



ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Оценка потенциала энергосбережения в коммунальных системах теплоснабжения

Николаев Ю. Е., доктор техн. наук, Вдовенко И. А., канд. техн. наук,
Кожевников С. В.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.

Дубинин А. Б., канд. техн. наук

ООО “Энергомаш-Проект”, Москва

Предложены концепция образцовой системы теплоснабжения и критерии для оценки потенциала энергосбережения в коммунальных системах. На примере существующей системы показано увеличение энергетических затрат в стоимостном выражении в 1,66 – 1,83 раза по сравнению с образцовой.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, критерии энергетической эффективности, потенциал энергосбережения.

Энергосбережение — стратегически важное направление развития экономики, обеспечивающее национальную безопасность России. К высокочувствительным потребителям тепловой энергии относится жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ), использующее более 20 % энергоресурсов и обладающее большим потенциалом энергосбережения (25 – 30 %). В настоящее время в ЖКХ сложилась негативная ситуация: значительный износ основного и вспомогательного оборудования, задолженность перед кредитными организациями, низкая энергетическая эффективность существующих систем теплоснабжения, недостаточное использование энергосберегающих технологий, невысокий уровень жилищно-коммунальных услуг.

В качестве основной меры по энергосбережению рассматривается модернизация схем теплоснабжения, предусматривающая внедрение энергосберегающего оборудования и прогрессивных технологий во всех звеньях теплового хозяйства [1]. Для количественной оценки потенциала энергосбережения существующих систем теплоснабжения предлагается ввести концепцию образцовой системы, под которой понимается реальная система с прогрессивным оборудованием, наиболее выгодной на рассматриваемый момент времени технологической схемой и рациональными режимами эксплуатации, обеспечивающая эффективное теплоснабжение с минимальными

энергетическими затратами. Аналогичная терминология использована в термодинамике при разработке теории образцовых циклов теплоэнергетических установок (ТЭУ) [2]. Под образцовыми понимаются такие теоретические циклы, приближение к которым в реальных условиях приводит к максимальному энергетическому эффекту. По аналогии образцовые системы теплоснабжения — это системы, в которых достигаются наилучшие показатели энергоэффективности в конкретных условиях при использовании передовых технологий. Основой для выбора образцовой должна быть действующая система теплоснабжения, что предполагает учет всего многообразия местных условий, режимов эксплуатации, влияния климатических и стоимостных факторов.

Наиболее современным оборудованием среди источников теплоты можно считать: блочно-модульные автоматизированные котельные с КПД котлов не менее 93 – 95 %, имеющие водоподготовительные установки; малые ТЭЦ на базе газопоршневых (ГПУ) и газотурбинных (ГТУ) установок с коэффициентом использования энергии топлива (КИТ) 85 – 90 %; теплонасосные установки с коэффициентом преобразования не менее 3 – 4. Для транспорта тепловой энергии предпочтительны теплопроводы повышенной заводской готовности с изоляцией из пенополиуретана и пенополииме-

ров теплопроводностью 0,03 – 0,035 Вт/(м · К) и нормированными тепловыми потерями [3]. Их срок службы — до 30 лет. В качестве тепловых узлов потребителей целесообразны автоматизированные блочные пункты, обеспечивающие коммунально-бытовые нагрузки зданий. Тепловые потери через ограждающие конструкции у потребителей теплоты не должны превышать нормативные значения согласно действующим СНиП. Их следует оснащать системами автоматического регулирования нагрузок отопления и горячего водоснабжения [4].

Для разработки образцовой системы теплоснабжения необходимы: топологическая схема размещения существующих потребителей и источников, схема сетей; данные о существующих и перспективных тепловых нагрузках потребителей; информация об ограничениях на расширение действующих и строительство новых источников, а также на количество вредных выбросов источников.

В качестве относительного показателя энергетической эффективности действующей системы теплоснабжения (по сравнению с образцовой) принят коэффициент β , представляющий собой отношение энергетических годовых затрат (в стоимостном выражении) в существующей $I_{ЭН}^c$ и образцовой $I_{ЭН}^o$ системах:

$$\beta = \frac{I_{ЭН}^c}{I_{ЭН}^o}. \quad (1)$$

Поскольку коэффициент β всегда больше единицы, потенциал энергосбережения Π системы теплоснабжения можно выразить следующим образом:

$$\Pi = \beta - 1. \quad (2)$$

Очевидно, что потенциал энергосбережения при изменении внешних условий и с течением времени будет изменяться.

