

А.Г. Воеводин
АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО СЕТЯМ СИСТЕМ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Предлагается сравнительный технико-экономический анализ нормативных значений технологических потерь (теплопередачей, с утечкой и на заполнение) теплоносителя при передаче тепловой энергии по двухтрубным водяным сетям теплоснабжения потребителей (отопление и горячее водоснабжение) наиболее распространенных диаметров трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки. Нормативные значения потерь тепловой энергии рассматриваются для трубопроводов, где теплоизоляционные работы выполнялись в следующие периоды: в 1989 году и ранее; 1990-1997 гг.; 1998-2003 гг.; с 2004 г. по настоящее время. Приводятся рекомендации по срокам замены устаревших участков теплоизоляции для снижения эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: теплоснабжение, нормативные значения технологических потерь при передаче тепловой энергии по сетям теплоснабжения, материальная характеристика, эксплуатационные затраты, сравнительный технико-экономический анализ.

Федеральным законом № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» предусматривается широкое внедрение мероприятий по снижению технологических потерь при передаче тепловой энергии по сетям теплоснабжения. Одним из возможных путей решения задачи является повышение (снижение) температуры прямой (обратной) воды до максимально (минимально) возможного значения [1]. Наиболее перспективным вариантом является замена физически и морально устаревшей теплоизоляции и трубопроводной арматуры на современные образцы.

Расчет технологических потерь при передаче тепловой энергии выполняется в соответствии с «Порядком определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя», утвержденный приказом Минэнерго России № 325 от 30 декабря 2008 г. с изменениями, утвержденными приказом Минэнерго России № 377 от 10 августа 2012 г.

При разработке нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии используются значения характеристик по следующим показателям:

- технологические затраты и потери теплоносителей в тепловых сетях;
- технологические затраты и потери тепловой энергии в тепловых сетях.

К эксплуатационным технологическим затратам сетевой воды относятся:

- затраты теплоносителя на заполнение трубопроводов тепловых сетей перед пуском после плановых ремонтов, а также при подключении новых участков тепловых сетей;
- технологические сливы теплоносителя средствами автоматического регулирования тепловой нагрузки и защиты;
- технически обоснованный расход теплоносителя на плановые эксплуатационные испытания.
- к утечке теплоносителя относятся технически неизбежные в процессе передачи и распределения тепловой энергии потери теплоносителя через неплотности в арматуре и

трубопроводах тепловых сетей в пределах, установленных правилами технической эксплуатации сетей.

Нормативные значения годовых потерь теплоносителя с его утечкой $G_{\text{ут.н}}$, м³/год, определяются по формуле:

$$G_{\text{ут.н}} = \frac{a \cdot V_{\text{ср.год}}}{100} \cdot n_{\text{год}} = m_{\text{у.год.н}} \cdot n_{\text{год}}, \quad (1)$$

где a – норма среднегодовой утечки теплоносителя, установленная правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей и правилами технической эксплуатации тепловых энергоустановок в пределах 0,25% среднегодовой емкости трубопроводов тепловой сети в час, м³/ч·м³; $V_{\text{ср.год}}$ – среднегодовая емкость тепловой сети, м³; $n_{\text{год}}$ – продолжительность работы тепловой сети в течение года, ч; $m_{\text{у.год.н}}$ – среднечасовая годовая норма потерь теплоносителя, обусловленных утечкой, м³/ч.

Значение среднегодовой емкости тепловой сети $V_{\text{ср.год}}$, м³, определяется по формуле:

$$V_{\text{ср.год}} = \frac{V_{\text{от}} \cdot n_{\text{от}} + V_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}}}{n_{\text{от}} + n_{\text{л}}} = \frac{V_{\text{от}} \cdot n_{\text{от}} + V_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}}}{n_{\text{год}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{от}}$ и $V_{\text{л}}$ – емкость трубопроводов тепловой сети соответственно в отопительном и неотапливаемом периодах, м³; $n_{\text{от}}$ и $n_{\text{л}}$ – продолжительность функционирования тепловой сети соответственно в отопительном и неотапливаемом (летнем) периодах, ч.

Потери теплоносителя при авариях и других нарушениях нормального режима эксплуатации, а также превышающие нормативные значения показателей, приведенных выше, в утечку не включаются.

Технологические затраты теплоносителя связанные с вводом в эксплуатацию трубопроводов тепловых сетей, как новых так и после планового ремонта или реконструкции, принимаются условно в размере 1,5-кратной емкости тепловой сети, находящейся в ведении организации, осуществляющей передачу тепловой энергии.

