

- обзор, 2007.
2. Энергоэффективность в России: скрытый резерв: - Отчет Международной финансовой корпорации и Мирового банка реконструкции и развития (International Finance Corporation and The International Bank for Reconstruction and Development), 2008.
 3. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.–46.

УДК 621.643

Оценка влияния нештатных условий эксплуатации тепловых сетей на увеличение транспортных тепловых потерь

Г.В. Кузнецов, И.П. Озерова, В.Ю. Половников, Ю.С. Цыганкова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: tsygankovays@nipineft.tomsk.ru

Введение

С 1990-х годов в России интенсивно применяется прогрессивная конструкция прокладки тепловых сетей «труба в трубе» с пенополиуретановой (ППУ) теплоизоляцией [1]. Наряду с ППУ изоляцией все еще применяется устаревший тип изоляции из минеральной ваты (МВ). Именно эти два варианта теплоизоляционных материалов имеют в настоящее время наибольшее распространение.

На практике доказано, что тепловые потери теплопроводов, изолированных ППУ в несколько раз ниже, чем изолированных минеральной ватой [1]. Однако теоретические расчеты, выполненные по методике [2, 3], показывают преимущества ППУ по сравнению с минеральной ватой всего на 20...30% [1]. Это подтверждает только одно – недостаточную точность методики расчета [2, 3]. Значения теплотехнических характеристик теплоизоляционных материалов в конструкциях под воздействием эксплуатационных факторов изменяются во времени и могут значительно отличаться от значений, указанных в ГОСТах. При расчете потерь по действующей методике не учитывается влияние влажности и температуры материала в конструкции, влияние возможной усадки в процессе эксплуатации, фактор старения материала и как следствие его разрушение со временем. Это объясняет несоответствие измеренных и рассчитанных [2, 3] значений потерь.

В связи с этим является актуальной разработка новой методики расчета фактических транспортных потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции, учитывающей реальную конфигурацию и условия эксплуатации на каждом характерном участке трубопровода.

Цель работы – оценить влияние нештатных условий эксплуатации и плохого технического состояния тепловых сетей на изменение теплофизических характеристик наиболее распространенных в настоящее время теплоизоляционных материалов. Рассчитать соответствующее увеличение тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции. Показать возможность ужесточения существующих нормативов потерь тепловой энергии [2] для современных типов тепловой изоляции.

Постановка задачи

В качестве примера рассматривается фрагмент магистральной двухтрубной тепловой сети от источника теплоснабжения до центрального теплового пункта (рис.). Трубопровод проложен под землей в непроходном канале. Условный диаметр трубопроводов $d_p = 400$ мм. Для анализа влияния негативных факторов, возникающих в процессе эксплуатации тепловых сетей, на изменение тепловых потерь рассматривался ряд наиболее типичных [4-7] нештатных режимов работы подземных трубопроводов:

- 1)увлажнение тепловой изоляции (от незначительного до полного);
- 2)отсутствие изоляции на теплопроводе (полное или частичное);
- 3)деформация теплоизоляционного покрытия.

Расчет проведен для двух случаев:

- 1) тепловая изоляция из пенополиуритана, толщиной по [8];
- 2) тепловая изоляции из минеральной ваты, толщиной по [9].

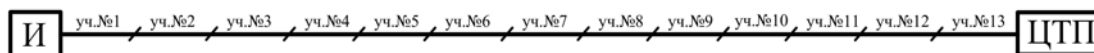


Рис. 1. Фрагмент магистральной тепловой сети: И – источник теплоснабжения, ЦТП – центральный тепловой пункт, уч. № 1–13 – характерные участки тепловой сети с различающимися условиями прокладки или состоянием изоляции.

Расчет тепловых потерь проводился по методике [10] с учетом условий [4-7] в разработанном программном комплексе, который в настоящее время проходит государственную регистрацию. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета фактических потерь тепла

№ уч.	Длина, м	Условия прокладки	Удельные нормативные потери, Вт/м	Удельные фактические потери, Вт/м	
				ППУ	МВ
1	1450	Проектные	110	64.90	109.29
2	25	Отсутствует изоляция	110	467.2	421.24
3	657	Проектные	110	64.83	109.14
4	450	Увлажнение изоляции 40 %	110	113.08	246.04
5	40	Отсутствует 1/2 изоляции	110	103.12	147.26
6	350	Проектные	110	64.78	108.91
7	150	Деформация	110	76.01	125.89
8	790	Проектные	110	64.75	108.82
9	510	Влажный воздух в канале	110	81.38	117.83
10	50	Нет 1/4 изоляции	110	80.04	124.04
11	370	Увлажнение изоляции 100 %	110	166.09	324.05
12	600	Проектные	110	64.65	108.44
13	128	Деформация	110	75.86	125.34
	Общая	Средние потери, Вт/м:	110	114	167
	5570	Общие потери, Вт	612700	444073	767581

Как и следовало ожидать, увлажнение и отсутствие изоляции приводят к наибольшему увеличению тепловых потерь (табл.). Для ППУ удельные тепловые потери в условиях отсутствия изоляции возрастают по сравнению с проектными в 7 раз, для минеральной ваты - в 4 раза. Разница в величине возрастания тепловых потерь для ППУ и минеральной ваты объясняется тем, что термическое сопротивление ППУ изоляции в проектных условиях больше, чем для минеральной ваты.

