

ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ



Опыт проведения испытаний тепловых сетей на тепловые потери и применение их результатов при обосновании нормативов тепловых потерь с поправкой на фактические потери

С.Н. Емельянова, начальник отдела энергоаудита, ЗАО «Промсервис», г. Димитровград

На примере проведенных испытаний тепловых сетей на тепловые потери в одной из теплоснабжающих организаций в статье приводится порядок подготовки и проведения испытаний, их результаты, а также расчет, обосновывающий поправочный коэффициент на фактические тепловые потери в расчете норматива технологических потерь, которые, в итоге, были учтены в тарифе.

Общие положения

Основным руководящим документом для определения фактических эксплуатационных тепловых потерь через тепловую изоляцию тепловых сетей и разработки на их основе нормируемых эксплуатационных тепловых потерь является РД 34.09.255-97 от 25.04.1997 г. «Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях» (далее МУ).

Основным руководящим документом для определения нормативов потерь тепловой энергии в тепловых сетях теплопередачей через теплоизоляционные конструкции теплопроводов является Приказ Минэнерго РФ № 325 от 30.12.2008 г. «Об утверждении порядка определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии» (далее – Приказ).

Задачи и порядок выполнения работ

Непосредственной задачей испытаний водяных тепловых сетей является определение фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию и обоснование поправочного коэффициента, используемого при расчете норматива потерь тепловой энергии в тепловых сетях теплопередачей через теплоизоляционные конструкции теплопроводов на регулируемый период.

Порядок выполнения работы:

Первый этап – подготовительные работы:

- анализ материалов по тепловой сети;
- выбор участков сети, подлежащих испытаниям;
- расчет параметров испытаний;
- подготовка сети и оборудования к испытаниям;
- разработка мероприятий по подготовке измерительной аппаратуры.

Второй этап – проведение испытаний:

- согласование рабочей программы испытаний;

- проведение тепловых испытаний (начало испытаний – сразу после завершения отопительного периода);

- обработка данных, полученных при испытаниях;

- сопоставление полученных при испытаниях тепловых потерь с нормативными значениями.

Третий этап – обоснование нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии по сетям:

- расчет нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии по сетям в соответствии с Приказом с применением поправочных коэффициентов на нормативы потерь тепловой энергии в тепловых сетях теплопередачей через теплоизоляционные конструкции теплопроводов, обоснованных по результатам проведенных испытаний;

- сопровождение процедуры утверждения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя и процедуры рассмотрения материалов по утверждению тарифов в части нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя по сетям теплоснабжения в уполномоченных органах исполнительной власти.

Подготовительные работы

1. Анализ материалов по тепловой сети. На первом этапе при подготовке специалистами нашей компании были выполнены анализ схемы тепловой сети, подлежащей испытаниям, и оценка фактического состояния тепловой изоляции в ходе визуального обследования (2013 г.). По результатам обследования трубопроводов надземной прокладки установлено, что тепловая изоляция отдельных участков тепловой сети (не менее 40%) находится в неудовлетворительном

техническом состоянии (рис. 1). Основной причиной неудовлетворительного состояния тепловой изоляции надземной прокладки является длительный срок службы изоляционной конструкции в связи с недостаточностью средств на ее своевременный ремонт.

Для определения технического состояния трубопроводов подземной прокладки произведен анализ актов осмотра тепломагистрали в шурфе. Неудовлетворительное техническое состояние теплоизоляционной конструкции трубопроводов подземной прокладки связано в основном с повсеместным затоплением каналов грунтовыми водами. Основной причиной разрушения каналов является подвижка грунта из-за подземных толчков при землетрясении.

На основании экспертной оценки аудиторов по результатам предварительного обследования участков тепловой сети в отчете по обследованию сделаны выводы о том, что фактические тепловые потери через изоляцию, по предварительной оценке, превышают нормативные в 1,8-2 раза.

Общая оценка технического состояния тепловой изоляции испытываемых участков тепловой сети на тепловые потери и сетей в целом по результатам предварительного обследования участков тепловой сети, а также непосредственно перед испытаниями представлена в табл. 1.

