

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ Й ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМУВАННЯ ТА ЗНОШЕННЯ ТВЕЛІВ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ

Бреславський Д.В., Паламарчук П.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Однією з важливих проблем забезпечення працездатності конструктивних елементів ядерних реакторів є зношування матеріалу при контакті поверхні твелу з трубною дошкою. Внаслідок складних теплофізичних процесів, що відбуваються в активній зоні реакторів, завдяки циклічному змінюванню температур мають місце коливання твелів, що призводить до повторних контактів їх поверхонь, які в багатьох випадках й обумовлюють зношування матеріалу [1].

Задачу сформульовано у загальній тривимірній постановці. Розглянуто елемент трубної дошки з отвором. Вважається, що твел, оболонка якого моделюється циліндром, контактує з внутрішньою поверхнею отвору. До розв'язання залучено метод скінченних елементів.

На першому етапі була розв'язана задача термопружності для оболонки твелу. Для кращої збіжності результатів з аналітичним розв'язком задачу було розглянуто в плоскій постановці для перерізу оболонки. За результатами розрахунку визначено температурні поля переміщень, деформацій та напружень.

Розрахунок вимушених коливань твелу у геометрично нелінійній постановці за допомогою методу Гальоркіна та інтегрування за часом з метою визначення амплітудних значень переміщень виконано на другому етапі.

На третьому етапі була розв'язана тривимірна пружно-пластична задача аналізу напружено-деформованого стану твелу, що контактує з трубною дошкою. Отримані на попередніх етапах результати були апроксимовані та додані для врахування додаткових напружень.

Як модель для опису пластичності була використана теорія пластичності ізотропного матеріалу з ізотропним зміцненням. За результатами розрахунку визначено поля переміщень, деформацій та напружень у тілах, що контактують. Було досліджено, що вплив температурних напружень істотно інтенсифікує загальний рівень напружень, максимальні значення яких в районах контакту оболонки з трубними дошками перевершують значення межі плину для матеріалу.

За результатами розрахунків напружено-деформованого стану було визначено час функціонування твелу без критичного зношування. Результати відповідають практичним даним експлуатації.

Література:

1. Wood D.S. Fatigue behaviour of type 316 steel relevant to fast reactors. / D.S.Wood. // Theoretical and Applied Fracture Mechanics, v10, 1, August 1988. – P. 19–26.