Технологические затраты теплоносителя, обусловленные его сливом приборами автоматики и защиты тепловых сетей и систем теплопотребления, определяются конструкцией и технологией обеспечения нормального функционирования этих приборов.

Размеры затрат устанавливаются на основе информации, содержащейся в паспортах или технических условиях на указанные приборы, и уточняются в результате их регулировки. Значения годовых потерь теплоносителя в результате слива из этих приборов $G_{\text{а.н}}$, м³, определяются по формуле:

$$G_{\text{а.н}} = \sum m \cdot N \cdot n, \quad (3)$$

где m – технически обоснованный расход теплоносителя, сливаемого каждым из установленных типов средств автоматики или защиты, м³/ч; N – количество функционирующих средств автоматики и защиты, шт.; n – продолжительность функционирования однотипных средств автоматики и защиты в течение года, ч.

Нормативные значения годовых технологических тепловых потерь с утечкой теплоносителя из трубопроводов тепловых сетей $Q_{\text{у.н}}$, Гкал, определяются по формуле:

$$Q_{\text{у.н}} = m_{\text{у.н.год}} \cdot \rho_{\text{год}} \cdot c \cdot [b \cdot t_{2\text{год}} + (1-b) \cdot t_{2\text{год}} - t_{\text{х.год}}] \cdot n_{\text{год}} \cdot 10^{-6}, \quad (4)$$

где $\rho_{\text{год}}$ – среднегодовая плотность теплоносителя при среднем значении температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, кг/м³; $t_{1\text{год}}$ и $t_{2\text{год}}$ – среднегодовые температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, °С; $t_{\text{х.год}}$ – среднегодовое значение температуры холодной воды, подаваемой на источник теплоснабжения и используемой для подпитки тепловой сети, °С; $c = 1$ – удельная теплоемкость теплоносителя, ккал/

кг·°С; b – доля массового расхода теплоносителя, теряемого трубопроводом (при отсутствии данных принимается равным 0,5).

Среднегодовые значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети определяются как средние из ожидаемых среднемесячных значений температуры теплоносителя по применяемому в системе теплоснабжения графику регулирования тепловой нагрузки, соответствующих ожидаемым среднемесячным значениям температуры наружного воздуха на всем протяжении работы тепловой сети в течение года.

Ожидаемые среднемесячные значения температуры наружного воздуха определяются как средние из соответствующих статистических значений по информации метеорологических станций за последние 5 лет (при отсутствии таковой – в соответствии со СНиП 23-01-94 «Строительная климатология и геофизика» или климатологическим справочником[2]).

Среднегодовое значение температуры холодной воды, подаваемой на источник для подпитки тепловой сети $t_{x,год}$, °С, определяется по формуле:

$$t_{x,год} = \frac{t_{x,от} \cdot n_{от} + t_{x,л} \cdot n_{л}}{n_{от} + n_{л}}, \quad (5)$$

где $t_{x,от}, t_{x,л}$ – значения температуры холодной воды, поступающей на источник теплоснабжения в отопительном и летнем периодах, °С (при отсутствии достоверной информации $t_{x,от} = 5^{\circ}\text{C}$, $t_{x,л} = 15^{\circ}\text{C}$).

Нормативные технологические затраты тепловой энергии на заполнение трубопроводов после проведения планового ремонта и пуск в эксплуатацию новых сетей $Q_{зап}$, Гкал, определяются по формуле с учетом плотности воды, используемой для заполнения:

$$Q_{зап} = 1,5 \cdot V_{тр} \cdot \rho_{зап} \cdot c \cdot (t_{зап} - t_x) \cdot 10^{-6}, \quad (6)$$

где $1,5 \cdot V_{тр}$ – затраты сетевой воды на заполнение трубопроводов и оборудования, находящегося на балансе организации, осуществляющей передачу тепловой энергии, м³; $t_{зап}, t_x$ – соответственно, температуры сетевой воды при заполнении и холодной воды в этот период, °С;

$\rho_{зап}$ – плотность теплоносителя при заполнении трубопроводов тепловой сети, кг/м³.