При использовании в качестве источника теплоснабжения котельной энергетическую составляющую затрат определяем из выражения

$$I_{ЭН} = c_T b_K \frac{Q_{Т.Э}}{\eta_{Т.С}} + c_Э \mathcal{E}_{П} \frac{1}{\eta_{Т.С}}, \quad (3)$$

где c_T и $c_Э$ — тарифы на условное топливо, руб/кг, и электроэнергию, руб/(кВт · ч); b_K — удельный расход условного топлива на отпуск теплоты котельной, кг/ГДж; $Q_{Т.Э}$ — количество тепловой энергии, израсходованное потребите-

лем, ГДж/год; $\eta_{Т.С}$ — КПД тепловой сети; $\mathcal{E}_{П}$ — удельный расход электроэнергии на перекачку теплоносителя и собственные нужды источника теплоты, кВт · ч/ГДж.

Подставляя в отношение (1) выражение (3) для существующей и образцовой систем, после преобразований получаем:

$$\beta = \frac{(b_K^c + \gamma \mathcal{E}_{П}^c) / \eta_{Т.С}^c}{\varepsilon (b_K^o + \gamma \mathcal{E}_{П}^o) / \eta_{Т.С}^o}, \quad (4)$$

где $\varepsilon = Q_T^o / Q_T^c$ — коэффициент снижения тепловой нагрузки системы теплоснабжения вследствие усиления тепловой защиты зданий и применения берегающих технологий для горячего водоснабжения; $\gamma = c_Э / c_T$.

При использовании в образцовой системе в качестве источника теплоты малой ТЭЦ с ГПУ или ГТУ энергетическая составляющая

$$I_{ЭН}^o = c_T k_T b_{Э.У}^o \mathcal{E} + c_T b_{П.К}^o (1 - \alpha_T) Q_T^o \frac{1}{\eta_{Т.С}^o} + c_Э \mathcal{E}_{П}^o \frac{Q_T^o}{\eta_{Т.С}^o}, \quad (5)$$

где k_T — коэффициент, учитывающий долю топлива, относимую на производство теплоты и определяемую пропорциональным методом [5]; $b_{Э.У}^o$ — удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии, кг/(кВт · ч); \mathcal{E} — годовая выработка электроэнергии на малой ТЭЦ, кВт · ч/год; α_T — годовой коэффициент теплофикации; $b_{П.К}^o$ — удельный расход топлива в пиковой котельной, кг/ГДж.

Годовую выработку электроэнергии на малой ТЭЦ определяем из выражения

$$\mathcal{E} = y \alpha_T Q_T^o / (\varphi \eta_{Т.С}^o), \quad (6)$$

где y — удельная выработка энергии на тепловом потреблении; φ — доля комбинированной выработки электроэнергии на малой ТЭЦ.

При подстановке выражений (5) и (6) в отношение (1) получаем:

$$\beta = \{ (b_K^c + \gamma \mathcal{E}_{П}^c) / \eta_{Т.С}^c \} / \{ \varepsilon [k_T b_{Э.У}^o y \alpha_T / (\varphi \eta_{Т.С}^o)] + b_{П.К}^o (1 - \alpha_T) (1 / \eta_{Т.С}^o) + \gamma \mathcal{E}_{П}^o (1 / \eta_{Т.С}^o) \}. \quad (7)$$

КПД тепловых сетей рассчитываем по формуле

$$\eta_{Т.С} = Q_T / (Q_T + Q_{Т.П}), \quad (9)$$

где $Q_{Т.П}$ — тепловые потери через изоляцию и с утечками (определяем по рекомендациям [3, 6]), ГДж/год.

Показатель	Существующая система (котельная)	Образцовая система (котельная)	Образцовая система с ТЭЦ (ГПУ)
Присоединенная тепловая нагрузка, МВт	4,04	2,91	2,91
Количество тепловой энергии, израсходованной потребителем, ГДж/год	46540,8	33523,2	33523,2
Потери тепловой энергии при транспорте, ГДж/год	2970,7	684,1	684,1
Расход тепловой энергии на собственные нужды, ГДж/год	1010,4	520,9	520,9
Выработка тепловой энергии, ГДж/год	50521,9	34728,2	34728,2
Выработка электрической энергии, МВт · ч/год	—	—	7788,5
Расход условного топлива, млн кг/год	2,13	1,32	2,7/0,95*
Удельный расход топлива на выработку электроэнергии, кг/(кВт · ч)	—	—	0,224
Удельный расход топлива на отпуск теплоты с коллектора источника, кг/ГДж	42,1	37,6	27,8
Удельный расход электроэнергии на перекачку теплоносителя и собственные нужды источника, кВт · ч/ГДж	6	4,29	4,29
Расход электроэнергии на перекачку, кВт · ч/год	279244,8	143814,5	143814,5
Затраты на топливо, млн руб/год	7,46	4,62	9,45/3,52**
Затраты на электроэнергию, млн руб/год	1,06	0,55	0,55
Энергетические годовые затраты, отнесенные на отпуск теплоты	9,06	5,17	4,07
КПД транспорта теплоты, %	94	98	98
Относительный показатель энергетической эффективности	—	1,66	1,83

