

Ю.В. ПАРФЕНЕНКО, аспірант СумДУ (м. Суми)

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Стаття присвячена застосуванню інформаційних технологій при моделюванні мереж теплопостачання. Розроблена узагальнена інформаційна модель топології мережі теплопостачання, що базується на теорії графів. Описано метод упорядкування вихідної матриці інцидентцій. Запропонований метод дозволяє залишити в матриці інцидентцій лише інформацію, необхідну для моделювання топології мережі. Іл.: 1. Бібліогр.: 10.

Ключові слова: інформаційна модель, матриця інцидентцій, теплопостачання, топологія мережі, теорія графів.

Постановка проблеми. Система централізованого теплопостачання міста являє собою технічний комплекс установок, що генерують, розподіляють та споживають тепло [1]. Його особливістю є наявність взаємодії усіх складових з урахуванням прив'язки до місцевості, тому при моделюванні роботи мережі перш за все постає задача коректного представлення інформаційної моделі топології трубопровідної мережі, в якій виконується поточкорозподіл теплоносія.

Вирішення питань щодо раціонального використання енергетичних ресурсів при забезпеченні теплом населення неможливе без інтеграції усіх показників роботи системи теплопостачання міста в єдину інформаційну систему, на роль якої краще за все підходить ГІС, тому що в ній знаходиться актуальна та повна інформація. Особливістю застосування геоінформаційних технологій є постійне оновлення даних, при цьому інформація про топологію гідравлічної мережі не задовільняє вимогам класичного підходу до моделювання поточкорозподілу, який потребує упорядкованого опису топології мережі. У зв'язку з цим актуальною є розробка інформаційної моделі, яка дозволяє оперативно змінювати інформацію та постачати програмні засоби розрахунку поточкорозподілу вихідними даними необхідної структури.

Аналіз літератури. Проблемам моделювання мереж теплопостачання присвячені роботи вчених А.П. Меренкова [2], Ю.Н. Харитонова [3], Д.С. Саричева [4], Є.Б. Артамонова [5], Л.С. Попиріна [1], А.Г. Євдокимова [6] та ін.

Аналіз даних робіт показав, що в якості інструмента при моделюванні мереж теплопостачання використовується теорія графів. Це пов'язано перш за все з тим, що таким чином зручно описувати розташування об'єктів на площині та зв'язки між ними. Питанням практичного використання теорії графів присвячені роботи О. Оре, В.А. Євстігнєєва, В.Є. Алексєєва, В.Н. Касянова [7 – 10]. Однак у цих роботах апріорно передбачається

використання необхідної і достатньої кількості інформації. Не розглядаються питання її упорядкування та вилучення надлишковості.

Мета статті. Розробка інформаційної моделі топології трубопровідної мережі, яка дозволяє оперативно вносити зміни та забезпечувати формування її коректного опису у матричному вигляді.

Інформаційна модель топології мережі теплопостачання. Вхідна інформація, що описує топологію мереж кожного теплогенеруючого підприємства, у більшості випадків представлена у вигляді графічних паперових схем, при детальному дослідженні яких можна виявити ряд неточностей, оскільки ремонт та модернізація мереж проходять швидше, ніж внесення змін в ручному режимі. Інформаційна модель топології мережі має забезпечувати можливість оперативного коригування схем теплопостачання.

Графи є істотним елементом багатьох математичних моделей в самих різноманітних галузях науки і практики [9]. Їх застосування забезпечує наочне представлення взаємозв'язків між об'єктами та процесами в складних системах. При моделюванні топології трубопровідної мережі доцільно застосовувати теорію графів, тому що у цьому випадку найбільш зручно здійснювати перехід від математичної моделі до графічного зображення мережі і навпаки. Граф мережі теплопостачання являє собою упорядковану пару $G = (V, E)$, що складається із множини вершин V та множини ребер E , причому $V = \{1, 2, \dots, n\}$ і $E = \{1, 2, \dots, m\}$.

Граф мережі теплопостачання характеризується тим, що потребує постійного оновлення внаслідок зміни структури мережі, яка відбувається переважно з таких причин:

- 1) об'єднання декількох труб в одну після проведення модернізації (наприклад, заміни труб на попередньо ізольовані);
- 2) розділення однієї труби на декілька після проведення ремонтних робіт;
- 3) усунення помилок після виявлення невідповідностей між існуючою мережею та її схемою при проведенні паспортизації.