Из представленных выше сведений видно, что доля материальной характеристики с более современными нормами удельных тепловых потерь перед проведением испытаний стала выше, что достигнуто проведением ремонтных работ на отдельных магистральных участках сети в межотопительный период (табл. 2).



Рис. 1. Внешний вид участков теплотрассы надземной прокладки.

2. Выбор участков сети, подлежащих испытаниям. Согласно п. 2.3.3 РД 34.09.255, объем испытываемых участков сети по материальной характеристике выбран в объеме не менее 20% материальной характеристики всей сети.

Для проведения испытаний на тепловые потери рекомендованы те участки сети, у которых тип прокладки и конструкция изоляции являют-

Таблица 1. Состояние конструкции изоляции по материальной характеристике испытываемых участков и сети в целом.

Наименование	Состояние конструкции изоляции – нормы проектирования	Материальная характеристика, тыс. м ²	Доля материальной характеристики, %
Испытываемые участки на момент проведения обследования, 2013 г.	до 1989 г. (1)	33,47	65,1
	1990-1997 гг. (2)	0,5	1
	1998-2003 гг. (3)	4,5	8,7
	с 2004 г. (4)	12,95	25,2
	всего	51,42	100
Испытываемые участки перед проведением испытаний, 2014 г.	до 1989 г. (1)	26,16	50,9
	1990-1997 гг. (2)	0,5	1
	1998-2003 гг. (3)	4,5	8,7
	с 2004 г. (4)	20,26	39,4
	всего	51,42	100
Вся сеть	до 1989 г. (1)	89,77	77,9
	1990-1997 гг. (2)	9,2	8
	1998-2003 гг. (3)	7,56	6,6
	с 2004 г. (4)	8,68	7,5
	всего	115,22	100

Таблица 2. Материальная характеристика по типу прокладки испытываемых участков и сети в целом.

Наименование	Испытываемые участки		Сеть в целом		Доля материальной характеристики испытываемых участков, %
	Материальная характеристика, тыс. м ²	%	Материальная характеристика, тыс. м ²	%	
Надземная прокладка	9,56	37,2	42,781	37,1	22,35
Подземная прокладка	16,15	62,8	72,5	62,9	22,29
Всего	25,71	100	115,2	100	44,64

Таблица 3. Схема испытываемых участков.

ТЭЦ-1 ($G_{расч}=509$ т/ч)	
XVIII магистраль ТЭЦ-1 – РК ($G_{расч}=509$ т/ч)	
XIV магистраль от РК до НС-2 ($G_{расч}=501$ т/ч)	
IX магистраль до НС-4 ($G_{расч}=250$ т/ч)	XIV магистраль до НС-4 ($G_{расч}=250$ т/ч)
XXI магистраль до узла 5Е ($G_{расч}=250$ т/ч) (в узле 5Е открыт переключатель $d=300$ мм)	XIV магистраль до котельной № 3 ($G_{расч}=243$ т/ч) (в котельной № 3 открыт переключатель $d=80$ мм)
Узел 5Е, переключатель № 4	Котельная № 3, переключатель № 5

Таблица 4. Расчетная динамика пробега «температурной волны» во время испытаний.

Участок тепловой сети	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3	Участок № 4	Участок № 5
	ТЭЦ-1 – РК – НС-2	НС-2 – НС-4 (XIV)	НС-2 – НС-4 (IX)	НС-4 – узел 5Е	НС-4 – Котельная № 3
Объем трубопровода, м ³	3743	1304,5	1704,3	329,8	803,5
Расчетный расход воды, т/ч	509	250	250	250	243
Продолжительность пробега частиц, ч	7,18	5,1	6,66	1,28	3,23

ся характерными для всей сети, что позволило распространить результаты испытаний на тепловую сеть в целом.

3. Расчет параметров испытаний. Рассчитаны параметры сетевой воды во время тепловых испытаний, расходы сетевой воды по участкам, обеспечивающие понижение температуры воды в циркуляционном кольце за счет его тепловых потерь при испытаниях не менее 8 и не более 20 °С. Краткое описание схемы испытываемых участков и расчетная динамика пробега «температурной волны» во время испытаний представлены в табл. 3, 4.

