

УДК 697.34

О.В. ГЕРАСИМЧУК, канд. техн. наук, В.П. ГОНЗУЛЬ, старший викладач,
О.І. КОВАЛЕЦЬ, магістр, М.О. НАУМОВА, студентка,
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ПРИ ОБГРУНТУВАННІ РОБОТИ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

У роботі розглянуто питання можливості підвищення надійності роботи системи теплопостачання за трьома основними методами: підвищенням надійності окремих елементів системи; застосуванням технічно обгрунтованого режиму роботи системи в цілому або її окремих ділянок; резервуванням елементів системи. Не зважаючи на актуальність і важливість вказаної проблеми на теперішній час не існує єдиної методики визначення надійності теплових мереж, а підходи до класифікації показників надійності відрізняються один від одного. В той же час, надійність будь якої мережі теплопостачання в значній мірі залежить від якості виконання робіт ще на стадії проектування. І в цьому плані, важливу роль може відіграти застосування сучасних програмних комплексів, які дозволяють моделювати роботу системи з урахуванням багатьох заданих чинників, які впливають на її безвідмовну роботу. Одним з таких програмних комплексів є програма «СТАРТ», яка знайшла своє застосування в ДП «Кривбаспроект». Зважаючи на те, що при ручних розрахунках, параметри системи визначались на окремих ділянках і не враховувалась робота системи в цілому, застосування чинного і подібних до нього програмних комплексів може стати обов'язковою умовою при проектуванні теплових мереж з вищим рівнем надійності.

Ключові слова: системи теплопостачання, трубопроводи, проектування, надійність, методика, програмний комплекс.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Основне призначення будь-якої системи теплопостачання полягає в забезпеченні споживачів необхідною кількістю теплоти потрібної якості; не допускати ситуацій, небезпечних для людей та зовнішнього середовища. В залежності від розташування джерела теплоти по відношенню до споживачів, системи теплопостачання поділяють на децентралізовані і централізовані. В залежності від ступеня централізації системи централізованого теплопостачання часто ділять на наступні чотири групи: *групове* - теплопостачання від одного джерела групи будівель; *районне* - теплопостачання від одного джерела декількох груп будівель (району); *міське* - теплопостачання від одного джерела декількох районів; *міжміське* - теплопостачання від одного джерела декількох міст. Централізовані системи є більш вразливими з огляду на рівень надійності порівняно з децентралізованими. Підвищення надійності системи теплопостачання повинно бути забезпечено за трьома основними методами: підвищенням надійності окремих елементів системи; застосуванням технічно обгрунтованого режиму роботи системи в цілому або її окремих ділянок; резервуванням елементів системи.

Відомо, що в зимовий опалювальний період, особливо при значному зниженні температури навколишнього середовища, температура і тиск у мережах досягають максимальних значень, тому ймовірність аварійних ситуацій збільшується. В результаті будинки, або навіть цілий квартал чи район (у разі розриву магістралі) залишаються без тепла. Особливо небезпечними є довготривалі постійні витоки, що призводять до розмиву ґрунту під дорожнім покриттям і раптового утворення провальних воронки, в які нерідко провалюється техніка або навіть гинуть люди [1].

Аналіз досліджень та публікацій. Залежно від виду методів, заходи, що гарантують високу надійність теплопостачання поділяють на два типи: пасивний та активний.

До пасивних заходів належать: контроль за випуском якісного обладнання, матеріалів, деталей систем; застосування технічно обгрунтованого режиму роботи системи в цілому або її окремих ділянок, що можливе вже на стадії проектування [2]; резервуванням елементів системи (можливе резервування вразливих, або надважливих ділянок, котелень, насосних станцій); підвищення надійності окремих елементів системи; вибір схеми, яка навіть під час виходу її частини зі строю гарантуватиме безперебійне постачання теплової енергії (схеми можуть бути закріплені або тупикові).

До активних заходів належать: об'єктивна оцінка можливих ризиків; підготовка аварійних планів; освіта працівників; якісне обслуговування елементів системи; постійний моніторинг

можливих пошкоджень; техніка безпеки на всіх етапах; захист обладнання системи від неприпустимих змін тиску в перехідних і після аварійних гідравлічних режимах; вчасний ремонт, заміна елементів трубопроводів та ін.

Постановка задачі. Велика протяжність мереж, особливості їх функціонування та експлуатації сприяють застосуванню високопродуктивних методів контролю їх стану. Основне завдання при цьому не зводиться до виявлення тільки аварійних ділянок. Як правило, у разі розриву теплотраси, такі місця досить швидко виявляються системами параметричного контролю і швидко локалізуються з подальшим прийманням відповідних заходів. Набагато важливіше прогнозувати розвиток аварійних ситуацій з тим, щоб попередити важкі, а іноді й трагічні наслідки. Так як робота теплопроводів залежить від багатьох чинників – необхідно вживати заходи, що гарантують високу надійність систем теплопостачання.

Викладення матеріалу та результати. У випадку відмови будь-якого елемента системи теплопостачання виникають невірноважені гідравлічні процеси [3,4]. Як показує досвід експлуатації, такі процеси супроводжуються виникненням тисків, що не допустимі за умовами міцності елементів системи теплопостачання (джерела тепла, теплових мереж, теплоспоживаючих установок).

Невірноважений гідравлічний режим, що визначає перехід гідравлічної системи з одного стаціонарного стану в інший (наприклад після аварійного режиму) називається перехідним гідравлічним режимом [5]. Перехідні гідравлічні режими можуть мати характер гідравлічного удару або квазістаціонарного режиму. Це залежить від інерційних властивостей трубопровідної системи і характеристик збурюючого впливу. Гідравлічні удари характеризуються істотними значеннями миттєвих тисків і викликаються, як правило, аварійним відключенням (включенням) під навантаженням мережевих і перекачувальних насосних агрегатів, несанкціонованим закриттям (відкриттям) запірно-регулюючої арматури, миттєвими розривами теплопроводів, які зумовлюють зниження тиску в окремих точках системи теплопостачання до тиску скипання. Квазістаціонарні режими мають монотонний характер і викликаються тривалими збуреннями, наприклад, плановим закриттям головних засувок при відключенні магістралей. У цих режимах небезпеку, як правило, може викликати кінцевий тиск.

Для обладнання системи теплопостачання становить небезпеку й різке зниження тиску (до тиску скипання теплоносія) і можливість виникнення подальшої нестаціонарної (швидкої) конденсації, що супроводжується значним локальним збільшенням тиску.

Найбільш часто зустрічаються аварійні ситуації такого роду - це кипіння теплоносія за водогрійними котлами джерел тепла при відключенні мережевих насосів і подальша нестаціонарна конденсація (конденсаційні удари) при повторному пуску мережевих насосів або включення резервного насоса. При цьому можливого руйнуванні виникає опіковий травматизм персоналу. До того ж, істотну небезпеку становить зниження тиску в перехідних гідравлічних режимах на всмоктувальних патрубках мережевих насосів до тиску кавітації. Для захисту обладнання систем теплопостачання розроблені і використовуються різні протиударні пристрої та заходи. Найбільше застосування знайшли швидкодіючі скидні пристрої: гідрозатвори-переливи, швидкодіючі скидні клапани, мембрано-запобіжні пристрої.

Вибір захисних пристроїв та заходів в системах теплопостачання необхідно здійснювати на основі розрахункових даних та (або) експериментальних досліджень перехідних гідравлічних режимів, які найчастіше зустрічаються в практиці експлуатації збурюваннях, викликаних відмовами в роботі обладнання систем централізованого теплопостачання.

Згідно з [6] до систем теплопостачання ставляться вимоги щодо надійності функціонування, безпечної експлуатації, екології, енергозбереження тощо.

Надійність - це збереження необхідних якостей елементом або системою у часі [7]. При нормальній експлуатації систем теплопостачання в них має місце повільна зміна параметрів гідравлічних режимів. Наявність в системі теплопостачання великої кількості насосного обладнання, запірно-регулюючої арматури магістральних теплових мереж неминуче супроводжується зростанням верогідності відмови того чи іншого елемента системи [8-15].

Значна витрата теплофікаційної води, високі температури (70-150°C) і тиск (1,5-106 Па) роблять витoki одним з найбільш інтенсивних джерел впливу на навколишнє середовище. Це проявляється в різних видах: тепловому - зміна теплового режиму підземних вод, ґрунтів, верхньої частини ґрунтів; механічному - внаслідок розмивання ґрунтів, які контактують з теп-

лопроводом. При цьому утворюються провальні воронки (техногенна суффозія); хімічному - розчинення карсту порід, зміна хімічного складу підземних вод; гідродинамічному - зміна рівня ґрунтових вод. Важливою частиною якісного обслуговування є періодичний моніторинг стану, в якому знаходяться елементи системи теплопостачання [6,12]. Одним з дистанційних методів, який успішно застосовується для діагностики стану теплових мереж з 1992 року, є теплова інфрачервона аерозйомка (ТІКАС). Методика зйомки розроблена в ДНВП "Аерогеофізика"[1]. Основними перевагами теплової аерозйомки є висока оперативність і продуктивність, що дозволяє за порівняно короткий час обстежити значні просторово протяжні ділянки.

