

Технологии повышения надежности городских теплофикационных систем

Шарапов В. И., доктор техн. наук, Орлов М. Е., канд. техн. наук, Чаукин П. Е., Мордовин В. А., инженеры

Ульяновский государственный технический университет

Рассмотрены вопросы повышения надежности теплофикационных систем городов. Предложены новые технологии работы комбинированных теплофикационных систем, объединяющих структурные элементы централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения, которые позволяют при аварийных ситуациях на ТЭЦ и в наружных тепловых сетях гидравлически изолировать местную систему теплоснабжения от централизованной и обеспечить потребителей тепловой энергией.

Ключевые слова: городские теплофикационные системы, надежность теплоснабжения, комбинированные системы теплоснабжения, функциональное резервирование, показатель надежности.

Важнейшая задача создания и функционирования городских теплофикационных систем — надежное обеспечение потребителей тепловой энергией требуемого качества, в заданном количестве, в течение определенного периода времени и недопущение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

Современное состояние теплофикационных систем в большинстве городов России характеризуется значительным износом основного и вспомогательного оборудования ТЭЦ, котельных, магистральных и распределительных сетей, достигающим, по оценкам специалистов, 60–80 %. По этой причине происходят крупные аварии магистральных теплопроводов не только в период зимнего максимума, но и в самом начале отопительного периода (уже после гидравлических испытаний). В качестве примера можно назвать аварию на тепловых сетях в Самаре в октябре 2010 г. или несколько аварийных ситуаций в системе теплоснабжения Санкт-Петербурга осенью 2012 г. На рис. 1 показана дина-

мика роста повреждений при проведении гидравлических испытаний в тепловых сетях Ульяновска. Как видно, за последние 6 лет число повреждений в тепловых сетях выросло в 3,5 раза.

Применяемое на ТЭЦ теплофикационное оборудование было разработано несколько десятилетий назад и сегодня в значительной степени устарело и требует модернизации. Многие заложенные в основу проектов теплоисточников и систем транспорта теплоты концептуальные технические и технологические решения следует пересмотреть или существенно скорректировать. Это обусловлено как кардинально изменившимися экономическими условиями, так и необходимостью учета зарубежного опыта совершенствования теплофикационных систем [1].

Анализ состояния городских теплофикационных систем позволяет сформулировать следующие основные направления повышения их надежности и эффективности [2]:

изменение структуры покрытия пиковых тепловых нагрузок и комбинированное использование централизованных и децентрализованных теплоисточников;

рациональное распределение нагрузки между источниками теплоты и использование низкотемпературных энергоресурсов для обеспечения пиковой тепловой мощности;

применение количественного и качественно-количественного регулирования при теплоснабжении с пониженными температурами теплоносителя;

повышение энергетической и экономической эффективности теплоисточников, в том числе источников пиковой тепловой мощности;

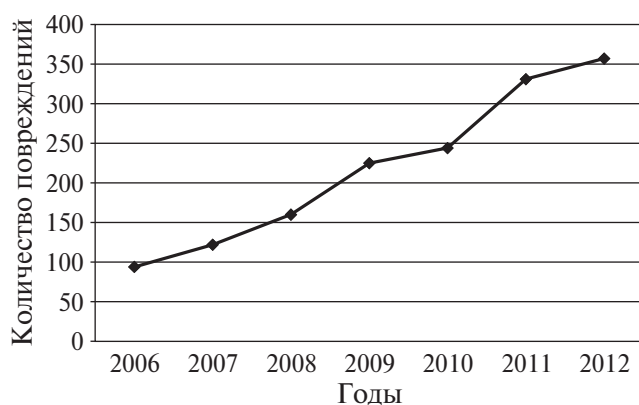


Рис. 1. Динамика роста повреждений в тепловых сетях Ульяновска при проведении гидравлических испытаний

снижение затрат на собственные нужды теплоисточников с помощью современных технологий резервного топливоснабжения;

совершенствование технологий противокоррозионной и противонакипной обработки теплоносителя.

Все это вписывается в концепцию развития теплоснабжения в России и в полной мере согласуется с положениями Федеральных законов № 261-ФЗ от 23.11.2009 “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ” [3] и № 190-ФЗ от 27.07.2010 “О теплоснабжении” [4].