4. Подготовка сети и оборудования к испытаниям. Руководителем испытаний на основании программы испытаний заблаговременно определены необходимые мероприятия, которые выполнялись в процессе подготовки сети к испытаниям. В число мероприятий вошли, такие как:

- врезка штуцеров для манометров и гильз для термометров;
- врезка циркуляционных переключателей и обводных линий;
- выбор средств измерений (манометров, термометров, расходомеров и т.п.) для каждой точки измерений в соответствии с ожидаемыми пределами измеряемых параметров при каждом режиме испытаний с учетом рельефа местности и др.;

- организация проверки технического и метрологического состояния средств измерений согласно нормативно-технической документации;
- проверка отключений, предусмотренных программой проведения испытаний, ответвлений и тепловых пунктов.

5. Подготовка измерительной аппаратуры и основные мероприятия по подготовке наблюдателей. Измеряемыми величинами в процессе проведения испытаний являются:

- На ТЭЦ-1:
- расходы сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе;
 - расход подпиточной воды;
 - давление воды в подающем и обратном трубопроводе;
 - температура воды в подающем и обратном трубопроводе.

На тепловой сети в контрольных точках замеров:

- расходы сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе;
- температура воды в подающем и обратном трубопроводе.

Функциональная схема измерений представлена на рис. 2. Для измерения параметров теплоносителя в основном использовались штатные приборы.

Перечень реализованных мероприятий по подготовке наблюдателей:

1) подготовка наблюдателей по охране труда и технике безопасности, а также пожарной безопасности в соответствии с требованиями действующего законодательства. Основным руководящим документом при подготовке наблюдателей для проведения испытаний является РД 34.03.201-97 «Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей».

2) подготовка письменного распоряжения (наряд-допуск) на безопасное производство работы по испытаниям с указанием содержания работы, места, время и условия ее выполнения, необходимых мер безопасности, состава бригады и лиц, ответственных за безопасность работы (табл. 5).

3) ознакомление персонала перед началом испытаний с программой проведения испытаний. Проведение руководителем испытаний инструктажа по технике безопасности под роспись в журнале по ТБ и распределение конкретных обязанностей для каждого работника, занятого при испытаниях.

4) организация телефонной связи между руководителем испытаний и наблюдателями.

При проведении испытаний абоненты за 3 дня до начала испытаний предупреждены о времени проведения испытаний и сроке отключения систем теплоснабжения с указанием необходимых мер безопасности.

Проведение тепловых испытаний

Работы по испытанию сети выполнены (2014 г.) в соответствии с требованиями рабочей программы, утвержденной разработчиком (нашей компанией) и согласованной техническими руководителями энергоснабжающих организаций (ЭСО).

В соответствии с рабочей программой испытания тепловых сетей проводились в следующей последовательности.

1. Подготовительный этап испытаний.

- подключение измерительных приборов;
- прогрев трубопроводов и грунта;
- установление опытным путем расчетного расхода сетевой воды по циркуляционному кольцу и в контрольных точках;
- установление давления в обратной линии испытываемого кольца на входе в теплофикационную установку (ТФУ) в соответствии с требованиями рабочей программы;
- установление температуры воды в подающей линии испытываемого кольца на выходе из ТФУ;
- измерение параметров температуры сетевой воды на входе в ТФУ и выходе из нее и на перемычках конечных участков каждые 30 мин.