Не зважаючи на актуальність і важливість вказаної проблеми на теперішній час не існує єдиної методики визначення надійності теплових мереж, а підходи до класифікації показників надійності відрізняються один від одного. Одним з таких програмних комплексів є програма «СТАРТ», яка знайшла своє застосування в ДП «ДП «Кривбаспроект». Програмна система «СТАРТ» (рис. 1) призначена для розрахунку міцності і жорсткості трубопроводів при *статичному і циклічному навантаженні*.

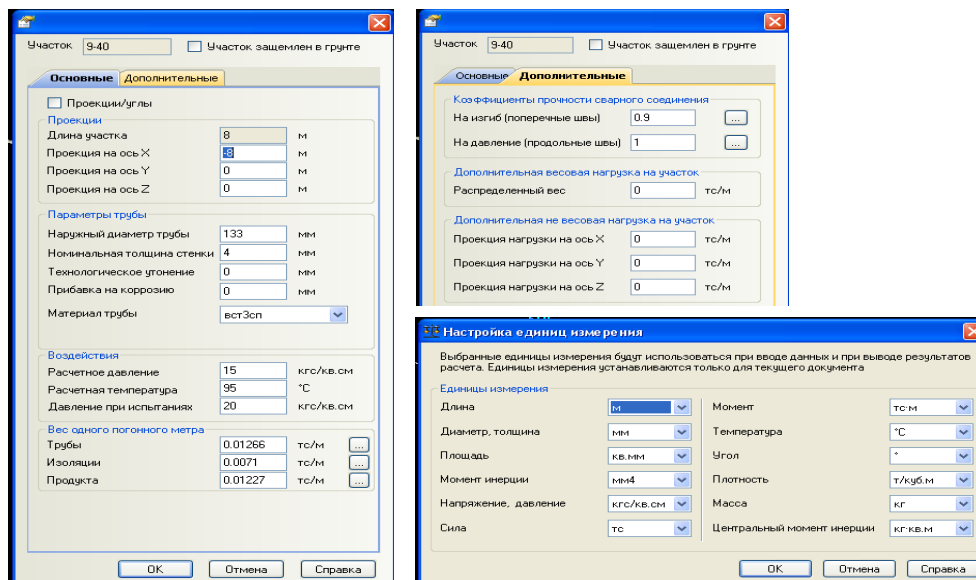


Рис. 1. Інтерфейс програми «СТАРТ» для вводу вихідних даних

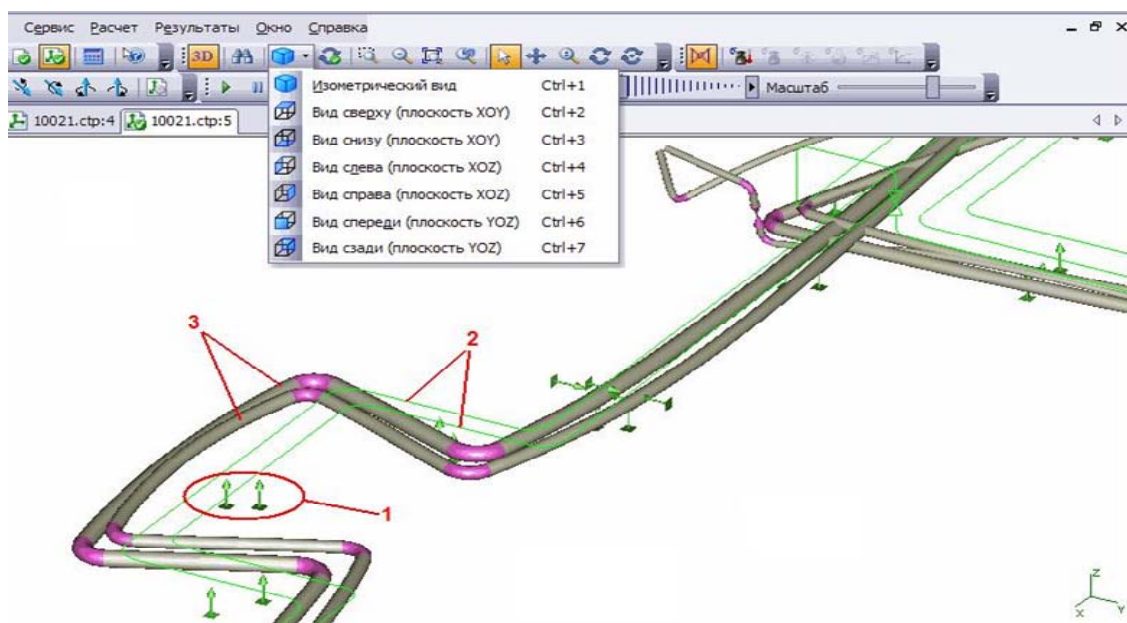


Рис. 2. Графічне відображення результатів розрахунку:

1 - ковзані опори; 2 - монтажний вигляд трубопроводу; 3 - деформований трубопровід в побочому стані

За програмою розраховуються як самокомпенсуючі трубопроводи, в яких компенсація температурних розширень забезпечується гнучкістю самої трубопровідної траси, так і трубопроводи зі спеціальними компенсуючими пристроями, виконаними у вигляді хвилястих, лінзових або сальникових компенсаторів (рис. 2).

