

Глава 3. Определение нормативных и фактических тепловых потерь в водных тепловых сетях, присоединенных к источникам теплоснабжения.

Работы проводились в соответствии с РД 34.09.255-97 «Методические указания по определению тепловых потерь в водных тепловых сетях».

В соответствии с требованиями ПТЭЭ, определение фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию должно производиться один раз в пять лет.

Фактические эксплуатационные тепловые потери устанавливаются экспериментально путем проведения тепловых испытаний сети. Целью испытаний является определение тепловых потерь различными типами прокладок и конструкциями изоляции трубопроводов, характерными для данной тепловой сети.

По результатам испытаний оценивается состояние изоляции испытываемых трубопроводов в конкретных эксплуатационных условиях.

Испытаниям подвергались те участки сети, у которых тип прокладки (подземная, наземная) и конструкция изоляции являются характерными для данной сети, что дает возможность распространить результаты испытаний на тепловую сеть в целом.

Цель проведения испытаний

Непосредственной задачей испытаний водных тепловых сетей является определение фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию принятых для испытаний участков тепловых сетей при выбранном режиме и сопоставление их с нормативными значениями тепловых потерь для тех же участков тепловой сети.

Данные испытания проводились с целью определения фактических тепловых потерь в тепловых сетях.

Условия проведения испытаний

Основными параметрами испытаний, определяемыми расчетным путем, являются поддерживаемые в процессе испытаний значения температуры воды в подающей линии сети на выходе из источника теплоснабжения и расхода воды на начальном участке испытываемого циркуляционного кольца. Кроме того, определяются ожидаемые в процессе испытаний значения температуры воды в обратной линии на входе в источник теплоснабжения и расхода подпиточной воды, а также ориентировочная продолжительность испытаний.

Перед проведением испытаний тепловых сетей должны быть выполнены работы по восстановлению нарушенной тепловой изоляции на испытываемых участках, осуществлено камер теплового сети, приведено в порядок дренажей, организации стока поверхностных вод и др.

Проведение испытаний водной сети предусматривает:

- анализ материалов по тепловой сети;
- выбор участков сети, подлежащих испытаниям;
- расчет параметров испытаний;
- подготовку сети и оборудования к испытаниям;
- подготовку измерительной аппаратуры;
- проведение тепловых испытаний;
- обработку данных, полученных при испытаниях;
- сопоставление полученных при испытаниях тепловых потерь с нормативными значениями.

Методика проведения тепловых испытаний для определения тепловых потерь

Выбор участков тепловой сети для проведения испытаний

Испытаниям подвергались участки тепловой сети, тип прокладки и конструкции тепловой изоляции которых являются характерными для данной сети.

Характерными считаются участки тепловых сетей, доля которых, определяемая по (1), в материальной характеристике всей сети составляет не менее 20%:

$$\varphi = \frac{M_x}{M_{\Sigma}} \cdot \frac{\sum (d_x L_x)}{\sum (d_{\Sigma} L_{\Sigma})} > 0,2, \quad (1)$$

где  $M_x$  — материальная характеристика для подающего или обратного трубопровода сети, протрубованная по всем участкам с данным типом прокладки и конструкцией изоляции, м<sup>2</sup>;

$$M_{\Sigma} = \sum (d_x L_x)$$

материальная характеристика для подающего или обратного трубопровода, протрубованная по всей сети в целом, м<sup>2</sup>;

$$d_x — \text{наружный диаметр трубы в пределах одного участка сети (по подающей или обратной линии при равных диаметрах труб), м,}$$

$$L — \text{протяженность участка сети, м.}$$

Объем испытываемых характерных участков тепловой сети, оцениваемых по материальной характеристике, определяется как реальной технической возможностью проведения испытаний, так и необходимостью получения представительных результатов, которые могут быть распространены на неиспытанные участки тепловой сети. Исходя из этого, минимальный объем испытываемых участков готовой сети по материальной характеристике должен быть не менее 20% материальной характеристики всей сети.

Проведение испытаний характерных участков в меньшем объеме допускается в исключительных случаях, когда значительная часть таких участков рассредоточена по сети и не может быть объединена в циркуляционное кольцо.

Обработка результатов испытаний

В результате испытаний определяются тепловые потери для каждого из участков испытываемого кольца отдельно по подающей и обратной линиям.

По каждой точке замера должны быть ускорены значения температуры воды, полученные при 20-30 последовательных измерениях в тот период, когда режим испытаний был наиболее близок к установившемуся. За этот же период ускорены значения расходов сетевой и подпиточной воды.

Усредненные значения температуры должны быть смещены по времени на фактическую продолжительность прогона воды между точками измерения, определенную методом «температурной волны».