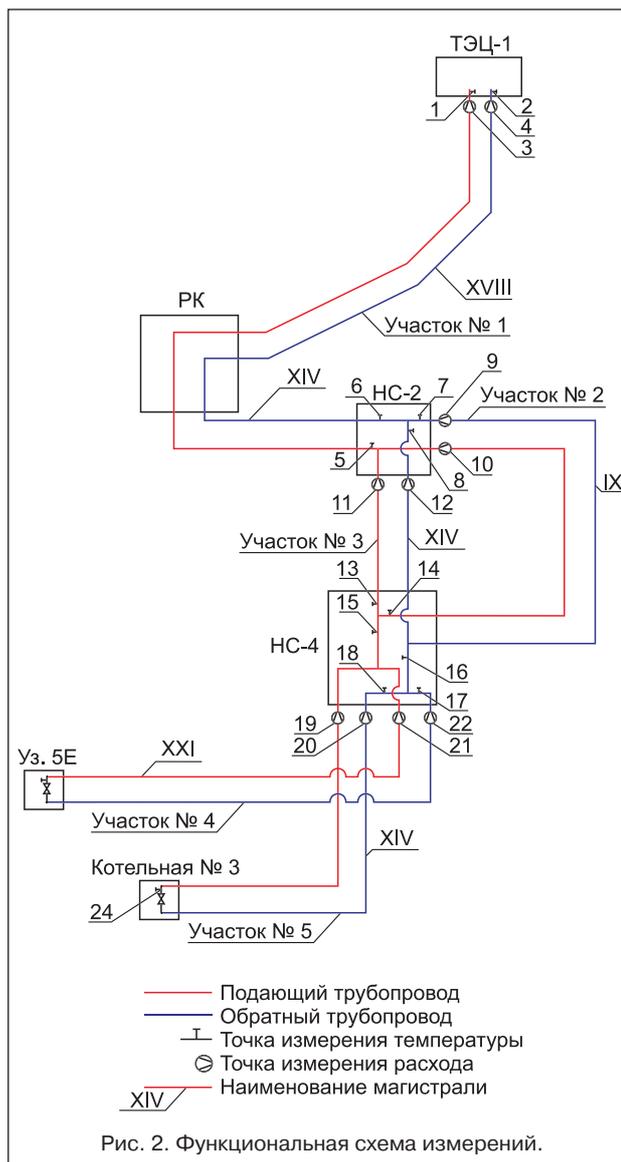


Рис. 2. Функциональная схема измерений.

Условие окончания этапа – постоянство температуры воды в обратной линии кольца на входе в ТФУ в течение 4 ч.

2. Основной этап испытаний.

Продолжительность основного этапа – 38 ч с момента достижения установившегося теплового состояния во всех контрольных точках наблюдения. Измерения параметров сетевой воды производились в контрольных точках одновременно с интервалом в 10 мин.

Заключительный этап испытаний – испытание методом «температурной волны». На данном этапе испытаний температура воды в подающем трубопроводе на выходе из ТФУ на короткий промежуток времени (1 ч) поднималась на 20 °С. Во всех контрольных точках наблюдения произведены измерения параметров теплоносителя с интервалом в 10 мин для отслеживания прохождения «температурной волны» по испытываемому кольцу. Окончание заключительного этапа – фиксация «температурной волны» в обратной линии кольца на входе в ТФУ.

Таблица 5. Число бригад наблюдателей, точек наблюдений с указанием измеряемых параметров.

Местонахождения точки наблюдения		Перечень производимых измерений (точки наблюдения см. рис. 2)	Форма контроля и отчетности	Примечание
ТЭЦ-1	XVIII подающий XVIII обратный	Измерение температуры (1, 2), расхода (3, 4)	Протоколы (темп.), архивные данные (расх.)	Бригада № 1
НС-2	XIV подающий и обратный со стороны РК	Измерение температуры со стороны РК (5, 6)	Протокол	Бригада № 2
	IX обратный	Измерение температуры (7)	Протокол	
	IX подающий, обратный	Измерение расхода (9, 10)	Архивные данные	
	XIV обратный со стороны НС-4	Измерение температуры со стороны НС-4 (8)	Протокол	
	XIV подающий и обратный со стороны НС-4	Измерение расхода со стороны НС-4 (11, 12)	Архивные данные	
НС-4	XIV подающий со стороны НС-4	Измерение температуры (13)	Протокол	Бригада № 3
	IX подающий	Измерение температуры (14)	Протокол	
	НС-4 подающий после смешения	Измерение температуры после смешения (15)	Протокол	
	НС-4 обратный после смешения	Измерение температуры после смешения (16)	Протокол	
	XXI обратный	Измерение температуры (17)	Протокол	
	XIV обратный со стороны котельной № 3	Измерение температуры со стороны котельной № 3 (18)	Протокол	
	XIV подающий и обратный со стороны котельной № 3	Измерение расхода со стороны котельной № 3 (19, 20)	Архивные данные	
	XXI подающий и обратный	Измерение расхода (21, 22)	Архивные данные	
Узел 5Е	XXI перемычка	Измерение температуры (23)	Протокол	Бригада № 4
Котельная № 3	XIV перемычка	Измерение температуры (24)	Протокол	Бригада № 5