Нормативные технологические затраты тепловой энергии со сливами из средств авторегулирования и защиты (САРЗ) $Q_{а.н}$, Гкал, определяются по формуле:

$$Q_{а.н} = G_{а.н} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{сл} - t_x) \cdot 10^{-6}, \quad (7)$$

где $G_{а.н}$ – затраты сетевой воды со сливами из САРЗ, определяемые в соответствии с настоящим Положением, м³; $t_{сл}, t_x$ – температура сливаемой сетевой воды, определяемая в зависимости от места установки САРЗ, и температура холодной воды за этот же период, °С; ρ – среднегодовая плотность сетевой воды в подающем или в обратном трубопроводе, в зависимости от точек отбора сетевой воды, используемой в САРЗ, кг/м³.

Нормативные значения эксплуатационных тепловых потерь, обусловленные утечкой теплоносителя, по периодам функционирования тепловой сети $Q_{у.н.от}, Q_{у.н.л}$, Гкал, определяются по формулам:

$$Q_{у.н.от} = Q_{у.н.год} \frac{V_{от} \cdot n_{от}}{V_{год} \cdot n_{год}}; \quad (8)$$

$$Q_{y.n.l} = Q_{y.n.god} \frac{V_l \cdot n_l}{V_{год} \cdot n_{год}}, \quad (9)$$

Нормативные значения эксплуатационных тепловых потерь, обусловленные утечкой теплоносителя, по месяцам в отопительном и неотопительном периодах $Q_{y.n.ot.mec}$, $Q_{y.n.l.mec}$, Гкал, определяются по формулам:

$$Q_{y.n.ot.mec} = Q_{y.n.ot} \frac{(t_{п.мec} + t_{о.мec} - 2t_{х.мec}) \cdot n_{мec}}{(t_{п.ot} + t_{о.ot} - 2t_{х.ot}) \cdot n_{от}}, \quad (10)$$

$$Q_{y.n.l.mec} = Q_{y.n.l} \frac{n_{мec}}{n_l}, \quad (11)$$

где $t_{п.мec}$ и $t_{о.мec}$ – среднемесячные значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, °С; $t_{п.ot}$ и $t_{о.ot}$ – средние значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в отопительный период, °С; $t_{х.мec}$ – среднемесячное значение температуры холодной воды, °С.

Тепловые потери трубопроводами тепловых сетей теплопередачей через изоляционные конструкции зависят от следующих факторов:

- вида теплоизоляционной конструкции и применяемых теплоизоляционных материалов;
- типа прокладки – надземная, подземная в каналах, бесканальная, их соотношения по длине для рассматриваемой тепловой сети;
- температурных режимов и продолжительности функционирования тепловой сети в течение года;
- параметров окружающей среды – значения температуры наружного воздуха, грунта (для подземной прокладки) и характер их изменения в течение года, скорость ветра (для надземной прокладки);
- продолжительности и условий эксплуатации тепловой сети.

Определение нормативных значений часовых тепловых потерь для среднегодовых условий функционирования тепловой сети, сооруженной в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей, производится согласно нормам по формулам:

- для теплопроводов подземной прокладки, по подающим и обратным трубопроводам вместе:

$$Q_{из.н.год}^0 = \sum (q_{из.н} \cdot L \cdot \beta) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ч}, \quad (12)$$

- для теплопроводов надземной прокладки по подающим и обратным трубопроводам раздельно:

$$Q_{из.н.год.п}^0 = \sum (q_{из.н.п} \cdot L \cdot \beta) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ч}, \quad (13)$$

$$Q_{из.н.год.о}^0 = \sum (q_{из.н.о} \cdot L \cdot \beta) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ч}, \quad (14)$$

где $q_{из.н}$, $q_{из.н.о}$, $q_{из.н.п}$ – удельные часовые тепловые потери трубопроводов каждого диаметра, определенные пересчетом табличных значений норм удельных часовых тепловых потерь на среднегодовые условия функционирования тепловой сети, подающих и обратных трубопроводов подземной прокладки – вместе, надземной раздельно, ккал/ч·м; L – длина трубопроводов участка тепловой сети подземной прокладки в двухтрубном исчислении, надземной – в однострубно, м; β – коэффициент местных тепловых потерь, учитывающий потери запорной арматурой, компенсаторами, опорами; принимается 1,2 при диаметре трубопроводов до 150 мм,

1,15 – при диаметре 150 мм и более, а также при всех диаметрах трубопроводов бесканальной прокладки.