Тепловые потери по подающему и обратному трубопроводам для каждого из участков испытываемого кольца определяются по формулам, Вт или ккал/ч:

$$Q_{\Sigma} = c G_{\Sigma} (t_{\Sigma}^* - t_{\Sigma}^0) \cdot 10^3$$
$$Q_{\Sigma} = c G_{\Sigma} (t_{\Sigma}^* - t_{\Sigma}^0) \cdot 10^3$$

где  $G_{\Sigma}$  — усредненный расход сетевой воды в подающей линии на выходе из источника теплоснабжения, кг/с (т/ч);

$G_{\Sigma}^*$  — усредненный расход подпиточной воды, кг/с (т/ч);

$t_{\Sigma}^*$  и  $t_{\Sigma}^0$  — усредненные температуры воды в начале и конце подающего трубопровода на участке, °C;

$t_{\Sigma}^*$  и  $t_{\Sigma}^0$  — усредненные температуры воды в начале и конце обратного трубопровода на участке, °C.

Полученные по результатам испытаний фактические тепловые потери, пересчитанные на среднегодовые температурные условия работы тепловой сети, используются как основа для последующего нормирования тепловых потерь тепловыми сетями теплоснабжающей организации на пятилетний период, а также для оценки изменения теплотехнических свойств теплоизоляционных конструкций и технического состояния тепловых сетей в целом.

Оценка фактических тепловых потерь для среднегодовых условий производится путем их сопоставления с соответствующими значениями тепловых потерь, определенных по Нормам.

Пересчет фактических тепловых потерь для всех испытанных участков тепловой сети на среднегодовые условия ее работы производится по формулам:

$$Q_{\Sigma}^{сп} = \frac{Q_{\Sigma} (t_{\Sigma}^{*сп} - t_{\Sigma}^{0сп}) + Q_{\Sigma} (t_{\Sigma}^{*сп} - t_{\Sigma}^{0сп})}{1 - (t_{\Sigma}^{*сп} + t_{\Sigma}^{0сп} - t_{\Sigma}^* - t_{\Sigma}^0)}$$

Значения среднегодовых тепловых потерь по нормам для испытанных участков данной тепловой сети определяются по формулам, Вт или ккал/ч:

$$Q_{\Sigma}^{нр} = \sum \beta q_{\Sigma} L_{\Sigma}$$

для участков наземной прокладки

$$Q_{\Sigma}^{нр} = \sum \beta q_{\Sigma} L_{\Sigma}$$

для участков подземной прокладки

$$Q_{\Sigma}^{нр} = \sum \beta q_{\Sigma} L_{\Sigma}$$

где значения  $q_{\Sigma}$ ,  $q_{\Sigma}^*$ ,  $q_{\Sigma}^0$  и  $\beta$  определяются согласно справочных значений Методических указаний РД 34.09.255-97.

Сопоставления фактических и определенных по нормам тепловых потерь определяются по формулам:

$$K = \frac{Q_{\Sigma}^{факт}}{Q_{\Sigma}^{нр}}$$

для участков наземной прокладки

$$K_{\Sigma} = \frac{Q_{\Sigma}^{факт}}{Q_{\Sigma}^{нр}}$$

$$K_{\Sigma} = \frac{Q_{\Sigma}^{факт}}{Q_{\Sigma}^{нр}}$$

При анализе результатов испытаний необходимо иметь в виду следующее: соотношения К показывают, на какое значение фактические тепловые потери отличаются от соответствующих потерь, определенных по нормам проектирования тепловой изоляции для различных видов прокладок. Так как нормативными документами не предусматривается определение тепловых потерь и их соответствие нормам при вводе тепловых сетей в эксплуатацию, то изменение технического состояния теплоизоляционных конструкций в процессе эксплуатации определяется динамикой изменения фактических тепловых потерь при регулярном проведении испытаний с установленной ПТЭЭ периодичностью.

одинаковые значения соотношений К по видам прокладки (подземной и наземной) отражают различное техническое состояние теплоизоляционных конструкций. Для подземных прокладок меньше диапазон изменения коэффициентов К при ухудшении теплотехнических

свойств изоляции, а также, как правило, ниже абсолютные значения К, чем для наземной прокладки;

значения соотношений К для тепловых сетей, изоляция которых выполнена по ранее действовавшим нормам тепловых потерь и по которым спроектировано большинство действующих сетей, ниже из-за более высоких абсолютных значений удельных тепловых потерь, чем для тепловых сетей с изоляцией по нормам СНиП 2.04.14-88.

Таблица 6. Результаты тепловых испытаний по определению тепловых потерь в тепловых сетях, присоединенных к Котельной № 1 (п. Сестяевый-56).

Участок сети	Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции	Расход сетевой и подпиточной воды, т/ч		Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Нормативные тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Определение по нормам тепловых потерь, ккал/ч	Сопоставление фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К	
		Gc	Gn									
котельная №1	TK-14	TK-14	Подземная, Пенополиуретан	16,82	0,002	0,0066	0,0068	0,0070	0,0071	0,0053	0,0054	1,3
	TK-14	TK-15	Подземная, Пенополиуретан	12,76	0,002	0,0014	0,0015	0,0014	0,0016	0,0010	0,0011	1,37
	TK-15	TK-15	Подземная, Пенополиуретан	9,04	0,001	0,0005	0,0006	0,0006	0,0004	0,0005	1,30	
	TK-16	TK-17	Подземная, Пенополиуретан	6,51	0,001	0,0012	0,0012	0,0012	0,0013	0,0009	0,0010	1,33
	TK-17	TK-18	Подземная, Пенополиуретан	2,83	0,001	0,0013	0,0014	0,0013	0,0014	0,0010	0,0011	1,31
TK-18	TK-19	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	1,80	0,001	0,0019	0,0020	0,0020	0,0021	0,0015	0,0016	1,33	
	TK-19	TK-20	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	0,84	0,001	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007	0,0005	0,0005	1,29
	TK-20	дом №43	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	0,18	0,001	0,0008	0,0009	0,0008	0,0009	0,0006	0,0007	1,30
котельная №1	TK-1	TK-1	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	102,54	0,02	0,0157	0,0168	0,0165	0,0178	0,0103	0,0116	1,53
	TK-1	TK-2	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	88,38	0,004	0,0028	0,0030	0,0029	0,0031	0,0018	0,0021	1,51
	TK-2	TK-3	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	79,85	0,006	0,0035	0,0038	0,0036	0,0040	0,0023	0,0027	1,49
	TK-3	TK-5	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	59,43	0,012	0,0165	0,0172	0,0172	0,0180	0,0088	0,0096	1,87
	TK-5	TK-6	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	25,70	0,006	0,0067	0,0070	0,0070	0,0074	0,0040	0,0044	1,68
	TK-6	TK-7	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	23,59	0,002	0,0011	0,0012	0,0011	0,0013	0,0006	0,0007	1,80
	TK-7	TK-8	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	19,34	0,004	0,0083	0,0085	0,0087	0,0089	0,0036	0,0038	2,33
	TK-8	TK-9	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	16,50	0,002	0,0022	0,0024	0,0024	0,0025	0,0010	0,0011	2,26
	TK-9	TK-10	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	11,66	0,002	0,0055	0,0056	0,0057	0,0058	0,0033	0,0034	1,71
	TK-10	TK-11	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	6,90	0,002	0,0031	0,0032	0,0032	0,0034	0,0023	0,0024	1,38
	TK-11	TK-12	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	5,07	0,002	0,0021	0,0022	0,0022	0,0023	0,0016	0,0017	1,38
	TK-12	дом 33	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	3,1	0,001	0,0008	0,0009	0,0012	0,0013	0,0009	0,0009	1,34
Среднее значение соотношения фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К											1,479	
Среднегодовая нагрузка, Гкал/час											8,3	
Нормативные среднегодовые тепловые потери, %											11,2	
Фактические среднегодовые тепловые потери, %											11,7	

Таблица 7. Результаты тепловых испытаний по определению тепловых потерь в тепловых сетях, присоединенных к Котельной № 2 (п. Арамиль, ул. Станционная, 12-6).