Обработка полученных данных по результатам испытаний

На основании протоколов замеров параметров температуры в контрольных точках построены графики изменения температур, которые являются характерными для всех испытываемых участков сети. Линией красного цвета показано изменение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе, линией синего цвета – в обратном трубопроводе (рис. 3-11).

Обработка результатов измерений

Для каждой контрольной точки в процессе анализа результатов измерений выбран период, когда режим испытаний был наиболее близок к установившемуся. За выбранный период усреднены значения температуры воды, полученные при 26 последовательных измерениях. Также в процессе обработки результатов измерений усреднены значения расходов сетевой и подпиточной воды.

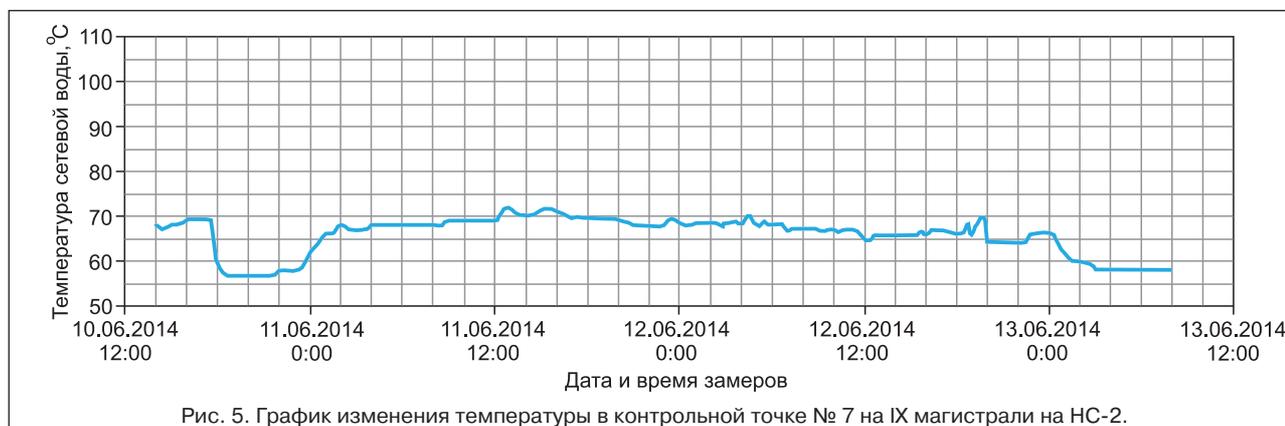
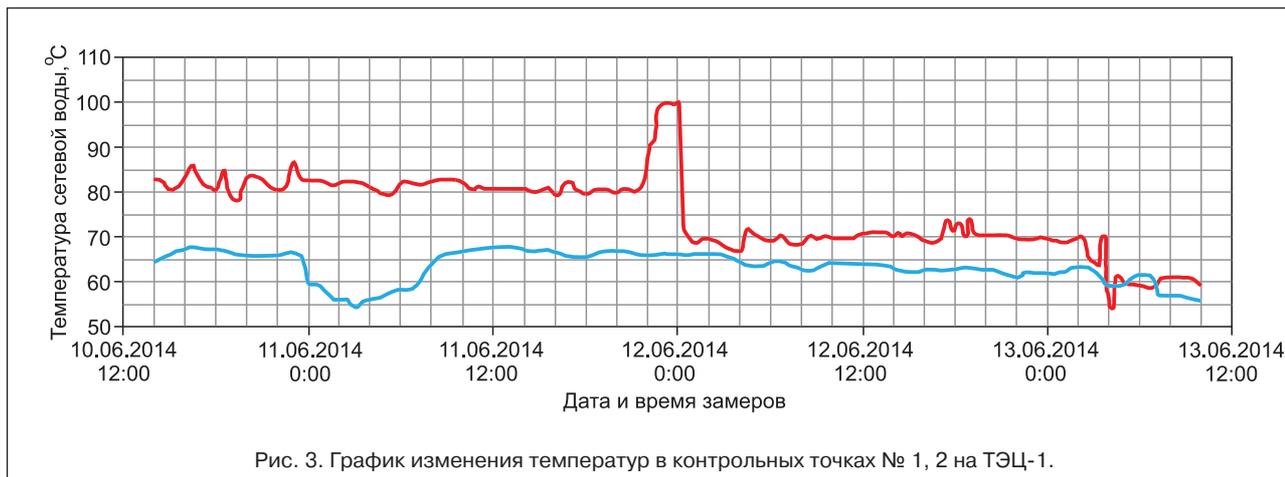
Усредняемые значения температуры смещены по времени на фактическую продолжительность пробега воды между точками измерения, определенную методом «температурной волны».