Відслідковувати такі зміни й коригувати відповідність між номерами вузлів та труб в мережі вручну практично неможливо. Тому інформацію, необхідну для побудови графа мережі, доцільно зберігати в базі даних. Лише таким чином можна забезпечити надійність збереження даних та вирішити задачу автоматизації упорядкування нумерації труб та вузлів.

З одного боку, кожна труба чи вузол повинні мати свій унікальний номер, який дається при внесенні даних при паспортизації та забезпечує доступ до інформації, необхідної для моделювання поточкорозподілу, наприклад, довжина чи діаметр труби. З іншого боку, зміни топології мережі призводять до коригування нумерації труб та вузлів. Розробка інформаційної моделі мережі має враховувати вищевказані особливості.

На рис. зображена інформаційна модель топології мережі теплопостачання, яка представлена двома сутностями ТРУБА та ВУЗОЛ.



Рис. Інформаційна модель топології мережі тепlopостачання

Сутність ТРУБА, яка представлена множиною атрибутів {номер труби, новий номер труби, номер початкового вузла, номер кінцевого вузла} являє собою список інцидентності, який вказує на відповідність між вузлами та трубами. Сутність ВУЗОЛ, представлена множиною атрибутів {номер вузла, новий номер вузла, координата X , координата Y }, містить інформацію про координати вузлів, необхідну для графічного зображення мережі тепlopостачання. Наведена модель топології мережі при моделюванні тепло і гідравлічних процесів може бути розширена шляхом наповнення новими атрибутами. Наприклад, в сутність ТРУБА можуть бути включені атрибути "номер труби", "довжина труби" та ін.

З метою забезпечення доступу до наявної інформації незалежно від модифікації топології мережі сутності ТРУБА та ВУЗОЛ включають множини, що містять значення нових номерів труб та вузлів після упорядкування.

Матричне представлення інформаційної моделі топології мережі тепlopостачання. Інформаційна модель топології мережі тепlopостачання базується на представленні графа мережі у матричному вигляді. Граф мережі тепlopостачання однозначно можна представити за допомогою матриці інцидентцій A , яка будується за наступними правилами:

$$A_{ij} = \begin{cases} +1, & \text{якщо ребро } e_i \text{ входить у вершину } v_j, \\ -1, & \text{якщо ребро } e_i \text{ виходить із вершини } v_j, \\ 0, & \text{якщо ребро } e_i \text{ не інцидентне вершині } v_j. \end{cases}$$

Матриця інцидентцій містить всю інформацію про граф, проте при її побудові стикаємося з такою проблемою: у випадку, коли схема

теплопостачання піддавалася модифікації, нумерація труб та вузлів може бути не суцільною. Це зумовлено тим, що вхідна інформація для побудови моделі топології мережі формується інтерактивним способом при побудові схеми теплопостачання. Тому модель, побудована на основі неупорядкованої інформації, не може бути застосована при подальшому проведенні розрахунків потокорозподілу.

З метою вирішення цієї проблеми пропонується процедура упорядкування матриці інцидентності, побудованої на основі списку інцидентності типу $e_i = (v_{1i}, v_{2i})$, тобто ребро e_i виходить із вершини v_1 і входить у вершину v_2 .

При цьому вихідна матриця інцидентцій A розбивається на множини, що містять елементи кожного рядку матриці:

$$\begin{aligned} A1 &= \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1m}\}, \\ A2 &= \{a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2m}\}, \\ &\dots\dots\dots \\ An &= \{a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nm}\}, \end{aligned}$$

та на множини, що містять елементи кожного стовпчику:

$$\begin{aligned} A'1 &= \{a_{11}, a_{21}, \dots, a_{n1}\}, \\ A'2 &= \{a_{12}, a_{22}, \dots, a_{n2}\}, \\ &\dots\dots\dots \\ A'm &= \{a_{1m}, a_{2m}, \dots, a_{nm}\}, \end{aligned}$$

де n – кількість вузлів; m – кількість труб.

При упорядкуванні вихідної матриці інцидентцій використовується метод сортування. В якості критерію розділення множин $A1, \dots, An$ на дві категорії: пусті та не пусті виступає сума елементів кожної із множин, яка формує масив $VS[i], i = 1, \dots, n$. Аналогічно при розділенні множин $A'1, \dots, A'm$ формується масив $TS[i], i = 1, \dots, m$. Аналіз масивів дозволяє здійснити розділення множин на пусті та непусті: наприклад, якщо $VS[i] = 0$, множина Ai є пустою, тобто жодна з труб не приєднана до i -го вузла. При цьому методом сортування знайдена пуста множина замінюється не пустою. Тобто, перестановка стовпців у матриці інцидентцій змінює номери труб (гілок графу розрахункової схеми), а перестановка рядків – номери вузлів. Такий підхід дозволяє вилучити з матриці інцидентцій рядки та стовпчики, що містять лише нульові елементи.