Вхідними параметрами є: температури монтажу, зовнішнього середовища, теплоносія, його густина; тиск всередині теплопроводу, матеріал з якого його виготовляють, діаметр і товщина стінок; вид і параметри теплоізоляції. Ця програма, після вводу параметрів дозволяє моделювати роботу системи не тільки на окремих ділянках, а й на всій її протяжності.

За її допомогою можна легко спрогнозувати роботу системи в залежності від зміни таких параметрів, як температура теплоносія, температура зовнішнього середовища, тиск всередині системи, вітрові та снігові навантаження тощо.

При цьому, програмою виконується перевірка на міцність окремих елементів теплової мережі, визначаються навантаження на опори, візуалізуються переміщення компенсаторів, вузлів системи з наведенням числових значень відносно всієї координат, виділяються найбільш навантажені та критичні ділянки.

Висновки. Зважаючи на те, що при розрахунках вручну параметри системи теплопостачання визначались на окремих ділянках і не враховувалась робота системи в цілому, застосування даного і подібних до нього програмних комплексів може стати обов'язковою умовою при проектуванні теплових мереж з вищим рівнем надійності.

Список літератури

1. Экономическая эффективность тепловой инфракрасной аэросъемки. Доклад на третьем международном специализированном научно-практическом семинаре "Современные компьютерные технологии в эксплуатации систем теплоснабжения". Интернет-сайт АО «ГНПП Аэрогеофизика». <http://aerogeo.ru/>
2. Heat supply reliability. Heat supply reliability is an important issue for district heating companies (News from DBDH 2/2006). <http://www.veks.dk/en/>
3. Надёжность и энергоэффективность тепловых сетей. Вопросы комплексной защиты оборудования систем теплоснабжения при переходных гидравлических режимах. Журнал «Новости теплоснабжения» №06, 2004 г.; <http://www.nts.ru>
4. **Малявіна О. М.** Статистичне моделювання показників надійності теплопроводів і трубопроводів гарячого водопостачання теплових мереж // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – №12(82). – С.48-54.
5. **ДБН В.2.5-39:2008** Теплові мережі. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди: [Чинні з 2009-07-01]. Офіц. вид. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009. - 56 с.
6. **Ионин А. А.** Надёжность систем тепловых сетей / А. А. Ионин – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.
7. **Малявіна О.М.** Класифікація, аналіз і вибір показників надійності теплових мереж [Текст] / О.М. Малявіна // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2014. Вып. 1(119). – С. 18–26.
8. **Родичев Л.В., Каримов З.Ф., Пакшин А.В.** Эффективность применения двухтрубных бесканальных теплопроводов с изоляцией из пенополиуретана // Промышленная энергетика. – 1997. – №12. – С.12-16.
9. **Минич Э.П., Кнотько П.Н.** О повреждаемости тепловых сетей и резервировании источников для тепловых потребителей первой категории // Промышленная энергетика. – 1980. – №5. – С.42-43.
10. **Гришкова А.В., Красовский Б.М., Романова Т.Н. Белоглазова Т.Н.** Надёжность систем теплоснабжения с учетом современных требований к теплотехническим характеристикам здания // Известия вузов «Строительство». – 2001. – №5. – С.73-76.
11. **Умеркин Г.Х., Дроздов С.А., Гончаров А.М., Демиденко Н.Н.** Определение остаточного ресурса тепловых сетей по статистическим данным об авариях // Новости теплоснабжения. – 2007. – №11. – С.42-46.
12. **Лобко О.М.** Методика анализа повреждаемости трубопроводов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.93. – К.: Техніка, 2010. – С.321-324.
13. **Плавич А.Ю.** Оценка и обеспечение уровня надежности водяных тепловых сетей: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М.: РГБ, 2005. – 17 с.
14. **Лобко О.М.** Методика вибору шагу експлуатації теплопроводів при дослідженні їх пошкоджуваності // Науковий вісник будівництва. Вып.58. – Харків: ХДТУБА, 2010. – С.196-202.
15. **Сазонов Э.В., Кононова М.С.** К вопросу диагностирования состояния инженерных систем // Известия вузов. – 1999. – №6. – С.93-96.

Рукопис подано до редакції 06.04.16