Полученные по результатам тепловых испытаний фактические тепловые потери пересчитаны на среднегодовые температурные условия.

Сопоставление полученных при испытаниях тепловых потерь с нормативными значениями приводится в табл. 6.

По результатам проведенных испытаний определены фактические тепловые потери. Отношение фактических эксплуатационных тепловых потерь к тепловым потерям, определенных по норме, составило:

- для надземной прокладки подающий трубопровод $K_{\text{факт}}=2,2$;
- для надземной прокладки обратный трубопровод $K_{\text{факт}}=1,73$;
- для подземной прокладки $K_{\text{факт}}=1,37$.



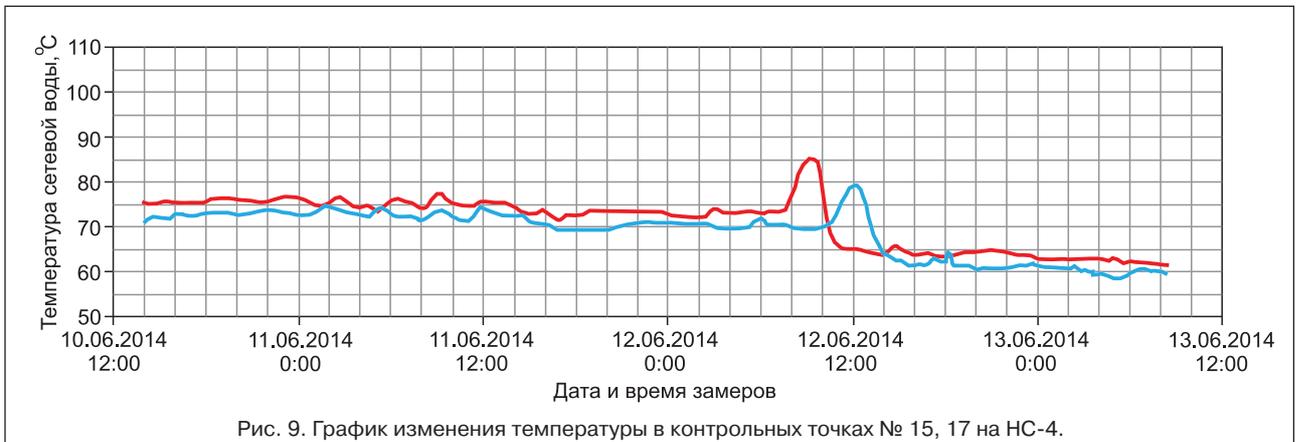
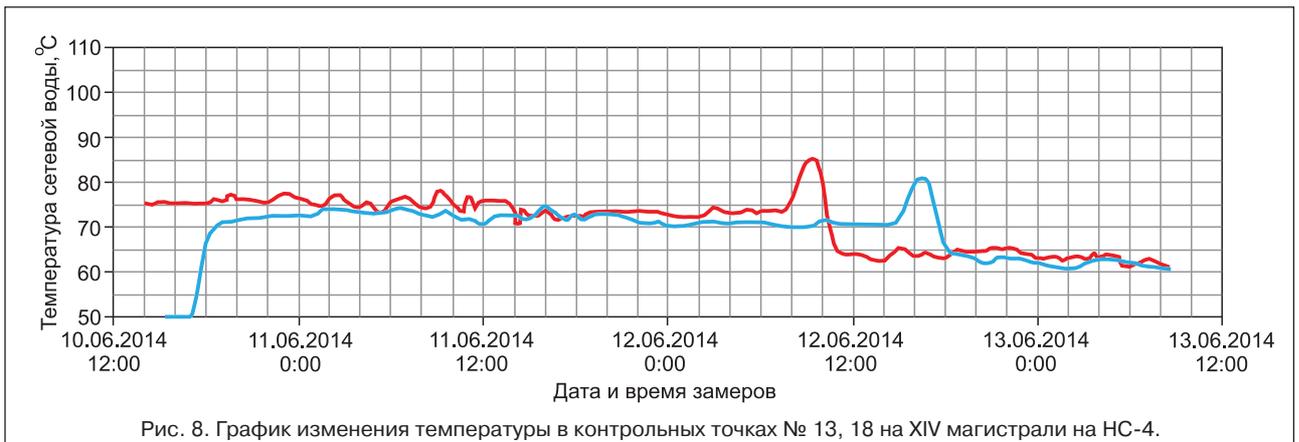
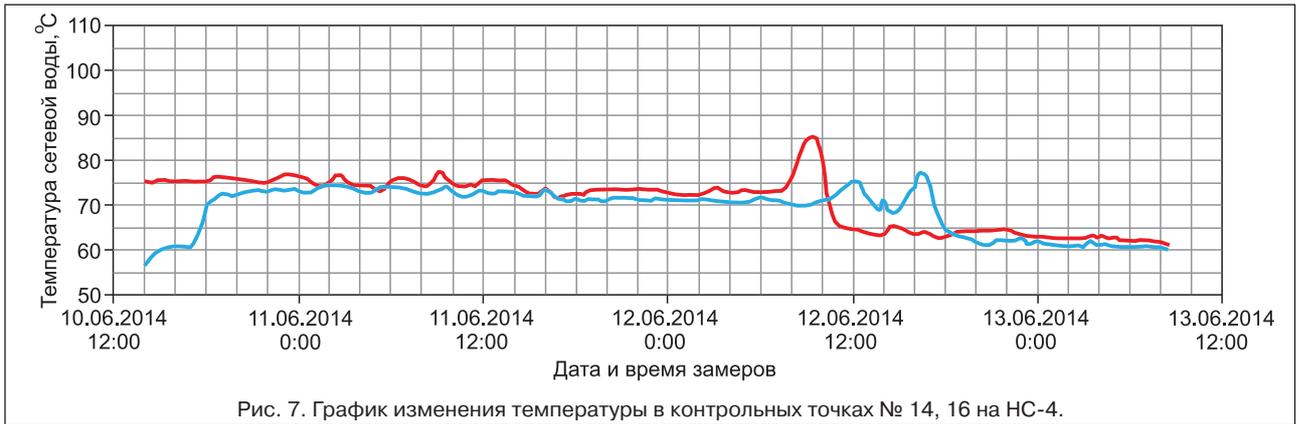




Рис. 11. График изменения температуры на перемычке магистрали XIV (Физкультурный) в контрольной точке № 24.

Можно сказать о том, что величина отношения фактических и нормативных тепловых потерь по результатам проведенных испытаний близка к предварительной экспертной оценке ($K=1,8-2$), основанной на результатах проведенного обследования с учетом того, что доля материальной характеристики с более современными нормами удельных тепловых потерь перед проведением испытаний стала выше (табл. 1).

Полученные результаты испытаний по определению фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию являются основой для разработки энергетической характеристики тепловой сети по показателю тепловых потерь и их нормирования.

