

УДК 539.3

ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ КРУГОВИХ ТІЛ З ДЕФЕКТАМИ ЗА УМОВ ТЕМПЕРАТУРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Сергій Пискунов¹, Олексій Шкриль², Роман Остапенко²

¹Національний технічний університет "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ;

²Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

Значна частина конструкцій, що експлуатуються в машинобудуванні, енергетиці та будівництві, належить до класу кругових тіл. Під час виготовлення, монтажу або при експлуатації в конструкціях можуть виникати дефекти. Якщо дефекти набувають вигляду тріщин, для оцінки несучої здатності використовується коефіцієнт інтенсивності напружень (КІН). Для тріщин нормального відриву (рис. 1) при термопружному деформуванні КІН може бути визначений на основі прямого методу [2]:

$$K_I = \frac{u_1 - \alpha(1 + \nu)xT}{(2 - 4\nu + \cos\theta)\sin(\theta/2)} \sqrt{\frac{2\pi}{r}} 2G,$$

де G – модуль зсуву, ν – коефіцієнт Пуассона; u_1 – переміщення, α – коефіцієнт лінійного теплового розширення.

Розрахункове визначення несучої здатності кругових тіл, в тому числі при наявності тріщин, раціонально виконувати напіваналітичним методом скінченних елементів (НМСЕ) [2], із використанням якого розв'язано наступні задачі.

Досліджено тріщиностійкість резервуару РВС-5000 (рис. 2а) з напівеліптичною тріщиною в стіні (рис. 2б) від дії гідростатичного тиску при пружному деформуванні [3] з урахуванням температурного навантаження.

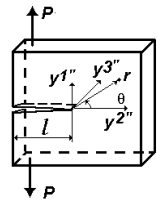
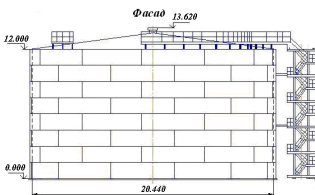
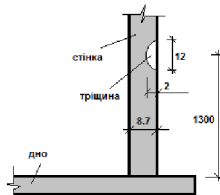


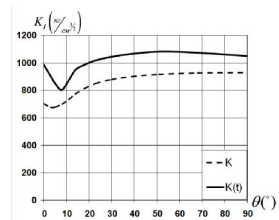
Рис. 1



а)



б)



в)

Рис. 2

Збільшення величин КІН уздовж фронту напівеліптичної тріщини (рис. 2в) при збільшенні температури на 300°C становить до 40% порівняно з дією лише силового навантаження.

Визначено час до початку руйнування в умовах повзучості та час розвитку зони континуального руйнування ротора парової турбіни з початковим дефектом, обумовленим погіршенням фізико-механічних властивостей матеріалу та розташованим біля вісі обертання (рис. 3). Моделювання континуального руйнування здійснювалось за величиною параметра пошкоженості Качанова – Работнова.

Результати показали, що час зростання зони континуального руйнування до утворення тріщиноподібного дефекту складає 6000 годин. Зона континуального руйнування поширюється в межах поперечного перерізу ротора і набуває вигляду напівеліптичної тріщини зі співвідношеннями напівосей $1/2$. Зменшення часу до руйнування при урахуванні температурного навантаження становило біля 20%, зростання величин КІН вздовж фронту отриманої напівеліптичної тріщини – біля 30%.

Таким чином, температурне навантаження має істотний вплив на несучу здатність конструкцій.

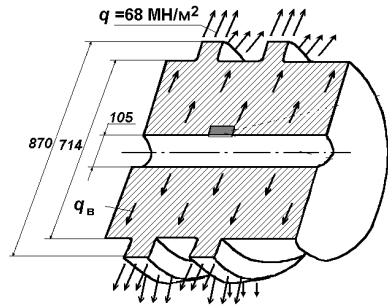


Рис. 3

1. *Баженов В.А., Пискунов С.О., Остапенко Р.М.* Дослідження процесу континуального руйнування ротора парової турбіни з дефектом в умовах повзучості / Опір матеріалів і теорія споруд. – 2009. – Вип. 83. – С. 3–14
2. *Напіваналітичний метод скінчених елементів у задачах руйнування тіл з тріщинами* / [Баженов В. А., Пискунов С. О., Шкриль О. О.] – Київ: Вид-во "Каравела", 2017. – 208 с.
3. *Пискунов С.О., Шкриль О.О. Максим'юк Ю.В.* Визначення тріщиностійкості резервуару з напівеліптичною тріщиною / Опір матеріалів і теорія споруд. – 2021. – Вип. 106. – С. 60–66.

EVALUATION OF CAPACITY OF CIRCULAR BODIES WITH DEFECTS UNDER TEMPERATURE LOAD CONDITIONS

The crack resistance of a tank with a semi-elliptical crack under the temperature load and hydrostatic pressure is determined. The additional life-time of the steam turbine rotor until the crack formation is calculated.