Значения нормативных удельных часовых тепловых потерь при среднегодовых значениях разности температуры теплоносителя и окружающей среды (грунта и воздуха), отличающихся от значений, приведенных в таблицах Норм, определяются линейной интерполяцией (экстраполяцией), по формулам:

– для теплопроводов подземной прокладки, подающих и обратных трубопроводов вместе:

$$q_{\text{из.подз}} = q_{\text{из.подз.Т1}} + (q_{\text{из.подз.Т2}} - q_{\text{из.подз.Т1}}) \frac{\Delta t_{\text{год}} - \Delta t_{\text{Т1}}}{\Delta t_{\text{Т2}} - \Delta t_{\text{Т1}}}, \text{ ккал/м}\cdot\text{ч}, \quad (15)$$

где $q_{\text{из.подз.Т1}}$ и $q_{\text{из.подз.Т2}}$ – удельные часовые тепловые потери подающих и обратных трубопроводов каждого диаметра при 2-х смежных табличных значениях (меньшем и большем) среднегодовой разности температур теплоносителя и грунта, ккал/ч·м; $\Delta t_{\text{год}}$ – среднегодовая разность температуры теплоносителя и грунта для рассматриваемой тепловой сети, °С; $\Delta t_{\text{Т1}}$ и $\Delta t_{\text{Т2}}$ – смежные, меньшее и большее, чем для конкретной тепловой сети, табличные значения среднегодовой разности температуры теплоносителя и грунта, °С.

Среднегодовая разность температур теплоносителя и грунта определяется:

$$\Delta t_{\text{ср.год}} = \frac{\Delta t_{\text{п.год}} + \Delta t_{\text{о.год}}}{2} - \Delta t_{\text{ср.год}}, \text{ } ^\circ\text{С}, \quad (16)$$

где $\Delta t_{\text{п.год}}$ и $\Delta t_{\text{о.год}}$ – значения среднегодовой температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах рассматриваемой тепловой сети, °С; $\Delta t_{\text{ср.год}}$ – среднегодовая температура грунта на глубине заложения трубопроводов тепловой сети, °С.

– для теплопроводов надземной прокладки, по подающим и обратным трубопроводам раздельно:

$$q_{\text{из.н.п}} = q_{\text{из.н.п.Т1}} + (q_{\text{из.н.п.Т2}} - q_{\text{из.н.п.Т1}}) \frac{\Delta t_{\text{п.год}} - \Delta t_{\text{п.Т1}}}{\Delta t_{\text{п.Т2}} - \Delta t_{\text{п.Т1}}}, \text{ ккал/ч}\cdot\text{м}, \quad (17)$$

$$q_{\text{из.н.о}} = q_{\text{из.н.о.Т1}} + (q_{\text{из.н.о.Т2}} - q_{\text{из.н.о.Т1}}) \frac{\Delta t_{\text{о.год}} - \Delta t_{\text{о.Т1}}}{\Delta t_{\text{о.Т2}} - \Delta t_{\text{о.Т1}}}, \text{ ккал/ч}\cdot\text{м}, \quad (18)$$

где $q_{\text{из.н.п.Т1}}$ и $q_{\text{из.н.п.Т2}}$ – удельные часовые тепловые потери подающих трубопроводов конкретного диаметра при двух смежных (меньшем и большем табличных значениях) среднегодовой разности значений температуры теплоносителя и наружного воздуха, ккал/ч·м; $q_{\text{из.н.о.Т1}}$ и $q_{\text{из.н.о.Т2}}$ – то же для обратных трубопроводов, ккал/ч·м; $\Delta t_{\text{п.год}}$ и $\Delta t_{\text{о.год}}$ – среднегодовая разность температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети и наружного воздуха, °С; $\Delta t_{\text{п.Т1}}$ и $\Delta t_{\text{п.Т2}}$ – смежные табличные значения (меньшее и большее) среднегодовой разности температуры теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети и наружного воздуха, °С; $\Delta t_{\text{о.Т1}}$ и $\Delta t_{\text{о.Т2}}$ – то же для обратных трубопроводов, °С.

Значения среднегодовой разности температуры $\Delta t_{\text{п.год}}$ и $\Delta t_{\text{о.год}}$ для подающих и обратных трубопроводов определяются как разность соответствующих значений среднегодовой температуры теплоносителя $\Delta t_{\text{п.год}}$ и $\Delta t_{\text{о.год}}$ и среднегодовой температуры наружного воздуха $t_{\text{н.год}}$.

