

УДК 539.3:621.64

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ КОЛІНА ТРУБОПРОВОДУ З ПОШКОДЖЕННЯМ КОРОЗІЙНОЇ ПРИРОДИ ПРИ ВІДМОВАХ,ЩО ВИКЛИКАНІ ВТОМОЮ

Ларін О.О., Потопальська К.Є.
НТУ «ХП», м. Харків, Україна

Анотація. У даній роботі визначається залишкова надійність пошкодженого коліна трубопроводу. В роботі проведено серію розрахунків криволінійної частини трубопроводу з пошкодженням, що стохастично розвивається при різних термінах експлуатації та з урахуванням накопичення втоми. Оцінку характеристик напружено-деформованого стану пошкодженого елемента коліна трубопроводу здійснювалась в рамках сучасних засобів комп'ютерного моделювання з використанням методу скінчених елементів. Корозійне пошкодження моделювали явно як об'ємний дефект на зовнішній поверхні трубопроводу. Після проведених статистичних численних розрахунків проведена оцінка довготривалої міцності за критерієм накопичення малоциклової та багатоциклової втоми, з урахуванням появи пластичних деформацій. Визначено пошкоджуваність трубопроводу на основі отриманих статистичних даних НДС конструкції.

Ключові слова: трубопровід, надійність, залишковий ресурс, втома, корозійний дефект

Магістральні трубопроводи є одними найбільш поширеним засобом транспортування нафти і газу в Світі, який забезпечує високі показники безпеки та економічності цієї діяльності. За рахунок того, що зазвичай дані конструкції використовуються довготривало, вони схильні до появи різноманітних дефектів та пошкоджень. Такі пошкодження можуть виникати за рахунок дії агресивного середовища, зокрема при взаємодії з ґрунтом; як наслідок механічних пошкоджень та інше. Одним з найбільш поширених типів дефекти мають корозійної природи. Розвиток поверхневих дефектів корозійного типу відбувається випадково, тому процес їх зростання слід розглядати у ймовірнісній постановці. З іншого боку, в наслідок дії циклічного внутрішнього навантаження (пульсації тиску) у трубопроводі відбувається процес накопичення втоми. Дані процеси (поява корозійних дефектів та накопичення втоми) відбуваються одночасно та мають суттєвий вплив на довготривалу міцність трубопроводу. Тому своєчасне діагностування дефектів та прогнозування ресурсу трубопроводу з урахуванням одночасного протікання зазначених процесів є вкрай важливою задачею.

Дослідження проводилося з метою оцінки залишкової надійності коліна трубопроводу з об'ємним дефектом, розвиток якого моделюється у часі. Оцінку характеристик напружено-деформованого стану пошкодженого елемента коліна трубопроводу здійснювалась в рамках сучасних засобів комп'ютерного моделювання з використанням методу скінчених елементів. Корозійне пошкодження моделювали явно як об'ємний дефект на зовнішній поверхні в центрі ділянки коліна трубопроводу у формі паралелепіпеду із закругленими границями. Оскільки дефект розташовано на поверхні вигину труби, ескіз був спроектований в локальній тороїдальній системі координат, яка залежить від радіусу коліна трубопроводу та діаметру самої труби.

Конкретні розміри дефекту визначаються з аналізу поточного стану його розвитку. Тому в роботі пропонується отримувати розрахункові моделі з дефектом певного рівня розвитку та вивчати залишкову міцність трубопроводу в поточний час його експлуатації.

В даній роботі пропонується враховувати прогноз росту дефекту у часі у вигляді степеневі функції, яка пов'язує час експлуатації та характерний розмір, а розподіл значень розмірів дефекту у відповідний час як відомо із статистичних даних теж є випадковим процесом, який підпорядковується логнормальному закону розподілення. На рисунку 1 схематично зображено розвиток у часі середньої глибини корозійного пошкодження $m_3(t)$ та можливий розкид її значень у часі [1]. Розрахунки проводились для дефектів розмірами, що

відповідають терміну експлуатації більш ніж 35 років. У попередніх дослідженнях виявлено, що у період після 35 років експлуатації у трубопроводі можуть з'являтися пластичні деформації при типовому навантаженні з дефектом середніх розмірів, тому було проведено близько 150 типових статичних розрахунків для кожного з трьох термінів експлуатації.

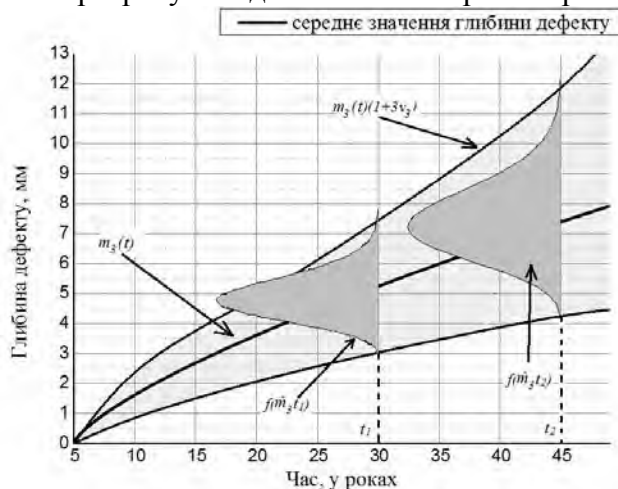


Рис.1 - Графік можливої зміни дефекту у часі та у поточний рік експлуатації

При збільшенні поверхневого дефекту, напруження які виникають у конструкції можуть призвести до появи пластичних деформації, які є чинником подальшого накопичення втомних пошкоджень. Таким чином, оцінка довготривалої міцності проводилась за критерієм накопичення малоциклової та багатоциклової втоми, в залежності від того, спостерігається поява пластичних деформацій або ні. Кінетика накопичення втомних пошкоджень визначалась в рамках концепції ефективних напружень Работнова-Качанова [2].

Отримано чисельні ймовірності безвідмовної роботи коліна трубопроводу в залежності від величини пульсації тиску при режимах пуску та зупинки експлуатації. Розглянуто два рівня навантаження: типове, що дорівнює 6 МПа (рис.2 а) та максимально можливе 12,8 МПа (рис.2 б).

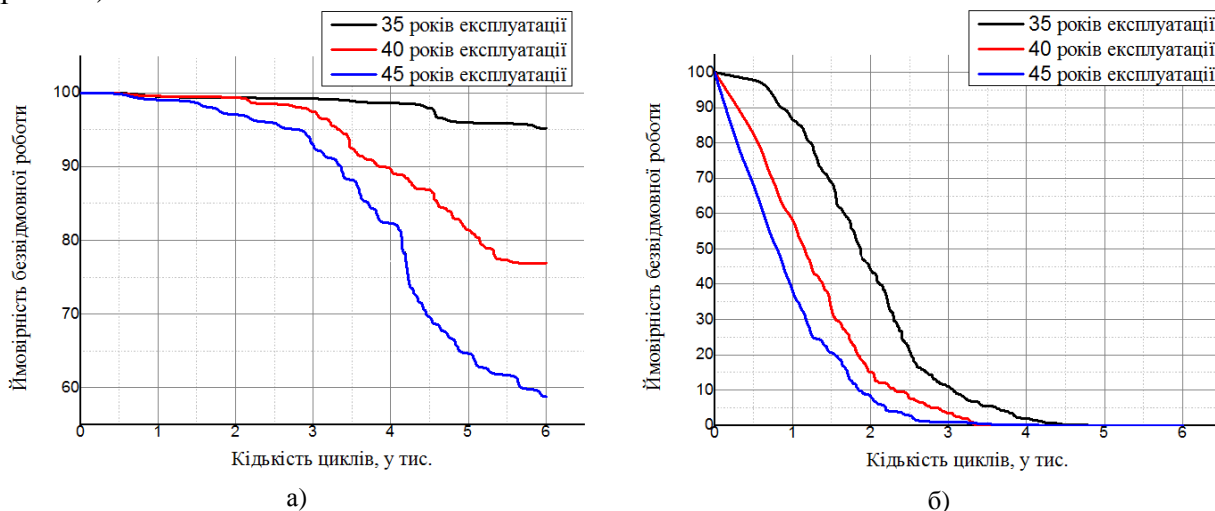


Рис.2 - Ймовірність безвідмовної роботи при навантаженні у 6 МПа та 12.8 МПа

Список літератури:

1. Ларін О.О., Потопальська К.Є. Оцінка залишкової міцності криволінійної ділянки трубопроводу зі статистично заданим корозійним дефектом, що розвивається у часі // Міжвузівський збірник “НАУКОВІ НОТАТКИ.” 2017. № 60. Р. 137–146.
2. Lemaitre J. (Jean), Desmorat R. *Engineering damage mechanics : ductile, creep, fatigue and brittle failures*. Springer, 2005. 380 p.