

1. Тарадайко В. Особенности аэрозольного пожаротушения // Бюлетень пожежної безпеки. 1999. № 1. с. 24-36.

2. В.В. Агафонов, Н.П. Копылов., Установки аэрозольного пожаротушения. Основные характеристики. Учебно – методическое пособие. Москва 2001.

УДК 539.3

Т.Б. Юзьків, к.т.н, А.Р. Дзюбик, к.т.н. (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В НАДЗЕМНИХ ПЕРЕХОДАХ ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті розглядається методика прогнозування надзвичайних ситуацій в надземних переходах трубопровідного транспорту на основі їх комп'ютерного моделювання та розрахунку методом скінченних елементів напружень і деформацій в матеріалі труб. Можливість створення анімаційних картин зміни напружено – деформованого стану трубопроводу в передісторію виникнення надзвичайної ситуації дає змогу оперативно оцінити ймовірність її виникнення. Показано можливість використання методу при оцінці напружено-деформованого стану в околі локальних дефектів труб.

Україна має розвинуту мережу магістральних трубопроводів, яка за останнє десятиліття перетворилася з частини трансєвропейської системи колишнього СРСР у самостійний комплекс транзитних та розподільчих трубопроводів, який постійно оновлюється та розбудовується. Трубопровідна галузь – один із стратегічних об'єктів нашої держави, тому забезпечення його стабільного функціонування через запобігання виникненню на ньому надзвичайних ситуацій є необхідним та актуальним завданням.

Безпечна експлуатація можлива при допустимому рівні фізичних і технічних параметрів матеріалу труб, які з урахуванням умов експлуатації визначають залишковий ресурс трубопроводу. При цьому одним із вирішальних моментів є знання дійсного напружено-деформованого стану у матеріалі труб. Перевищення його критичного рівня призводить до руйнування трубопроводу та попадання продуктів транспортування в навколишнє середовище. Надзвичайні ситуації пов'язані із розгерметизацією трубопроводу завдають значної шкоди екології навколишнього середовища та економічних збитків транспортним підприємствам. Особливо це стосується відкритих ділянок трубопроводів, які трапляються при подоланні природних та техногенних перешкод.

Для оцінки напружено-деформованого стану матеріалу труб використовують різноманітні експериментальні та розрахункові методи. При цьому експериментальні не завжди достатньо інформативні через обмеженість методики або складність її реалізації в польових умовах, потребують постійного моніторингу трубопроводів та спеціально підготовлених і оснащених фахівців. Розрахункові методи в більшості ґрунтуються на класичних положеннях теорії пружності та містять в своїх підходах ряд спрощень [1]. Тому з їх допомогою складно повністю враховувати геометрію труби при наявності локальних дефектів на її поверхні, наприклад, дефекти типу корозія, задири, вм'ятини. Якщо ж вони розташовані компактно та необхідно оцінити їх взаємовплив, то трудність задачі значно

зростає. Окремою є проблема врахування повного комплексу навантажень на трубопровід від усіх ймовірних зовнішніх чинників.

Весь вище окреслений комплекс проблем вимагає від фахівців пожежної безпеки спеціальної певної підготовки та додаткових трудових і матеріальних затрат. Для їх зменшення та кваліфікованого прогнозування надзвичайних ситуацій в роботі пропонується використовувати сучасне програмне забезпечення. Спочатку це комп'ютерне моделювання геометрії трубопроводу та наступне виконання міцнісних розрахунків. Це дає змогу підвищити продуктивність праці, достовірність результатів, значно скоротити час підготовки бази даних для інженерних розрахунків.

Існуючі на ринку відповідні універсальні програмні комплекси дають змогу розв'язувати широкий спектр задач, зокрема теплопровідності, термопружності, пружності силового деформування, знаходження частотних характеристик [2,3]. Основним методом для їх реалізації є метод скінченних елементів (МСЕ) [4]. Сучасне програмне забезпечення, що реалізує метод, побудоване на об'єктно-орієнтовному принципі. Воно дає змогу дослідникові на інтуїтивному рівні працювати із системою. При цьому важливим є розуміння фізичного змісту функціонування конструкції в цілому, вміння правильно створити систему навантаження та існуючих в'язей. Глибоке знання математичного апарату (який складає окрему науку) не вимагається, однак слід знати його обмеження та функціональні можливості.