Нормативные значения эксплуатационных тепловых потерь через изоляционные конструкции трубопроводов тепловой сети за соответствующий месяц определяются по выражению:

$$Q_{\text{из.н.мес}} = (Q_{\text{из.н}} + Q_{\text{из.н.п}} + Q_{\text{из.н.о}}) \cdot n, \text{ Гкал}, \quad (19)$$

где $Q_{\text{из.н}}$, $Q_{\text{из.н.п}}$ и $Q_{\text{из.н.о}}$ – нормативные значения эксплуатационных часовых тепловых потерь тепловых сетей подземной прокладки, подающим и обратным трубопроводом вместе, надземной – раздельно, Гкал/ч;

n – продолжительность функционирования тепловой сети в рассматриваемом месяце, ч.

В соответствии с вышеуказанными нормативными документами нормы тепловых потерь по срокам проектирования теплопроводов разделяются на четыре группы:

- спроектированные в период с 1959 по 1989 г. включительно (с максимальными потерями тепловой энергии);
- спроектированные в период с 1990 по 1997 г. включительно;
- спроектированные в период с 1998 по 2003 г. включительно;
- спроектированные в период с 2004 г. по настоящее время включительно (с минимальными потерями тепловой энергии).

В предлагаемой статье приводятся результаты нормативных расчетов потерь тепловой энергии по действующим вышеизложенным методикам для водяных систем отопления с наиболее широко применяемым температурным графиком 95...70 °С и систем горячего водоснабжения (ГВС) с температурами подающего и обратного теплоносителя 65...50 °С для Нижнего Новгорода. Материал тепловой изоляции – минеральная вата, длина участка в двухтрубном исполнении – 1000 м, тип прокладки – надземная и подземная канальная, диаметры прямых участков трубопроводов – Ду 50,100,150,200,250,300,350,500, диаметры обратных участков трубопроводов – для системы отопления аналогичны прямым, для системы ГВС – Ду 32,80,125,150,200,250,300,400 (для соответствующих восьми значений прямых диаметров).

Значения температур грунта, учитываемые расчетами по излагаемой методике при подземной прокладке трубопроводов, принимались в соответствии со справочными материалами [2] для глубины 1,6 м и составляют для сетей отопления (в среднем за отопительный сезон) + 4,0 °С, для сетей ГВС (в среднем за год) +4,5 °С, при этом температура воздуха в канале принималась равной 16,0 °С (опытное значение).

Среднегодовая (и близкая к ней среднесезонная) скорость ветра для Нижнего Новгорода невелика и составляет около 4,0 м/с, поэтому в расчетах потерь трубопроводов надземной прокладки не учитывалась (среднестатистическая продолжительность годового времени наличия ветров со скоростью 8 м/с и более составляет менее 2,0 %).

При иллюстрации значений расчетов по рассматриваемой методике принималась в качестве теплоизоляционного материала минеральная вата (наиболее распространенный в сетях отопления Нижнего Новгорода материал) с коэффициентом теплопроводности 0,040 Вт/(м·К), но в разработанном программном комплексе предусмотрена возможность выбора и другого теплоизоляционного материала (пенополиуретан с коэффициентом теплопроводности 0,035 Вт/(м·К), K-Flex с коэффициентом теплопроводности 0,034 Вт/(м·К), который находит все большее распространение на Нижегородском рынке теплоизоляционных материалов, несмотря на достаточно высокую стоимость, и др. В данной статье не ставилось задачей проводить технико-экономическое сравнение эффективности применения материалов, обычно это зависит от финансовых возможностей собственника сетей.

Материальная характеристика тепловых сетей (m^2) определяется по выражению:

$$M = \sum_{i=1}^N L_i \cdot D_{\text{вн}i} , \quad (20)$$

где N – количество участков трубопроводов сетей

L_i – длина i -го участка трубопровода, м

$D_{\text{вн}i}$ – внешний диаметр i -го участка трубопровода, м.

Отношение значения тепловых потерь к значению материальной характеристики трубопроводов тепловых сетей (Гкал/ m^2), на величину которого обращается особое внимание при утверждении нормативов в Министерстве ЖКХ и ТЭК, определяется из выражения

$$Q_m = \frac{Q}{M} \quad (21)$$

Значения годовых потерь для систем отопления (варианты надземной и подземной прокладки) и ГВС (Гкал/год) в зависимости от года выполнения теплоизоляционных работ для трубопроводов Ду50...500 приведены в таблицах 1,2 и 3,4 соответственно (в скобках указаны значения Q_m).