К сожалению, в настоящее время доля теплофикации в общей выработке тепловой энергии в стране продолжает неуклонно снижаться, несмотря на высокую эффективность комбинированного производства тепловой и электрической энергии на ТЭЦ. Финансовые ресурсы, выделяемые на ремонты и модернизацию, позволяют лишь поддерживать оборудование в относительно работоспособном состоянии, не улучшая показателей тепловой и экономической эффективности. В связи с этим ряд исследователей в различных регионах проводит работу по сохранению и развитию преимуществ теплофикации путем создания комбинированных теплофикационных систем [5 – 7], сочетающих элементы централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения.

Рассматриваемые комбинированные теплофикационные системы, предназначенные для производства и подачи тепловой и электрической энергии потребителям, представляют собой сложные по структуре и многофункциональные по сути объекты, связанные между собой различными технологическими процессами. Их многофункциональность обусловлена не только комбинированным характером производства энергии, но и теплоснабжением разных типов потребителей, каждый из которых предъявляет специфические требования к надежности теплоснабжения.

При анализе надежности теплофикационной системы используется ключевое понятие отказа. Для того чтобы надежность агрегата (системы) увеличенной мощности в целом не снижалась, необходимо повышать надежность входящих в его (ее) состав элементов. Например, чтобы вероятность безотказной работы агрегата, состоящего из 2000 элементов, была равна 0,95, степень надежности P каж-

дого входящего в его состав элемента должна быть не менее

$$P = \sqrt[2000]{0,95} = 0,999975. \quad (1)$$

Очевидно, что с увеличением мощности агрегата или системы, а следовательно, и числа входящих в них элементов надежность каждого элемента должна соответственно возрасти.

Для повышения надежности городских теплофикационных систем и развития преимуществ теплофикации в научно-исследовательской лаборатории “Теплоэнергетические системы и установки” (НИЛ ТЭСУ) УлГТУ разработаны технологии комбинированного теплоснабжения [2, 6, 8], предусматривающие покрытие базовой части тепловой нагрузки системы теплоснабжения за счет высокоэкономичных отборов пара теплофикационных турбин ТЭЦ и обеспечение пиковой нагрузки с помощью автономных пиковых теплоисточников, установленных непосредственно у абонентов. В качестве автономных пиковых источников могут быть использованы газовые и электрические бытовые отопительные котлы, электрообогреватели и другие агрегаты.

При нарушениях гидравлических и температурных режимов в централизованной системе теплоснабжения обеспечение базовой нагрузки может осуществляться от автономных пиковых источников теплоты, установленных в местной системе теплоснабжения, которые при нормальной ее работе в базовом режиме будут находиться в резерве. Функциональное резервирование предусмотрено СНиП 41-02–2003 “Тепловые сети” [9] при совместной работе различных источников теплоты.

В НИЛ ТЭСУ УлГТУ создан ряд технологий работы комбинированных теплофикационных систем с централизованной основной и автономными пиковыми теплоисточниками, которые позволяют при необходимости гидравлически изолировать местные системы теплоснабжения от централизованной [10 – 13]. Они могут применяться как в отдельных кварталах систем теплоснабжения, так и непосредственно в домах у потребителей тепловой энергии.

Одна из схем таких комбинированных теплофикационных систем приведена на рис. 2. Базовую нагрузку покрывает основной источник централизованной системы теплоснабжения — ТЭЦ. Далее нагретую сетевую воду (теплоноситель) по подающему трубопроводу централизованной системы теплоснабжения

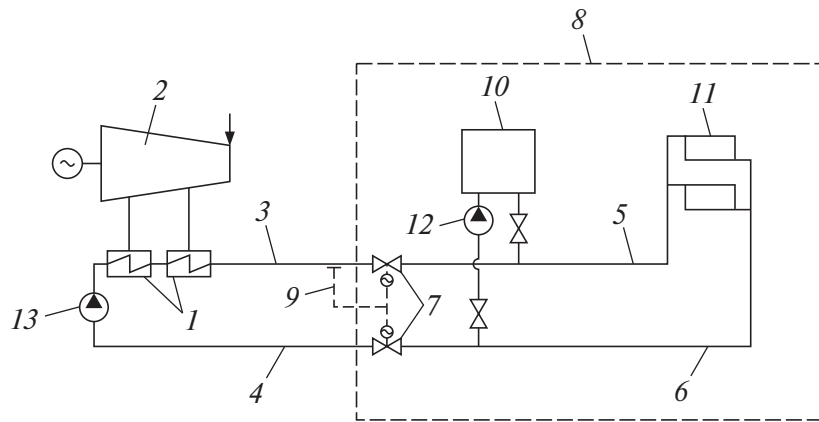


Рис. 2. Вариант схемы комбинированной теплофикационной системы:

1 — сетевые подогреватели; 2 — теплофикационная турбина; 3, 4 — подающий и обратный трубопроводы централизованной системы теплоснабжения; 5, 6 — подающий и обратный трубопроводы местной системы теплоснабжения; 7 — запорные органы; 8 — местная система теплоснабжения; 9 — датчик давления (температуры или расхода теплоносителя); 10 — автономный источник теплоты; 11 — отопительные приборы абонентов; 12 — циркуляционный насос; 13 — сетевой насос

направляют в местную систему, где пиковую тепловую нагрузку покрывает автономный источник теплоты, подключенный к подающему и обратному трубопроводам местной системы. Величину нагрева воды в автономном пиковом источнике теплоты регулируют в зависимости от потребности абонента.

При снижении давления (температуры) или уменьшении расхода сетевой воды ниже заданных значений, контролируемых датчиками давления (температуры или расхода), местную систему теплоснабжения потребителя автоматически отключают от подающей и обратной магистралей централизованной системы теплоснабжения с помощью запорных органов, установленных на подающем и обратном сетевых трубопроводах местной системы. В этом случае автономный источник теплоты используют в качестве базового и циркуляцию сетевой воды через него и местную систему теплоснабжения осуществляют циркуляционным насосом.

Для оценки надежности систем теплоснабжения необходимо использовать показатели надежности структурных элементов системы теплоснабжения и внешних систем источников тепловой энергии [14]:

$$K_{\text{над}} = \frac{K_э + K_в + K_т + K_б + K_р + K_с + K_{\text{отк}} + K_{\text{нед}} + K_ж}{n}, \quad (2)$$

где $K_{\text{над}}$ — показатель надежности конкретной системы теплоснабжения; $K_э$ — показатель надежности электроснабжения источников теплоты, характеризуемый наличием или отсутствием резервного электропитания; $K_в$ — показатель надежности водоснабжения источников

теплоты, характеризуемый наличием или отсутствием резервного водоснабжения; $K_т$ — показатель надежности топливоснабжения источников теплоты, характеризуемый наличием или отсутствием резервного топливоснабжения; $K_б$ — показатель соответствия тепловой мощности источников теплоты и пропускной способности тепловых сетей фактическим тепловым нагрузкам потребителей; $K_р$ — показатель уровня резервирования источников теплоты и элементов тепловой сети, определяемый отношением (в процентах) резервируемой фактической тепловой нагрузки к фактической тепловой нагрузке системы теплоснабжения, подлежащей резервированию; $K_с$ — показатель технического состояния тепловых сетей, характеризуемый долей ветхих, подлежащих замене (в процентах) трубопроводов; $K_{\text{отк}}$ — показатель интенсивности отказов тепловых сетей, характеризуемый количеством вынужденных отключений участков тепловой сети с ограничением отпуска тепловой энергии потребителям, вызванных отказом и его устранением за последние 3 года; $K_{\text{нед}}$ — показатель относительного недоотпуска теплоты в результате аварий и инцидентов; $K_ж$ — показатель качества теплоснабжения, характеризуемый количеством жалоб потребителей теплоты на нарушение качества теплоснабжения; n — количество показателей, учтенных в числителе.

