
Енергетика, контроль та діагностика об'єктів нафтогазового комплексу

УДК 697.343

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

І.Р. Ващишак, С.П. Ващишак, О.М. Карпаш, А.В. Яворський

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 733469

e-mail: feivt@nung.edu.ua

Розглядаються характерні дефекти теплової ізоляції і металу трубопроводів підземних теплових мереж та описано особливості існуючих методів контролю їх технічного стану. Пропонується створення діагностичної моделі підземної теплової мережі, технічних засобів та відповідного нормативного забезпечення для підвищення інформативності контролю стану підземних теплових мереж.

Ключові слова: теплова мережа, трубопровід, дефект, контроль.

Рассматриваются характерные дефекты тепловой изоляции и металла трубопроводов подземных тепловых сетей и описываются особенности существующих методов контроля их технического состояния. Предлагается создание диагностической модели подземной тепловой сети, технических средств и соответствующего нормативного обеспечения с целью повышения достоверности контроля состояния подземных тепловых сетей.

Ключевые слова: тепловая сеть, трубопровод, дефект, контроль.

The characteristic defects of thermal isolation and metal of pipelines of underground thermal networks are examined and the features of existent methods of control of their technical state are described. Creation of diagnostic model of underground thermal network is offered, hardwares and proper normative providing for the increase of authenticity of control of the state of underground thermal networks.

Keywords: thermal network, pipeline, damage, control.

Забезпечення комфортних умов проживання і праці людей населених пунктів України в опалювальний період здійснюється системами теплопостачання, де як теплоносії використовується очищена вода [1]. Подавання теплоносія від котелень до споживачів здійснюється тепловими мережами, загальна протяжність яких по Україні у двотрубному розрахунку становить 35,7 тис. км. [2]. Через те, що загальна зношеність тепломереж становить близько 70%, теплові втрати енергії під час транспортування мережами сягають понад 15%, а втрати води – більше 30%, що значно перевищує нормативний рівень [3]. У цій ситуації держава та споживачі несуть великі збитки, витрачаючи значні кошти на додаткове придбання енергоносіїв і утримання неякісних та ненадійних теплових мереж. Крім того, старі тепломережі вимагають частіших ремонтів і часткової заміни пошкоджених ділянок, що призводить до постійних

відключень споживачів від теплопостачання. Усе це спричиняє додаткові фінансові витрати, які в межах держави становлять десятки мільйонів гривень, і розмір їх постійно зростає.

Контроль технічного стану теплової мережі дає можливість визначити наявність пошкоджень трубопроводів та їх ізоляції [4]. Здебільшого, наслідками пошкодження теплових мереж в процесі експлуатації є руйнування металу трубопроводів як результат внутрішньої і зовнішньої корозії, а також погіршення характеристик теплової та гідроізоляції.

Основними дефектами металу трубопроводів є: тріщина, розрив металу, стоншення стінки внаслідок механічного впливу, дії корозії або розшарування. До дефектів типу розриву металу також відносяться свищі, які виникають у зварних з'єднаннях трубопроводів. Дефектами теплової ізоляції є зволоження ізоляції та часткове або повне її руйнування. Дефекти ме-

талу трубопроводів та теплової ізоляції можуть бути локальними або протяжними.

Для визначення технічного стану підземних теплових мереж в процесі їх експлуатації використовується кілька видів контролю та значна кількість контактних і безконтактних методів [5]. Так, до візуального контролю відносяться методи візуального обстеження та індикаторів корозії. Тепловий контроль здійснюється тепловою аерозйомкою, наземним тепловізійним скануванням, безконтактним, контактним та теплотричним методами. Акустичний контроль проводиться акустично-кореляційним методом та методами акустичної емісії і акустичного відгуку. До електричного виду контролю відноситься метод виносного електроду, а до електромагнітного – георадіолокаційний метод. Магнітний контроль здійснюється методами внутрішньотрубного діагностування та магнітної пам'яті. Контроль проникаючими речовинами, або течієшукання здійснюється люмінесцентним кольоровим методом.

Розглянемо особливості кожного з зазначених методів контролю для визначення стану підземних теплових мереж.

Так, візуальне обстеження поверхні ґрунту над тепломережею [6-8] дає змогу виявляти тільки значні за площею розриви металу трубопроводу, або значних розмірів свищі, крізь які у ґрунт виливається велика кількість теплоносія. Місця пошкодження ізоляції трубопроводів таким методом виявити досить важко. Інформативними параметрами при візуальному огляді є: танення снігу, зволоження ґрунту над тепломережею, вихід теплоносія на поверхню ґрунту. Основною перевагою цього методу є низька вартість, а недоліками – довготривалість досліджень та значна похибка у визначенні місця розташування дефекту.

Метод індикаторів корозії дає змогу через задані проміжки часу аналізувати зміни маси індикаторних пластин, поміщених у діючий трубопровід [9,10]. Інформативними параметрами при цьому є маса та розмір індикаторних пластин, які відображають ступінь стоншення стінок трубопроводу. Пошкодження металу трубопроводів та погіршення стану їхньої теплової ізоляції методом індикаторів корозії виявити неможливо. Перевагами методу є: низька вартість та можливість визначення інтенсивності корозії стінок трубопроводу, а недоліками – необхідність додаткового обладнання для встановлення індикаторів корозії на трубопроводі та довготривалість досліджень.

Теплова аерозйомка здійснюється шляхом аналізу теплової карти об'єкта, яка отримується за допомогою тепловізора, розміщеного на літаку чи гелікоптері, та перетворення температурного розподілу чи інфрачервоного випромінювання у видиме зображення [11]. Інформативними параметрами при цьому є кольорова чи чорно-біла термограма. Теплова аерозйомка дає змогу виявляти розриви металу трубопроводів, місця зволоження та руйнування теплової ізоляції. Перевагами методу є: висока оперативність, можливість одночасного обстеження зна-

чних площ, можливість запису та аналізу даних. До недоліків слід віднести невисоку достовірність отриманих даних, можливість проведення досліджень тільки в нічний пору доби, негативний вплив на результати досліджень температури зовнішнього середовища, високу вартість, відсутність нормативної документації.

Наземне тепловізійне сканування уможливорює аналіз теплової карти об'єкта, яка отримується за допомогою мобільного тепловізора, та перетворення температурного розподілу чи інфрачервоного випромінювання у видиме зображення [12-14]. Інформативними параметрами, як і при тепловій аерозйомці, є кольорова чи чорно-біла термограма. Наземне тепловізійне сканування дає змогу виявляти розриви металу трубопроводів, місця зволоження та руйнування теплової ізоляції. Перевагами методу є оперативність та можливість: точної локалізації місця пошкодження трубопроводів, оцінки якості теплоізоляції трубопроводів, одночасного обстеження значних площ, запису та аналізу отриманих даних. Однак, наземне тепловізійне сканування має певні недоліки, до яких відносяться: висока вартість, негативний вплив на результати досліджень сторонніх джерел тепла та світла і додатної температури зовнішнього середовища, необхідність у постійному підлаштуванні коефіцієнтів випромінювання, можливість проведення обстеження тільки за низької температури навколишнього середовища.

При безконтактному тепловому контролі тепло від підземної тепломережі, яке виділяється на поверхні ґрунту, передається вимірювальному приладу шляхом теплової радіації через проміжне середовище (повітря) [15]. Інформативним параметром при цьому є інфрачервоне випромінювання поверхні ґрунту, перетворене в температуру. Контроль, як правило, здійснюється пірометрами, або інфрачервоними радіометрами з модуляцією оптичного потоку. Перевагами безконтактного теплового контролю є: оперативність, можливість точної локалізації місця пошкодження металу трубопроводів, можливість оцінки якості теплової ізоляції трубопроводів. До недоліків слід віднести: негативний вплив на результати досліджень додатної температури навколишнього середовища та сторонніх джерел тепла і світла, необхідність у постійному підлаштуванні коефіцієнтів випромінювання, можливість проведення тільки за від'ємної зовнішньої температури навколишнього середовища, малу площу контрольованої ділянки.

При контактному тепловому контролі тепло від нагрітої тепломережею поверхні ґрунту передається приладу, який визначає температуру, шляхом безпосереднього контакту з його термочутливими елементами (термоопорами, або термопарами) [15]. Інформативним параметром в цьому випадку є безпосередня зміна температури поверхні ґрунту над тепломережею. Перевагами контактного теплового контролю є можливість локалізації місця пошкодження стінок трубопроводів та можливість оцінки якості їхньої теплової ізоляції. Недоліками методу є:

негативний вплив на результати досліджень додатної температури навколишнього середовища, значна похибка у визначенні місця пошкодження, негативний вплив зовнішніх теплових полів, низька продуктивність.

Теплометричний метод контролю передбачає реєстрацію приладами інфрачервоної техніки температурних розподілів на поверхні ґрунту над тепломережею [16-18]. Інформативними параметрами методу є: зміна розподілів температури ґрунту над тепломережею, зміна щільності теплового випромінювання ґрунту над тепломережею. Теплометричним методом можна виявляти місця розривів металу трубопроводів, зони зволоження та руйнування теплової ізоляції. Перевагами методу є: можливість точної локалізації місця пошкодження трубопроводів тепломережі, можливість оцінки якості теплоізоляції трубопроводів, можливість отримання даних безпосередньо у величинах теплового потоку ($Вт/м^2$). До недоліків можна віднести довготривалість досліджень, негативний вплив на результати досліджень додатної температури навколишнього середовища, негативний вплив зовнішніх теплових полів, відсутність нормативної документації.

Метод акустичної емісії дає змогу виявляти місця тріщин та розриву металу трубопроводів, а також місця потоншення їхніх стінок [19,20]. Інформативним параметром при цьому слугує сигнал акустичної емісії. Перевагою методу є можливість виділяти напружені ділянки трубопроводів. Недоліки контролю шляхом вимірювання акустичної емісії – це швидке затухання сигналу по тілу трубопроводу, необхідність доступу до тіла труби, неможливість перевірки стану теплової ізоляції, довготривалість досліджень.

Метод акустичного відгуку полягає у вимірюванні звукових коливань, які виникають у разі витікання рідкого середовища (теплоносія) крізь дефект у трубопроводі [21]. Інформативним параметром методу є сигнал акустичного відгуку в звуковому діапазоні частот, який приймається мікрофоном зі спеціальним звуководом. Перевагою контролю акустичного відгуку є можливість оперативно визначити місця виникнення поривів у трубопроводах. До недоліків методу слід віднести: негативний вплив на результати досліджень додатної температури зовнішнього середовища, невисоку достовірність отриманих даних, негативний вплив зовнішніх акустичних шумів, неможливість перевірки стану теплової ізоляції трубопроводів.

Акустично-кореляційний метод передбачає реєстрацію сигналів від двох давачів, розміщених на кінцях одного трубопроводу, і розрахунок кореляції спільної для обох давачів частини сигналів, яка і є шумом витоку [22,23]. Шуми епізодичного характеру при цьому не впливають на процес пошуку. В результаті обробки сигналів визначається інформативний параметр - відстань до витоку від одного з давачів. Акустично-кореляційним методом знаходяться місця розриву металу трубопроводу. Перевага методу – це змога визначити місця виникнення

поривів у трубопроводах та місця зі значною корозією стінок. Недоліки - необхідність доступу до тіла труби, необхідність у забезпеченні хорошого акустичного контакту, значна похибка у визначенні місця пошкодження, неможливість перевірки стану теплової ізоляції, довготривалість досліджень.

Метод виносного електроду дає змогу проводити безконтактну реєстрацію зміни сили струму, що протікає ізольованим підземним трубопроводом тепломережі [24]. Таким методом можна визначити місця виникнення поривів у трубопроводах та місця пошкодження суцільності теплової ізоляції. Інформативними параметрами методу є: зміна амплітуди змінного струму, створюваного сигнальним генератором з частотою 1000 Гц, зміна опору між металом трубопроводу і поверхнею землі. Перевагою методу виносного електроду є його висока продуктивність. Недоліками – неможливість контролю трубопроводів каналної прокладки, неможливість контролю трубопроводів з ізольованими ділянками, небезпечно високий рівень напруги, що подається на трубопроводі, негативний вплив на результати досліджень від'ємної температури навколишнього середовища.

Суть георадіолокаційного методу полягає у випромінюванні надширококутних (наносекундних) імпульсів метрового і дециметрового діапазонів електромагнітних хвиль і прийманні сигналів, відбитих від меж розділу шарів зондованого середовища, що мають різні електрофізичні властивості [25]. Інформативним параметром методу є інтенсивність відбитої електромагнітної хвилі в діапазоні частот 50–3000 МГц. Випромінювання і прийом електромагнітних хвиль здійснюється георадарами. За допомогою георадіолокаційного методу можна знаходити місця розривів металу трубопроводів. Переваги методу – дає змогу визначити місця виникнення поривів у трубопроводах та визначити місця наявності ґрунтових вод у зоні знаходження тепломережі. До недоліків слід віднести: досить високу вартість апаратного забезпечення, неможливість перевірки стану теплової ізоляції трубопроводів, малу робочу глибину (для металевих труб до 2 м), відсутність нормативної документації.

Внутрішньотрубне діагностування проводиться спеціально сконструйованими інтелектуальними рухомими поршнями шляхом намагнічування феромагнітного матеріалу труби до насичення і реєстрації потоків розсіювання, що викликані її дефектами [26]. Цим методом можна визначити місця розташування тріщин та розривів металу трубопроводів, а також зони стоншення його стінок. Інформативними параметрами методу є інтенсивність магнітного поля та пройдений поршнем шлях. Перевагою внутрішньотрубного діагностування є можливість виявлення зони з різним ступенем корозії та визначення місця виникнення поривів у трубопроводах. Однак метод має свої недоліки, основними з яких є висока вартість проведення досліджень, необхідність в

Таблиця 1 – Оцінка можливості виявлення дефектів підземних теплових мереж різними методами контролю за п'ятибальною шкалою

| Метод контролю | Вид дефекту тепломережі | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| | Тріщина металу | Розрив металу трубопроводу | Стоншення стінки трубопроводу | Зволоження ізоляції | Руйнування ізоляції |
| Візуальне обстеження | - | 3 | - | - | 2 |
| Із застосуванням індикаторів корозії | - | - | 5 | - | - |
| Теплова аерозйомка | - | 4 | 1 | 2 | 3 |
| Наземне тепловізійне сканування | - | 4 | 1 | 3 | 4 |
| Тепловий безконтактний | - | 4 | - | 1 | 2 |
| Тепловий контактний | - | 5 | 1 | 2 | 3 |
| Теплометричний | - | 4 | 1 | 2 | 3 |
| Акустичної емісії | 4 | 4 | 4 | - | - |
| Акустичного відгуку | - | 4 | - | - | - |
| Акустично-кореляційний | 1 | 4 | - | - | - |
| Виносного електроду | - | 4 | - | 1 | 4 |
| Георадіолокаційний | - | 4 | - | - | 1 |
| Внутрішньотрубне діагностування | 4 | 5 | 5 | - | - |
| Магнітної пам'яті | 4 | 5 | 5 | - | - |
| Люмінесцентний, кольоровий | - | 5 | - | - | - |

наявності камер пуску-приймання поршня, неможливість перевірки стану теплової ізоляції, відсутність нормативної документації на контроль саме трубопроводів теплових мереж.

Метод магнітної пам'яті дає змогу виявляти локальні зміщення поля, які створюються дефектами в намагніченому феромагнетикі [27]. Цим методом можна виявити місця розривів і тріщин металу трубопроводів та місця стоншення їхніх стінок. Інформативними параметрами методу магнітної пам'яті є зміни форми та інтенсивності магнітного поля. До переваг методу слід віднести можливість не тільки реєструвати наявність дефектів, але і визначати їх геометричні розміри, форму, орієнтацію і взаємне розташування, а також можливість виявляти корозійні, термічні і втомні тріщини, виразки, шлакові і газові включення, непровари зварних швів. Серйозним недоліком методу є необхідність вирізування технологічних вікон у підземному трубопроводі з припиненням транспортування теплоносія.

Люмінесцентний кольоровий метод уможливає виявлення місця витoku теплоносія з трубопроводу шляхом додавання до нього кольорового барвника [28 визначення місця розриву металу трубопроводів підземних теплових мереж. Інформативним параметром методу є кольорове забарвлення (контраст кольорів) в місці витoku теплоносія з трубопроводу. До недоліків люмінесцентного кольорового методу слід віднести необхідність шурфування тепломережі, оскільки кольорове забарвлення від

витoku теплоносія на поверхні ґрунту може проявлятися не чітко, та можливість застосування тільки в тепломережах закритого типу.

Як видно з вищенаведеного, у кожного методу контролю є свої особливості, що іноді перешкоджають однозначному ідентифікуванню виду пошкодження, тому після аналізу нормативної технічної документації та реальних даних про пошкодження підземних теплових мереж м. Івано-Франківська та м. Калуша авторами складено таблицю можливості виявлення дефектів різними методами контролю за п'ятибальною шкалою (табл. 1).

Як бачимо, на даний час не існує універсального методу контролю стану трубопроводів підземних теплових мереж, який би давав змогу однозначно виявляти усі їх дефекти, а значна частина інформативних параметрів контролюється шляхом прямого доступу до об'єкта. При цьому потрібно використовувати велику кількість різноманітного обладнання, здійснювати шурфування трубопроводу, або приєднуватись до нього у теплових камерах чи на теплопунктах. Це дуже ускладнює і здорожчує контроль та суттєво збільшує час на його проведення.

Аналіз існуючої нормативної документації свідчить, що для контролю теплових мереж, які здаються в експлуатацію, наведено значну кількість методів [6, 7]. Однак, для тепломереж, що перебувають в процесі експлуатації, у наведених документах та іншій нормативній документації відсутні описи технологій проведення контролю на основі комплексного використан-

ня сучасних безконтактних методів, а застосування описаних технологій має рекомендаційний характер. У більшості документів не визначено граничних значень параметрів технічного стану теплової мережі для визначення його виду (справна/несправна, працездатна/непрацездатна). Крім того, на даний час не існує належного методичного забезпечення робіт з контролю стану теплових мереж.

Проблема зношеності підземних теплових мереж постає не тільки перед Україною, вона присутня в більшості країн СНД. Однак, наприклад, в Росії питанням методичного забезпечення контролю мереж теплопостачання приділено значно більше уваги [29-45]. У цих нормативних документах описано не тільки будову та специфіку експлуатації тепломереж, але рекомендовано методи і технології проведення їхнього контролю.

Виходячи проведеного аналізу, на нашу думку, для вирішення існуючої проблеми контролю технічного стану теплових мереж необхідно:

– створити діагностичну модель підземної теплової мережі для оцінки ступеня небезпечності дефектів, яка базуватиметься на найбільш прийнятних для практики методах контролю. Дана модель завдяки чітким діагностичним критеріям дасть змогу визначити на практиці ділянки теплових мереж, що перебувають у задовільному стані, обґрунтувати необхідність переукладання ділянки теплової мережі і знаходити пошкоджені ділянки;

– розробити технічні засоби, які б давали змогу проводити контроль фактичного стану трубопроводів теплових мереж з високим ступенем достовірності;

– розробити відповідне нормативне забезпечення для проведення обстеження теплових мереж інструментальними методами.

Література

1 Закон України «Про теплопостачання» від 2 червня 2005 р. № 2633-IV / Верховна Рада – Відомості Верховної Ради (ВВР), 2005, N 28. – С.373-391.

2 Євтухова Т.О. Сучасний стан комунальної енергетики України / Т.О.Євтухова, А.І. Сімборський // Проблеми загальної енергетики. – 2008. – №17. – С. 31-36.

3 Методические указания по определению тепловых потерь в тепловых сетях: МУ 34-70-080-84. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.

4 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення: ДСТУ 2389-94. – [Чинний від 1995-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1999.

5 Контроль неруйнівний. Терміни та визначення: ДСТУ 2865-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1999.

6 Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води: НПАОП 0.00-1.11-98 – [Чинний від 2007-10-01]. – Комітет з нагляду за охороною праці України М-ва

праці та соц. політики України: із змінами від 2007-10-01. – Х.: Видавництво «Індустрія», Основа, 2008. – 128 с.

7 Правила технічної експлуатації систем теплопостачання комунальної енергетики України затверджені Наказом Державного комітету з питань комунального господарства № 234 від 29.12.2004 р.

8 Правила обстежень, оцінки технічного стану, паспортизації та проведення планово-попереджувальних ремонтів теплових мереж і споруд до них, затверджені Наказом Державним комітетом будівництва, архітектури та житлової політики України № 123 від 09.06.1998 р.

9 Самойлов Е.В. Диагностика как элемент коррозионного мониторинга трубопроводов тепловых сетей / Е.В. Самойлов // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 4 (20). – С. 29–34.

10 Соколов Я.О. Теплофикация и тепловые сети / Я.О. Соколов. – М.: Изд-во МЭИ, 2006. – 472 с.

11 Gregory R Stockton. How aerial IR can be used as a NDT Tool for Asset Management. – IV Conferencia Panamericana de END Buenos Aires, Octubre 2007.

12 Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций: ГОСТ 26629-85 – [Введен от 1986-07-01].

13 Безпрозваний А. Діагностика теплотрас: досвід і перспективи вдосконалення / А.Безпрозваний // Київенерго сьогодні. – 2006. – № 117.

14 Иванов В.В. О тепловом методе неразрушающего контроля подземных теплотрасс / В.В. Иванов, Н.В. Букаров, В.В. Василенко, Д.В. Малахов // Новости теплоснабжения. – 2004. – № 03. – С. 28-31.

15 Тимошкин А.С. Приборы для определения состояния и мест повреждений трубопроводов тепловых сетей / А.С.Тимошкин // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 2.

16 Воробйов Л.І. Прилади контролю теплового стану тепломереж / Л.І. Воробйов, Л.В. Декуша, П.І. Трикоз // Матеріали Київської міської наук.-практ. конф. «Промисловості міста – інноваційний шлях розвитку». – К.: ТОВ «ДІА», 2002. – С. 230-235.

17 Трикоз П.І. Метод тепловой комбинированной диагностики тепловых сетей / П.И Трикоз, Т.Г. Грищенко, Т.В. Менделеева // Институт технической теплофизики НАН Украины. Промышленная теплотехника – 2003. – С. 485-487.

18 Трикоз П.І. Теплометрические приборы для неразрушающего контроля подземных теплопроводов / П.И. Трикоз, Т.В. Менделеева // Промышленная теплотехника. – № 6. – 2001. – С. 154-158.

19 Самойлов Е.В. Достоверность акустической диагностики трубопроводов тепловых сетей / Е.В. Самойлов // Новости теплоснабжения. – № 2, – 2005. – С. 47-52.

20 Крылов Д.Н. Акустическая диагностика (томография) тепловых сетей. Приборы и программное обеспечение / Д.Н. Крылов // Новости теплоснабжения. – 2008. – № 2.

- 21 Шакурзянов Х.С. Опыт эксплуатации диагностического комплекта «Вектор -2001» в ОАО «Теплоэнерго» г. Кемерово / Х.С. Шакурзянов, Ю.Д.Власенко, Н.М. Бологов // *Новости теплоснабжения*. – 2003. – № 12.
- 22 Самойлов Е.В. Эффективность применения корреляционных теческательей для определения мест утечек из трубопроводов теплоснабжения / Е.В. Самойлов, Ю.И. Тужилкин // *Новости теплоснабжения*. – № 7. – 2001. – С. 24–27.
- 23 Гранкин И.В. Опыт применения метода акустической диагностики трубопроводов тепловых сетей / И.В. Гранкин, Д.Б. Домрачев // *Новости теплоснабжения*. – № 2. – 2008. – С. 42-48.
- 24 Синавчиан С.Н. Исследование возможности поиска мест повреждения изоляции теплопроводов канальной прокладки методом выносного электрода / С.Н.Синавчиан, С.Е. Теленков // *Новости теплоснабжения*. – 2003. – №6.
- 25 Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. Гринева А. Ю. – М.: Радиотехника, 2005. – 416 с.
- 26 Абакумов А.А. Магнитные интроскопы для диагностики трубопроводов тепловых сетей / А.А. Абакумов, А.А. Абакумов (мл.), Е.А. Касатов // *Новости теплоснабжения*. – 2003. – №10. – С. 41-43.
- 27 Диагностика состояния трубопроводов тепловых сетей // Сборник Труды конференции «Тепловые сети. Современные решения», НП «Российское теплоснабжение». – 2005.
- 28 Дубсон М.И. Методы и способы контроля за техническим состоянием и эксплуатацией тепловых сетей и эффективной работой ИТП на опыте предприятия «Ригас Силтумс» / М.И.Дубсон // *Новости теплоснабжения*. – № 4. – 2008.
- 29 Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии: РД 153-34.0-20.518-2003 – [Действует от 2003-02-05]. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
30. Типовая инструкция по периодическому техническому освидетельствованию трубопроводов тепловых сетей в процессе эксплуатации: РД 153-34.0-20.522-99 – [Действует от 2000-02-01]. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
- 31 Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии по показателям "разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах" и "удельный расход электроэнергии". Часть 1: СО 153-34.20.523-2003 – [Действует от 2003-06-30].
- 32 Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю "удельный расход сетевой воды". Часть 2: СО 153-34.20.523-2003 – [Действует от 2003-06-30].
- 33 Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии по показателю "тепловые потери". Часть 3: СО 153-34.20.523-2003 – [Действует от 2003-06-30].
- 34 Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю "потери сетевой воды": СО 153-34.20.523-2003 – [Действует от 2003-06-30].
- 35 Методические рекомендации по техническому диагностированию трубопроводов тепловых сетей с использованием акустического метода: РД 153-34.0-20.673-2005 – [Действует от 2005-08-25]. – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2006.
- 36 Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на максимальную температуру теплоносителя: РД 153-34.1-20.329-2001 – [Действует от 2001-08-01]. – М.: СПО ОРГРЭС, 2001.
- 37 Методические указания по проведению испытаний источников тепловой энергии и тепловых сетей в системах централизованного теплоснабжения при нестационарных гидравлических режимах их работы: РД 153-34.1-20.365-98 – [Действует от 2000-06-01]. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
- 38 Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери без нарушения режимов эксплуатации: РД 153-34.1-20.526-00 – [Действует от 2001-01-01]. – М.: АООТ "ВТИ", 2002.
- 39 Рекомендации и пример расчета энергетической характеристики водяных тепловых сетей по показателю "тепловые потери": РД 153-34.1-20.597-2001 – [Действует от 2001-12-01]. – М.: СПО ОРГРЭС, 2001.
- 40 Типовая инструкция по защите тепловых сетей от наружной коррозии: РД 153-34.0-20.518-2003 – [Действует от 2003-02-05]. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
- 41 Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери: РД 34.20.519-97 – [Действует от 1998-01-01]. – М.: СПО ОРГРЭС, 1998.
- 42 Трубопроводы тепловых сетей. Защита от коррозии. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования: СТО 17330282.27.060.002-2008 – [Действует от 2008-05-30]. – М.: ОАО РАО "ЕЭС России", 2008.
- 43 Методические рекомендации по техническому освидетельствованию трубопроводов тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения – [Действует от 2003-08-12]. – М.: ЗАО "Роскоммунэнерго", 2003.
- 44 Тепловые сети: СНиП 3.05.03-85 – [Действует от 1986-07-01]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
- 45 Тепловые сети: СНиП 41-02-2003 – [Действует от 2003-09-01]. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

Стаття надійшла до редакційної колегії
05.11.10

Рекомендована до друку професором
З.П. Лютаком