Участок сети	Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции	Расход сетевой и подпиточной воды, т/ч		Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Нормативные тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Определение по нормам тепловых потерь, ккал/ч	Сопоставление фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К	
		Gc	Gn									
котельная №2	TK-1	TK-1	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	146,66	0,004	0,0031	0,0034	0,0035	0,0038	0,0018	0,0021	1,8
	TK-1	TK-2	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	146,66	0,008	0,0111	0,0116	0,0126	0,0131	0,0065	0,0071	1,86
	TK-2	TK-3	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	139,46	0,014	0,0083	0,0092	0,0095	0,0104	0,0060	0,0069	1,50
	TK-3	TK-4	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	127,16	0,022	0,0149	0,0163	0,0169	0,0183	0,0086	0,0100	1,84
	TK-4	TK-5	Подземная, Пенополиуретан	24,29	0,008	0,0136	0,0141	0,0155	0,0160	0,0080	0,0085	1,89
	TK-5	TK-6	Подземная, Пенополиуретан	22,13	0,001	0,0008	0,0009	0,0010	0,0010	0,0007	0,0007	1,39
	TK-6	дом №6	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	14,15	0,005	0,0153	0,0156	0,0175	0,0178	0,0078	0,0081	2,19
	TK-4	TK-7	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	96,20	0,01	0,0128	0,0133	0,0145	0,0152	0,0064	0,0071	2,14
	TK-7	TK-9	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	67,12	0,004	0,0030	0,0032	0,0034	0,0037	0,0022	0,0025	1,49
	TK-9	TK-9/1	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	55,68	0,002	0,0010	0,0011	0,0011	0,0013	0,0007	0,0009	1,46
	TK-9/1	TK-10	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	41,47	0,006	0,0046	0,0049	0,0053	0,0056	0,0034	0,0038	1,49
	TK-10	TK-12	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	25,81	0,006	0,0057	0,0060	0,0065	0,0069	0,0042	0,0046	1,49
TK-12	дом №16	Подземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	9,68	0,002	0,0039	0,0040	0,0044	0,0046	0,0026	0,0027	1,67	
Среднее значение соотношения фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К											1,7	
Среднегодовая нагрузка, Гкал/час											10,78	
Нормативные среднегодовые тепловые потери, %											13,2	
Фактические среднегодовые тепловые потери, %											20,3	

Таблица 8. Результаты тепловых испытаний по определению тепловых потерь в тепловых сетях, присоединенных к Котельной № 7 (г. Арамиль, ул. Мира, 6-А/2).

Участок сети	Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции	Расход сетевой и подпиточной воды, т/ч		Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Нормативные тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Определение по нормам тепловых потерь, ккал/ч	Сопоставление фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К	
		Gc	Gn									
котельная №2	TK-3	TK-3	Подземная, Пенополиуретан	365,07	0,004	0,0066	0,0068	0,0072	0,0074	0,0055	0,0057	1,3
	на ул. Мира 16-а2	TK-3	Подземная, Пенополиуретан	9,03	0,002	0,0009	0,0010	0,0010	0,0011	0,0006	0,0007	1,58
	котельная №7	TK-1	Подземная, Пенополиуретан	31,54	0,006	0,0049	0,0052	0,0052	0,0056	0,0032	0,0036	1,58
TK-1	TK-2	Подземная, Пенополиуретан	12,77	0,001	0,0028	0,0029	0,0031	0,0031	0,0023	0,0024	1,32	
	отв на ул. Мира 6-б	TK-2	Подземная, Пенополиуретан	4,52	0,001	0,0031	0,0031	0,0033	0,0034	0,0019	0,0019	1,76
Среднее значение соотношения фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К											1,5	
Среднегодовая нагрузка, Гкал/час											6,597	
Нормативные среднегодовые тепловые потери, %											4,4	
Фактические среднегодовые тепловые потери, %											6,5	

Таблица 9. Результаты тепловых испытаний по определению тепловых потерь в тепловых сетях, присоединенных к Котельной № 11 (п. Арамиль, ул. Ломоносова, 4-Б).

Участок сети	Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции	Расход сетевой и подпиточной воды, т/ч		Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Нормативные тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Определение по нормам тепловых потерь, ккал/ч	Сопоставление фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К	
		Gc	Gn									
котельная №11	TK-1	TK-1	Наземная, Пенополиуретан	43,85	0,002	0,0054	0,0055	0,0053	0,0054	0,0043	0,0044	1,2
	отв на ул. Ломоносова 6	TK-1	Наземная, Пенополиуретан	34,39	0,008	0,0179	0,0231	0,0172	0,0224	0,0144	0,0146	1,14
Среднее значение соотношения фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К											1,2	

отв на ул. Ломоносова 6	на Ломоносова 8	Подземная, Пенополиуретан	4,01	0,001	0,0010	0,0011	0,0010	0,0010	0,0006	0,0006	1,63
Среднее значение соотношения фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К											1,3
Среднегодовая нагрузка, Гкал/час											0,331
Нормативные среднегодовые тепловые потери, %											11,2
Фактические среднегодовые тепловые потери, %											15,8

Таблица 10. Результаты тепловых испытаний по определению тепловых потерь в тепловых сетях, присоединенных к Котельной № 5 (г. Арамиль, ул. Красноварская).

Участок сети	Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции	Расход сетевой и подпиточной воды, т/ч		Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Фактические тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Нормативные тепловые потери по участкам (по формуле) (Гкал/ч)	Определение по нормам тепловых потерь, ккал/ч	Сопоставление фактических и определенных по нормам тепловых потерь, К
		Gc	Gn								
котельная №5	TK-1	TK-1	Наземная, Маты минераловатные прошивные марки 100	0,07	0,047	0,0602	0,0556	0,0602	0,0230	0,0275	2,2
	TK-1	TK									