Таблица 1

Потери тепловой энергии систем отопления надземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	303 (2,7)	447 (2,1)	523 (1,6)	649 (1,5)	767 (1,4)	893 (1,4)	1067 (1,4)	1501 (1,4)
1990-1997	215 (1,9)	305 (1,4)	374 (1,2)	474 (1,1)	566 (1,0)	668 (1,0)	771 (1,0)	1083 (1,0)
1998-2003	173 (1,5)	239 (1,1)	308 (1,0)	394 (0,9)	471 (0,9)	552 (0,9)	654 (0,9)	939 (0,9)
с 2004	173 (1,5)	237 (1,1)	294 (0,9)	379 (0,9)	455 (0,9)	552 (0,9)	651 (0,9)	936 (0,9)

Таблица 2

Потери тепловой энергии систем отопления подземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	319 (2,8)	439 (2,0)	537 (1,7)	658 (1,5)	791 (1,5)	918 (1,4)	1041 (1,4)	1463 (1,4)
1990-1997	156 (1,4)	217 (1,0)	260 (0,8)	335 (0,8)	391 (0,7)	450 (0,7)	530 (0,7)	748 (0,7)
1998-2003	132 (1,2)	191 (0,9)	220 (0,7)	289 (0,7)	348 (0,6)	411 (0,6)	485 (0,6)	712 (0,6)
с 2004	126 (1,1)	173 (0,8)	215 (0,7)	288 (0,7)	341 (0,6)	398 (0,6)	469 (0,6)	675 (0,6)

Таблица 3

Потери тепловой энергии систем ГВС надземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	235 (2,5)	417 (2,1)	502 (1,7)	580 (1,5)	702 (1,4)	824 (1,4)	972 (1,4)	1366 (1,4)
1990-1997	170 (1,8)	279 (1,4)	351 (1,2)	420 (1,1)	516 (1,1)	607 (1,0)	708 (1,0)	976 (1,0)
1998-2003	136 (1,4)	226 (1,2)	292 (1,0)	349 (0,9)	429 (0,9)	508 (0,9)	600 (0,9)	839 (0,9)
с 2004	135 (1,4)	224 (1,1)	278 (1,0)	329 (0,9)	415 (0,9)	500 (0,9)	598 (0,9)	838 (0,9)

Таблица 4

Потери тепловой энергии систем ГВС подземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	296 (3,1)	457 (2,3)	559 (1,9)	647 (1,7)	781 (1,6)	915 (1,5)	1037 (1,5)	1393 (1,5)
1990-1997	157 (1,7)	250 (1,3)	307 (1,0)	354 (0,9)	436 (0,9)	504 (0,8)	577 (0,8)	782 (0,8)
1998-2003	138 (1,5)	213 (1,1)	250 (0,9)	296 (0,8)	372 (0,8)	437 (0,7)	501 (0,7)	699 (0,7)
с 2004	112 (1,2)	181 (0,9)	232 (0,8)	274 (0,7)	348 (0,7)	413 (0,7)	485 (0,7)	689 (0,7)

Результаты расчетов показывают (в таблицах не указаны), что потери тепловой энергии с утечками по сравнению с потерями через тепловую изоляцию невелики (2...3 %), поэтому при оценке необходимости проведения ремонтных работ теплотрасс затратами на замену арматуры пренебрежем, и будем рассматривать лишь стоимость теплоизоляционных мероприятий.

Потери в теплотрассах, изолированных в период 1998-2003 и с 2004 гг., изменяются незначительно, наибольшие потери имеют место в трубопроводах, теплоизолированных в период 1959...1989г. Следует отметить, что речь идет о нормативных значениях, фактические потери, измеряемые во время проведения тепловых испытаний, могут существенно отличаться от приведенных в большую или меньшую стороны.