Обоснование технологических потерь при передаче тепловой энергии по сетям

Расчет нормативов технологических потерь тепловой энергии при передаче по сетям выполнен в соответствии с требованиями Приказа.

При расчете норматива потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции, исходя из соотношения подземной и надземной прокладок по материальной характеристике тепловых сетей (подземная – 0,629; надземная – 0,371), в соответствии с табл. 5.1 Приказа, предельные значения поправочных коэффициентов

($K+\Delta K$), определенные путем линейной интерполяции, составили:

- для подземной прокладки – 1,343;
- для надземной прокладки – 1,614.

В связи с тем, что по результатам испытаний фактические коэффициенты превышают нормируемые, то для каждого типа прокладок принято предельное значение поправочного коэффициента, что, в свою очередь, не позволяет применить поправку ΔK к поправочному коэффициенту при утверждении на последующие периоды регулирования до момента проведения новых испытаний.

Таким образом, проведение испытаний тепловых сетей на тепловые потери позволили определить фактические тепловые потери через тепловую изоляцию трубопроводов тепловой сети и применить обоснованный поправочный коэффициент на фактические тепловые потери в расчете норматива потерь тепловой энергии в тепловых сетях через теплоизоляционные конструкции теплопроводов на регулируемый период.

По результатам проведенной работы нормативы технологических потерь при передаче тепловой энергии в тепловых сетях, в том числе обоснованная величина норматива потерь тепловой энергии в тепловых сетях через тепловую изоляцию, были приняты к утверждению и учтены в полном объеме в тарифе на передачу тепловой энергии по сетям.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОДВЕСНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ



«МАГИСТРАЛЬ» ГИДРОИЗОЛЯЦИОННАЯ В СОЧЕТАНИИ С АРМИРУЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Для защиты различных видов подвесной теплоизоляции от намочания, капли, агрессивных сред.

Качественная защита теплоизоляции – залог уменьшения теплопотерь и снижения образований коррозионных очагов.



ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС

8 (800) 333-06-42
vektorantikor.ru

Таблица 6. Определение отношения фактических и нормативных тепловых потерь (коэффициент К).

Наименование участка	Тепловые потери во время испытаний, Гкал/ч	Тепловые потери, пересчитанные на среднегодовые условия, Гкал/ч	Нормативные тепловые потери, Гкал/ч	К
Участок № 1 подающий трубопровод (надземная прокладка)	1,98	2,68	1,22	2,2
Участок № 1 обратный трубопровод (надземная прокладка)	1,8	1,47	0,85	1,73
Участок № 2 подающий трубопровод (подземная прокладка)	0,73	1,72	1,33	1,29
Участок № 2 обратный трубопровод (подземная прокладка)	1,17			
Участок № 3 подающий трубопровод (подземная прокладка)	0,49	1,53	1,1	1,38
Участок № 3 обратный трубопровод (подземная прокладка)	1,39			
Участок № 4 подающий трубопровод (подземная прокладка)	0,42	0,74	0,33	2,27
Участок № 4 обратный трубопровод (подземная прокладка)	0,29			
Участок № 5 подающий трубопровод (подземная прокладка)	0,4	0,7	0,65	1,08
Участок № 5 обратный трубопровод (подземная прокладка)	0,27			
Итого для участков подземной прокладки	5,2	4,68	3,41	1,37
Итого для участков подающих трубопроводов надземной прокладки	1,98	2,68	1,22	2,2
Итого для участков обратных трубопроводов надземной прокладки	1,81	1,47	0,85	1,73

Литература

1. РД 34.09.255-97. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях – М.: «СПО ОРГРЭС», 1988 г.
2. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок / Госэнергонадзор Минэнерго России – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003 г.
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Минэнерго России – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003 г.
4. СНиП 41-02-2003 Тепловые сети. / Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу, 2003 г.
5. Манюк В.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей – М.: Стройиздат, 1988 г.
6. Показатели функционирования водяных тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения. Методические рекомендации по определению нормативных и фактических значений. – М.: ЗАО «Роскоммунэнерго», 2005 г.
7. Приказ Минэнерго России № 325 от 30.12.2008 г. «Об утверждении порядка определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии».