

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ПОЖЕЖІ

Олександр Бурик

Інститут прикладних проблем механіки та математики ім. Я. С. Підстригача
НАН України. sashanettm@gmail.com

Становлення сучасних програм дослідження вогнетривкості будівель при пожежах відбувається на основі окремих експериментів, проведених за умов реальних повномасштабних пожеж, та численних тестів у спеціальних печах, в яких температуру оточуючого середовища витримують відповідно до введених типових стандартів. Однак, можливості дослідження поведінки будівель за повномасштабних пожеж є доволі обмеженими і надзвичайно коштовними, а при експериментах в печах, як правило, розглядають лише деякі параметри окремих елементів конструкцій (часто за нереальних розмірів зразків, навантажень і умов руйнування). Такі експерименти зовсім не відображають поведінки будівлі чи структури як цілого навіть за умов нормальної температури, оскільки багато аспектів поведінки складних структур (такі, як глобальне чи локальне руйнування конструкції, напруження й деформації внаслідок обмежень на термічне розширення суміжного елемента чи структури, перерозподіл внутрішніх сил тощо) виникає внаслідок взаємодії різних їх складових, і їх неможливо передбачити чи простежити в експериментах з ізольованими елементами, тому поведінка реальних структур під час пожежі часто виявляється значно „кращою”.

У переважній більшості досліджень в області вогнестійкості конструкцій розглядають поведінку структур і елементів будівель лише на стадіях зростання і повного розвитку пожежі. Оскільки механічні й структурні властивості елементів конструкцій залежать від історії температурного та силового навантаження, надзвичайно важливо дослідити напружено-деформований стан будівлі і на третій стадії пожежі – під час швидкого охолодження сильно нагрітих елементів, а також на стадії експлуатації будівлі після пожежі.

На основі рівнянь нелінійної термомеханіки [1] запропоновано орієнтований на використання числових методів загальний підхід до математичного й чисельного моделювання поведінки будівельних конструкцій за умов пожежі. Розподіли температури в елементах конструкцій в процесі пожежі й наступного охолодження описує нестационарне рівняння

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

теплопровідності. При цьому зміну температури зовнішнього середовища задаємо відповідно до часової температурної кривої, яка практично визначає сценарій пожежі. Визначення напружено-деформованого стану елементів структур з використанням загальних співвідношень неізотермічної термопружно-пластичності, входними для яких є отримані із задачі теплопровідності змінні в часі розподіли температури. Для апроксимації температурних залежностей властивостей матеріалів та кривих деформування використано інтерполяційні сплайни. Основними методами числового моделювання обрано метод скінченних елементів (для апроксимації шуканих розв'язків за просторовими координатами) і множину однокрокових багатопараметричних різницевих алгоритмів (для апроксимації шуканих величин за часом).

Як приклад розглянуто результати досліджень напружено-деформованого стану деяких елементів конструкцій за умов пожежі в рамках різних модельних припущень (задача про плоский напружений стан, модель балки Бернуллі-Ейлера). Виконано порівняльний аналіз отриманих числових результатів між собою, з відомими експериментальними даними та аналітичними розв'язками аналогічних задач.

Внаслідок температурної залежності фізико-механічних характеристик, зокрема, зменшення межі пластичності при підвищених температурах, деформування конструкцій під час пожежі як правило є пружно-пластичним. Тому досліджено напружено-деформований стан елементів конструкцій і на стадії гасіння пожежі (охолодження), на якій формуються залишкові напруження, та можливість подальшої експлуатації конструкції після пожежі. З аналізу напружено-деформованого стану конструкцій на стадії активної пожежі отримано оцінки вогнетривкості конструкцій.

1. *Гачкевич О. Р., Дробенко Б. Д.* Моделювання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл/ Під заг. ред. Я. Й. Бурака, Р. М. Кушніра. У 5-и т. Т. 4: Термомеханіка намагнечуваних електропровідних термочутливих тіл. – Львів: СПОЛІОМ, 2010. – 256 с.

RESIDUAL STRESSES IN ELEMENTS OF BUILDING STRUCTURES AFTER THE FIRE

A procedure for modeling of thermomechanical processes in structural elements in fire is proposed. It based on the principle of virtual displacements. The finite element method used for numerical analysis of temperature and strength-stress state of structures. A comparative analysis of the results, obtained under different model assumptions, is presented. Analysis of strength-stress state of some structures during extinguishing and on the post fire stage has been done. The estimations of residual stresses in structures after the fire and of their fire resistance have been received.