Для теплоизоляции трубопроводов используем самоклеящиеся рулоны K-Flexair толщиной 25 мм (поставщик – московская фирма «Кватра-Пласт», www.kvatplast.ru, цена 1,133тыс. руб./м²). Для теплоизоляции 1000 м труб Ду 32 потребуется 276,0 м² материала общей стоимостью 313,0 тыс. рублей, Ду 50 – 336,0 м² материала стоимостью 381,0 тыс. рублей, Ду 80 – 436,0 м² материала стоимостью 495,0 тыс. рублей, Ду 100 – 496,0 м² стоимостью 562,0 тыс. рублей, Ду 125 – 590,0 м² материала стоимостью 669,0 тыс. рублей, Ду 150 – 656,0 м² стоимостью 744,0 тыс. рублей, Ду 200 – 845,0 м² стоимостью 957,0 тыс. рублей, Ду 250 – 1014,0 м² стоимостью 1149,0 тыс. рублей, Ду 300 – 1178,0 м² стоимостью

1335,0 тыс. рублей, Ду 350 – 1341,0 м² стоимостью 1519,0 тыс. рублей, Ду 400 – 1495,0 м² стоимостью 1693,0 тыс. рублей, Ду 500 – 1821,0 м² стоимостью 2063,0 тыс. рублей.

Примем среднюю по Нижнему Новгороду стоимость отпуска 1 Гкал тепловой энергии в 2,5 тыс. рублей. В таблицах 5...8 приводятся значения годового выигрыша от замены устаревшей теплоизоляции в натуральном – Гкал и денежном выражениях (в скобках – в тыс. рублей) для рассмотренных систем теплоснабжения (для ГВС – с учетом различных диаметров прямых и обратных участков).

Таблица 5

Выигрыш от замены теплоизоляции систем отопления надземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	130 (325)	210 (525)	229 (573)	270 (675)	312 (780)	341 (853)	416 (1040)	565 (1413)
1990-1997	42 (105)	68 (170)	80 (200)	95 (238)	111 (278)	116 (290)	120 (300)	147 (368)

Таблица 6

Выигрыш от замены теплоизоляции систем отопления подземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	183 (458)	266 (665)	322 (805)	370 (925)	450 (1125)	520 (1300)	572 (1430)	788 (1970)
1990-1997	30 (75)	44 (110)	45 (113)	47 (118)	50 (125)	52 (130)	61 (153)	73 (183)

Таблица 7

Выигрыш от замены теплоизоляции систем ГВС надземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	100 (250)	193 (483)	224 (560)	251 (628)	287 (718)	324 (810)	374 (935)	528 (1320)
1990-1997	35 (88)	55 (138)	73 (183)	91 (228)	101 (253)	107 (268)	110 (275)	138 (345)

Таблица 8

Выигрыш от замены теплоизоляции систем ГВС подземной прокладки

Год	Ду50	Ду100	Ду150	Ду200	Ду250	Ду300	Ду350	Ду500
1959-1989	184 (460)	276 (690)	327 (818)	373 (933)	433 (1083)	502 (1255)	552 (1380)	704 (1760)
1990-1997	45 (113)	69 (173)	75 (188)	80 (200)	88 (220)	91 (228)	92 (230)	93 (233)

Анализ таблиц 5 и 6 показывает, что для систем отопления надземной прокладки срок окупаемости мероприятия по замене теплоизоляции для трубопроводов 1959...1989 г. составляет 2,5...3,0 года, для трубопроводов 1990...1997 г. – 7,2...11,2 года; для систем отопления подземной прокладки срок окупаемости мероприятия по замене теплоизоляции для трубопроводов 1959...1989 г. составляет 1,6...2,0 года, для трубопроводов 1990...1997 г. – 10,2...22,6 года.

Анализ таблиц 7 и 8 показывает, что для систем ГВС надземной прокладки срок окупаемости мероприятия по замене теплоизоляции для трубопроводов 1959...1989 г. составляет 2,2...3,1 года, для трубопроводов 1990...1997 г. – 7,9...10,9 года; для систем ГВС подземной прокладки срок окупаемости мероприятия по замене теплоизоляции для трубопроводов 1959...1989 г. составляет 1,5...2,1 года, для трубопроводов 1990...1997 г. – 6,1...16,1 года.

При расчете срока окупаемости не учитывались дополнительные затраты на проведение работ (изоляция самоклеящаяся) и амортизационные расходы (срок службы изоляции не менее 25 лет).

Таким образом, для систем теплоснабжения экономически целесообразно заменять теплоизоляцию, установленную до 1990 года.

Библиографический список

1. Оптимизация системы теплоснабжения потребителей с индивидуальными регуляторами потребления / А.Г. Воеводин, Н.А. Горинова [Текст] // Промышленная энергетика. 2013. № 6.
2. Швер, Ц.А. Климат Нижнего Новгорода [Текст] / Ц.А. Швер, С.В. Рязанова. – Л.: Гидрометеоздат, 1991.