Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2015», 26–28 травня 2015 р., Львів

УДК 539.3

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНЬ В ОКОЛИЦІ ВЕРШИНИ ТРІЩИНИ ПРИ КОЛИВАННЯХ

Марина Чугай

Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України,
chugay@ipmach.kharkov.ua

На вібраційну міцність лопаткового апарату сучасних турбомашин найбільший вплив надає локалізація напружень в обмежених зонах лопаток. Ця локалізація зумовлена конструкційними, технологічними і експлуатаційними факторами. Складна конструктивна форма та особливості технологічної обробки лопаток є причиною виникнення зон підвищених напружень при їх коливаннях. У процесі експлуатації можуть виникати пошкодження, що також призводять до локалізації вібраційних напружень і, можливо, до руйнування елементів лопаткового апарата турбомашин. Причинами пошкоджень можуть бути дефекти лопаток при виготовленні, втомні тріщини, ерозія, корозія і вплив сторонніх предметів [1-3].

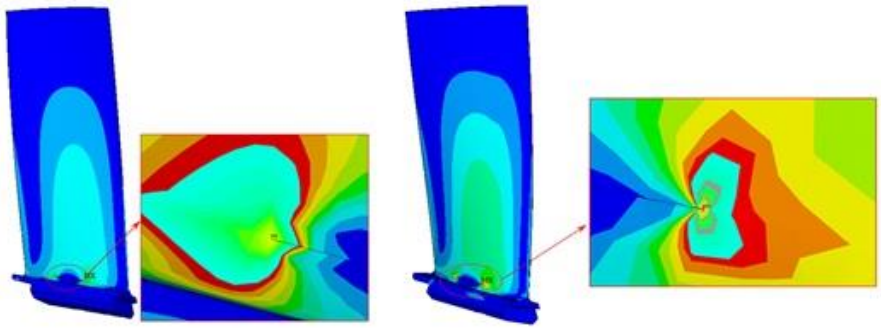
Метою роботи є проведення моделювання пошкоджень, що виникають в лопатковому апараті турбомашин з використанням сингулярних скінченних елементів. Особливу увагу приділено областям, де внаслідок конструктивних особливостей виникають максимальні напруження та зростає ймовірність виникнення пошкоджень.

Досліджується вібраційний стан компресорної лопатки з пошкодженнями. Моделювання об'єктів проводилося на підставі тривимірного підходу методу скінченних елементів з використанням спеціальних сингулярних скінченних елементів, що відображають особливості напружено-деформівного стану (НДС) в околиці вершини тріщини.

Створено математичну модель пошкоджень з використанням скінченних елементів, що враховують сингулярний характер напружень в усті тріщини. Показано, що тривимірні сингулярні елементи в криволінійній системі координат здатні адекватно моделювати НДС в тріщині з довільним криволінійним фронтом та зміну напружень по фронту тріщини.

Проведено дослідження впливу тріщини на власні частоти, форми переміщень та розподіл відносних напружень при використанні звичайних скінченних 20-вузлових елементів із згущуванням сітки та при використанні сингулярних елементів в області тріщини.

Проаналізовано закономірності зміни спектрів частот, форм коливань і розподілу напружень в лопатках при їх пошкодженнях (рис. 1). Частоти як інтегральні характеристики при появі тріщини змінюються слабо. Виникнення тріщини слід чекати в зонах локалізації напружень в лопатці, що дозволяє передбачати появу тріщини і запобігти йому за рахунок малих змін конструкції.



331,9 Гц 327,8 Гц

а) б)

Рис. 1. Поля інтенсивностей напружень при коливаннях по перших трьох формах: а) – 20-вузлові скінченні елементи; б) – сингулярні скінченні елементи довкола фронту тріщини

1. *Морозов Е. М., Никишков Г. П.* Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, 1980. – 354 с.
2. Вычислительные методы в механике разрушения: Пер. с англ. / Под ред. С. Атлури. – М.: Мир, 1990. – 392 с.
3. *Сиратори М., Миесси Т., Мацусита Х.* Обчислювальна механіка руйнування / Пер. з японск. – М.: Мир, 1986.–334 с.

PECULIARITIES OF SIMULATION OF STRESSES NEAR CRACK EDGES IN THE CASE OF VIBRATIONS

On the base of 3D finite elements models of compressor blade with damages, its vibration state is investigated. The modeling of objects was carried out on the basis of the three-dimensional approach of a finite elements method with the use of the special singular finite elements that account for the stress localization affect in the crack edge. Various crack lengths were created using a three-dimensional finite element model with the 3D prismatic quarter-point isoparametric elements and 20-node isoparametric elements to calculate the natural frequencies and mode shapes of the rotor blades.