Запропонована процедура дозволяє позбавити матрицю інцидентцій надлишковості, яка виникає при модифікації графа мережі. Наприклад, матриця інцидентцій котельної, що знаходиться по вул. Успенсько-троїцька, 37 міста Конотоп, до упорядкування містила інформацію про 56 труб та 108 вузлів, після упорядкування – про 54 труби та 42 вузли. Тобто, застосування процедури упорядкування дозволило зменшити вихідну матрицю інцидентцій і забезпечити можливість її використання при моделюванні потокорозподілу мережі.

Висновки. Розроблено інформаційну модель топології мережі теплопостачання, яка дозволяє проводити оперативні зміни складу і структури мережі з метою її удосконалення та формувати дані для проведення розрахунку потокорозподілу мережі. Запропоновано процедуру упорядкування вихідної матриці інцидентів, яка дозволяє залишити в ній лише інформативну частину, яка однозначно описує топологію мережі.

Список літератури: 1. *Попырин Л.С.* Исследование систем теплоснабжения / *Л.С. Попырин, К.С. Светлов, Г.М. Беляева.* – М.: Наука, 1989. – 215 с. 2. *Меренков А.П.* Теория гидравлических цепей / *А.П. Меренков, В.Я. Хасилев.* – М.: Наука, 1985. – 279 с. 3. *Харитонов Ю.Н.* Предварительное моделирование систем теплоснабжения при управлении проектами реконструкции / *Ю.Н. Харитонов* // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – № 84. – С. 383-387. 4. *Сарычев Д.С.* Применение графовых моделей при анализе инженерных сетей / *Д.С. Сарычев, А.В. Скворцов, С.Г. Слюсаренко* // Вестник Томского государственного университета. – 2002. – № 275 – С. 70-74. 5. *Артамонов С.Б.* Підхід до моделювання систем теплопостачання через аналіз причин виникнення втрат теплової енергії і теплоносія в системі / *Артамонов С.Б.* // Математичні машини і системи. – 2007. – № 3. – С. 203-210. 6. *Евдокимов А.Г.* Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях / *А.Г. Евдокимов, А.Д. Тевяшев, В.В. Дубровский.* – М.: Стройиздат, 1990. – 368 с. 7. *Оре О.* Теория графов / *О. Оре.* – М.: Наука, 1980. – 336 с. 8. *Евстигнеев В.А.* Применение теории графов в программировании / *В.А. Евстигнеев.* – М.: Наука, 1985. – 352 с. 9. *Алексеев В.Е.* Графы. Модели вычислений. Структуры данных / *В.Е. Алексеев, В.А. Таланов.* – Нижний Новгород, Изд-во ННГУ. – 2005. – 307 с. 10. *Касьянов В.Н.* Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / *В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев.* – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. – 1104 с.

Стаття представлена докт. физ.-мат. наук, проф. Черноус А.Н.

УДК 004.94

Информационная модель топологии сети теплоснабжения / Парфененко Ю.В. // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2010. – № 21. – С. 136 – 140.

Статья посвящена применению информационных технологий при моделировании сетей теплоснабжения. Разработана обобщенная информационная модель топологии сети теплоснабжения, которая базируется на теории графов. Описан метод упорядочивания исходной матрицы инцидентів. Предложенный метод позволяет оставить в матрице инцидентів лишь информацию, необходимую для моделирования топологии сети. Ил.:1. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: информационная модель, матрица инцидентів, теплоснабжение, топология сети, теория графов.

UDC 004.94

Information model of topology of a heat supply network / Parfenenko Y.V. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2010. – № 21. – P. 136 – 140.

Article is devoted to application of information technologies at modelling of heat supply networks. The generalised information model of topology of a heat supply network which is based on the theory of graphs is developed. The method of ordering of an initial incidence matrix is described. The offered method allows to leave in an incidence matrix only the information necessary for modelling of topology of a network. Figs.:1. Refs.: 10 titles.

Key words: information model, incidence matrix, heat supply, topology of a network, the theory of graphs.

Надійшла до редакції 10.10.2009