического сравнения вариантов.– М.: Энергоатомиздат , 1985. –216 с.