Розв'язання тестової задачі, яка полягала в порівняльному аналізі напружень та деформацій однопрогонного надземного переходу магістрального трубопроводу, показало достатньо добрий, з точки зору інженерного розрахунку, збіг МСЕ із класичними методами. При цьому система навантажень враховувала нерівномірність тиску продуктів транспортування на стінки труби від власної ваги.

Аналіз випадків наявності дефектів поверхні типу каверни в матеріалі труби показав, що останні призводять до локального зростання напруженого стану. Це може викликати зародження і розвиток тріщин з наступною розгерметизацією трубопроводу та попаданням продуктів транспортування в навколишнє середовище.

Далі наведено приклад розрахунку напружень для дефекту з 25 % потоншенням 8 мм стінки труби. Діаметр дефекту 12 мм, радіус заокруглення граней 3 мм. З метою підвищення точності обчислень застосовувалося локальне згущення сітки скінченних елементів (рис. 1). Розбиття на сітку виконувалося тетраедрами з проміжними вузлами через 40 мм, а при її згущенні мінімально через 1,5 мм.

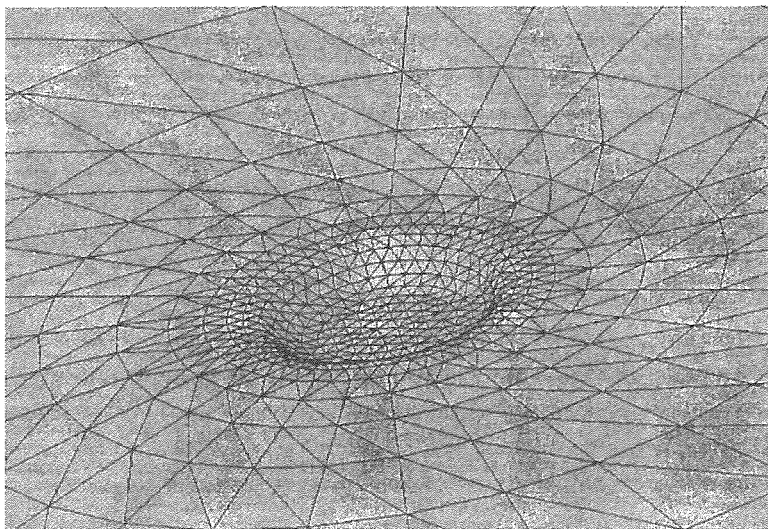


Рис. 1 Розбиття на скінченні елементи

Величина розрахованих напружень, в перерізі труби, нише приводиться відповідно до критерію Мізеса (критерій формозміни) в Па (рис. 2). Тут величина напружень пропорційна насиченості графіка.



Рис. 2 Напруження в околі дефекту поверхні труби

Отримані результати показують, що в той час, коли загальний напружений стан матеріалу далекий від критичного, дефекти поверхні труб можуть зумовлювати достатньо високу локальну концентрацію напружень. При необхідності можна відтворити повну поверхню труби із усіма наявними дефектами. Це дає змогу не лише аналізувати напружено-деформований стан трубопроводу, а й оцінити взаємовплив дефектів та спрогнозувати можливість виникнення надзвичайної ситуації.

Важливою перевагою комп'ютерного програмного забезпечення, що реалізує метод скінченних елементів, є можливість моделювання зміни напружено-деформованого стану трубопроводу в часі – отримання анімаційного відображення процесу та його чисельних значень в передісторію надзвичайної ситуації. Останнє корисне для оперативного оцінювання особливих випадків навантаження трубопроводу. Тобто, створивши повну комп'ютерну модель трубопроводу, можна без виконання повторних і додаткових обчислень прогнозувати виникнення та розвиток надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Наприклад, для випадку підняття рівня русла річки або вимивання берегової лінії (збільшення вільного прольоту трубопроводу).