*, **. В знаменателях указаны расход топлива и затраты на малой ТЭЦ, отнесенные на производство тепловой энергии.

С использованием приведенных выражений выполнены расчеты относительной эффективности существующей системы теплоснабжения с присоединенной тепловой нагрузкой 4,04 МВт, расположенной в Центральном федеральном округе. Потребителями являются 2 – 5-этажные жилые и общественные здания, построенные в 50 – 80 гг. прошлого века. Доля нагрузки отопления составляет 0,85, горячего водоснабжения — 0,15. В качестве источника теплоты используется котельная с котлами НР-18, сжигающими природный газ и имеющими КПД 0,81. Тепловые сети — закрытые, работают по графику 95/70 °С. Протяженность сетей равна 4120 м, средний диаметр трубопровода — 108 мм. Износ источника и сетей составляет около 65 %.

В образцовой системе теплоснабжения в качестве источников рассмотрены котельная со среднегодовым КПД нетто 0,93 и малая ТЭЦ с ГПУ. На малой ТЭЦ предполагалась установка двух ГПУ общей электрической мощностью 1,2 МВт и пикового котла. С целью полной утилизации отходящих тепловых потоков в летний период предусматривался останов одного двигателя. В расчетах малой ТЭЦ приняты следующие данные: $k_T = 0,307$, $b_{э.у}^0 = 0,31$ кг/(кВт · ч), $y = 1$; $\alpha_T = 0,85$, $\varphi = 0,8$, $b_{п.к}^0 = 37,9$ кг/ГДж. КПД сетей рассчитан с учетом нормативов тепловых потерь. За счет утепления зданий в соответствии с нормами тепловой защиты и установки водосберегающих приборов на горячее водоснабжение снижение тепловой нагрузки составило 28 % ($\varepsilon = 0,72$). Стоимость условного топлива

принята равной 3,5 руб/кг, электроэнергии — 3,8 руб/(кВт · ч). Результаты расчета относительного показателя энергетической эффективности приведены в таблице

Из анализа таблицы следует, что в образцовой системе при нормативных тепловых потерях присоединенная нагрузка снизилась на 28 %, КПД тепловых сетей повысился на 4 %, удельный расход топлива в образцовой системе теплоснабжения с котельной уменьшился на 4,5 кг/ГДж, а в комбинированной системе с малой ТЭЦ — на 14,3 кг/ГДж. Показатели энергетической эффективности образцовых систем теплоснабжения с котельной и малой ТЭЦ равны соответственно 1,66 и 1,83, что означает увеличение энергетических затрат (в денежном эквиваленте) в существующую систему по сравнению с образцовой. Потенциал энергосбережения или перерасход затрат на топливо и электроэнергию в существующей системе теплоснабжения по сравнению с образцовыми системами составляет соответственно 66 и 83 %. Применение в образцовых системах теплоснабже-

ния энергоустановок с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии обеспечивает до 17 % экономии затрат по сравнению с котельными.

Список литературы

1. Николаев Ю. Е., Дубинин А. Б., Вдовенко И. А. Проблемы повышения эффективности систем теплоснабжения малых городов. — В кн.: Энергосбережение в системах тепло- и газоснабжения. Повышение энергетической эффективности. Материалы науч.-практ. конф. СПб.: ООО «К-8», 2012.
2. Андрищенко А. И., Дубинин А. Б. Образцовые циклы теплоэнергетических установок и их оптимизация: Учеб. пособ. — Саратов: СПИ, 1988.
3. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. — М.: ФГУП ЦПП, 2003.
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. — М.: ФГУП ЦПП, 2003.
5. Цанев С. Б., Буров В. Д., Ремезов П. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. — М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
6. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. — М.: ФГУП ЦПП, 2003.

mazddaf@mail.ru