При полном (100 %) увлажнении изоляции удельные тепловые потери для ППУ изоляции возрастают в 2,5 раза, для минеральной ваты в 3 раза. Величина открытой пористости материала минеральной ваты больше, чем у ППУ ($f_{МВ}=0,73$, $f_{ППУ}=0,1$) [10], поэтому она может вместить в себя больше влаги, значит, увеличить коэффициент эффективной теплопроводности, а значит, увеличить тепловые потери.

Деформация изоляции (уплотнение сверху и провисание снизу) вызывает увеличение удельных тепловых потерь для обоих типов изоляции в среднем в 1,15...1,17 раза.

Наличие влажного воздуха в канале вызывает гарантированное увеличение удельных потерь тепла для ППУ изоляции в 1,25 раза, для минеральной ваты в 1,1 раза. Увлажнение изоляции влажным воздухом в канале ограничено влагонасыщением воздуха ($\phi_{вод}=0,0126$). Допустимая доля воды в воздухе меньше открытой пористости обоих теплоизоляционных материалов, поэтому тепловые потери возрастают примерно на одну величину, но относительно проектных для минеральной ваты потери изменяются меньше, чем для ППУ.

Из табл. можно заметить, что для современной ППУ изоляции проектные потери на 40 % ниже нормативных потерь, поэтому при вводе типичного набора негативных факторов,

осложняющих работу тепловых сетей, увеличение теплопотерь в некоторых случаях не превышает допустимые нормы. Это вызвано тем, что существующие нормативные потери [3] не учитывают различие в теплофизических свойствах материалов теплоизоляции. Для минеральной ваты все закономерно: нормативные потери равны проектным, и при любом нештатном режиме работы фактические потери сразу превышают нормативные (табл.).

В результате, при использовании ППУ изоляции, остается огромный запас (порядка 30...40 %) на возможный рост тепловых потерь в процессе эксплуатации трубопроводов. Рост тепловых потерь, не превосходящий установленные нормы, не отслеживается тепло-сетевыми компаниями.

Из сказанного следует, значительной экономии в системе транспорта теплоэнергии (не менее 30 %) можно достичь, если пересмотреть существующие нормативные потери [3, 4]. Необходимо разделить нормативные потери в зависимости от типа используемого теплоизоляционного материала.

Выводы

Проведено сравнение влияния негативных факторов и нештатных условий эксплуатации трубопроводов на изменение тепловых потерь в действующих тепловых сетях для трубопроводов с тепловой изоляцией из пенополиуритана и минеральной ваты.

Показана возможность теплосбережения при транспортировке теплоносителя за счет разделения нормативных тепловых потерь в зависимости от материала теплоизоляционной конструкции и ужесточения норм потерь тепла для пенополиуритановой изоляции не менее чем на 30 %.

Список литературы:

1. Мунябин Л.И., Арефьев Н.Н. К вопросу о методике расчета тепловых потерь при различных вариантах тепловой изоляции // Новости теплоснабжения.- 2002.-№ 4.- С. 35-38.
2. Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю «тепловые потери», часть 3: РД 153–34.20.523–2003.М.: СПО ОРГРЭС, 2003.–28 с.
3. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях: РД 34.09.255-97.М.: СПО ОРГРЭС, 1988.- 18 с.
4. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Тепловые потери магистральных трубопроводов в условиях полного или частичного затопления // Известия высших учебных заведений: Проблемы энергетики.–2006.–№ 3–4.– С. 3–12.
5. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Численное исследование тепловых режимов теплопроводов в условиях деформации и нарушения целостности слоя тепловой изоляции // Тепловые процессы в технике.–2011. в печати.
6. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Численный анализ потерь тепла магистральными теплопроводами в условиях полного или частичного затопления // Инженерно-физический журнал.– 2008.– т.81,– № 2.– С. 303–311.
7. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Численное моделирование теплового состояния трубопровода в условиях затопления с учетом нестационарности процесса насыщения изоляции влагой // Теплоэнергетика.- 2008.- № 5.-С.60-64.
8. ГОСТ 30732-2006 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007.- 49 с.
9. СП 41–103–2000 Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. М.: Госстрой России.– 2001.–42 с.
10. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для ВУЗов.– М.: Изд. дом МЭИ, 2006.– 472 с.

УДК 621.643

Возможности теплосбережения в системе транспорта тепловой энергии

Г.В. Кузнецов, И.П. Озерова, В.Ю. Половников, Ю.С. Цыганкова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: tsygankovays@nipineft.tomsk.ru

Проведена оценка фактических тепловых потерь в сетях централизованного теплоснабжения с учетом неоднородности теплоизоляции по длине трубопроводов и реальных условий эксплуатации тепловых сетей. Показана возможность теплосбережения в системе транспорта тепловой энергии.