Отже, аналіз отриманих даних свідчить, що класичні розрахункові методи, які застосовуються в трубопровідному транспорті, через прийняті спрощення у розрахункових схемах є недостатньо інформативні та не забезпечують потрібної точності для деяких особливих випадків. Більш застосовними вони є на стадії розробки проектної документації.

Сучасний розвиток комп'ютерної техніки та програмного забезпечення дає змогу оперативно застосовувати для дослідження напружено-деформованого стану надземних переходів трубопроводів метод скінченних елементів. Останній забезпечує більш цілісну картину діючого напружено-деформованого стану матеріалу труби, особливо при його локальному пошкодженні. Створення анімаційних комп'ютерних моделей напружено-деформованого стану трубопроводу дає змогу оперативно прогнозувати виникнення та розвиток надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабин Л. А., Быков Л. И., Волохов В. Я. Типовые расчеты по сооружению трубопроводов. – М.: Недра, 1979. – 176 с.
2. Шимкович Д. Г. Расчет конструкций в MSC/Nastran for Windows. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 448 с.
3. Алямовский А. А. Solid Works/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 234 с.

УДК 539.3

Т. Б. Юзьків к.т.н., А. Р. Дзюбик к.т.н., Гуцуляк Ю. В. к.т.н., доцент (Львівський інститут пожежної безпеки)

ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ НА ОДНОПРОГОННИХ ТРУБОПРОВІДНИХ ПЕРЕХОДАХ

У статті розглянута можливість запобігання надзвичайним ситуаціям на однопрогонних трубопровідних переходах через перешкоди на основі аналізу їх напружено-деформованого стану. Показано, що застосування існуючих в трубопровідному транспорті розрахункових методів не завжди дає змогу врахувати особливості геометрії труб, наявність локальних дефектів тощо. Запропоновано застосовувати комп'ютерне моделювання та розрахунок методом скінчених елементів. Виконано розв'язання тестової задачі. Показана можливість створення анімаційних картин зміни напружено-деформованого стану трубопроводу в передісторію виникнення надзвичайної ситуації. Наведено приклад розрахунку величини напружень в матеріалі труби із локальним дефектом типу корозія. Встановлено, що остання може призводити до виникнення надзвичайних ситуацій в процесі експлуатації трубопроводу внаслідок небезпечної концентрації напружень.

Забезпечення високої конструктивної надійності трубопроводів є головним завданням у процесі їх будівництва, монтажу та використання. Збільшення термінів експлуатації магістральних трубопроводів вимагає застосування сучасних ефективних методів діагностування для запобігання надзвичайним ситуаціям. Відомо [1], що трубопроводи експлуатуються в досить складних і різноманітних геологічних та кліматичних умовах. Навантаження та вплив середовища на них змінюються в досить широкому спектрі протягом терміну роботи. Надзвичайні ситуації пов'язані із розгерметизацією трубопроводу завдають значної шкоди навколишньому середовищу та економічних збитків. Особливо це стосується відкритих ділянок трубопроводів, які трапляються при подоланні перешкод природного та техногенного походження. Такі ділянки становлять усього до 2 % від усієї протяжності трубопроводу і саме тут найвища ймовірність його руйнування.

Безпечна експлуатація можлива при допустимому рівні фізичних і технічних параметрів матеріалу труб, які з урахуванням умов експлуатації визначають залишковий ресурс трубопроводу. При цьому одним із вирішальних моментів є наявність інформації про дійсний напружено-деформований стан труб. Перевищення його критичного рівня, а особливо в локальних об'ємах, може призводити до руйнування трубопроводу.

Для визначення діючих в матеріалі труб напружень використовують різноманітні експериментальні та розрахункові методи. Однак, перші з них не завжди достатньо