В зависимости от полученного значения показателя надежности $K_{\text{над}}$ системы теплоснабжения могут быть разделены на несколько категорий [14]: высоконадежные — более 0,9, надежные — 0,75–0,89, малонадежные — 0,5–0,74, ненадежные — менее 0,5. Входящие в формулу (2) показатели надежности

Показатель надежности	Для традиционной теплофикационной системы	Для комбинированной теплофикационной системы
K_{Σ}	1,0	1,0
$K_{\text{в}}$	1,0	1,0
$K_{\text{т}}$	1,0	1,0
$K_{\text{б}}$	0,8	1,0
$K_{\text{р}}$	0,2	0,7
$K_{\text{с}}$	0,6	0,6
$K_{\text{отк}}$	1,0	1,0
$K_{\text{нед}}$	1,0	1,0
$K_{\text{ж}}$	0,4	1,0

зависят от конкретных условий эксплуатации теплофикационных систем и в каждом отдельном случае изменяются в пределах от 0,2 до 1. В таблице приведены показатели надежности для сравниваемых традиционной и комбинированной теплофикационных систем.

В результате расчетов по формуле (2) было получено, что для традиционной теплофикационной системы $K_{\text{над}} = 0,78$. Это меньше, чем у рассмотренной комбинированной теплофикационной системы с автономным источником теплоты, расположенным в местной системе теплоснабжения, для которой $K_{\text{над}} = 0,92$. Из сравнения этих двух показателей видно, что традиционная теплофикационная система является надежной, а комбинированная — высоконадежной в связи с дополнительным резервированием базового источника теплоты.

Выводы

1. Комбинированные теплофикационные системы с централизованной основной и автономными пиковыми теплоисточниками объединяют в себе структурные элементы централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения и позволяют при необходимости гидравлически изолировать местные системы теплоснабжения от централизованной.

2. Разработанные технологии комбинированного теплоснабжения дают возможность значительно повысить надежность и качество теплоснабжения потребителей благодаря отключению местной системы теплоснабжения от централизованной и использованию авто-

номного источника теплоты в качестве базового, например, при снижении давления, температуры или расхода сетевой воды в магистральных централизованной системы теплоснабжения.

3. Показатель надежности комбинированной теплофикационной системы на 14 % выше, чем традиционной.

Список литературы

1. **Исторические** особенности развития отечественных теплофикационных систем / П. В. Ротов, В. И. Шарапов, М. Е. Орлов, М. А. Ротова. — Новости теплоснабжения, 2013, № 5.
2. **Орлов М. Е.** Повышение энергетической эффективности и совершенствование структуры теплофикационных систем городов. — Тр. Академэнерго, 2012, № 1.
3. **Федеральный закон** Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ “Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации”.
4. **Федеральный закон** Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ “О теплоснабжении”.
5. **Николаев Ю. Е.** Научно-технические проблемы совершенствования теплоснабжающих комплексов городов. — Саратов: СарГТУ, 2002.
6. **Орлов М. Е., Ротов П. В., Шарапов В. И.** Повышение надежности и энергетической эффективности теплофикационных систем. — Надежность и безопасность энергетики, 2012, № 1.
7. **Бородихин И. В.** Комбинированная система теплоснабжения с внутриквартальными ДВС как энергосберегающая технология. Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: Материалы V Российской науч.-техн. конф. Т. 2. — Ульяновск: УлГТУ, 2006.
8. **Пат. 2235250 (RU).** Система теплоснабжения / В. И. Шарапов, М. Е. Орлов, П. В. Ротов, И. Н. Шепелев. — Изобретения. Полезные модели, 2004, № 24.
9. **СНиП 41-02–2003** “Тепловые сети”.
10. **Пат. 2467258 (RU).** Способ теплоснабжения / М. Е. Орлов, В. И. Шарапов, П. Е. Чаукин, В. А. Мордовин. — Изобретения. Полезные модели, 2012, № 32.
11. **Пат. 2468299 (RU).** Способ теплоснабжения / М. Е. Орлов, В. И. Шарапов, П. Е. Чаукин, В. А. Мордовин. — Изобретения. Полезные модели, 2012, № 33.
12. **Пат. 2470234 (RU).** Способ теплоснабжения / М. Е. Орлов, В. И. Шарапов, П. Е. Чаукин, В. А. Мордовин. — Изобретения. Полезные модели, 2012, № 35.
13. **Пат. 2470233 (RU).** Способ теплоснабжения / М. Е. Орлов, В. И. Шарапов, П. Е. Чаукин, В. А. Мордовин. — Изобретения. Полезные модели, 2012, № 35.
14. **Методические указания** по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения, 2013 (http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1576).

Vlad-sharapov2008@yandex.ru