

ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СФЕРЫ

М.И.Массальский, Ю.А. Гурвич

(Белорусский Национальный Технический Университет, г.Минск)

This article describes the basic relationships for determining the scope of the stress state

В настоящее время ядерная энергетика, несмотря на имеющиеся попытки ее дискредитации, остается одной из немногих экономически жизнеспособных и безопасных видов получения электроэнергии. Поэтому разработка новых инженерных и уточненных математических методик расчета напряженно-деформированного состояния и анализ работоспособности конструкций и их составных элементов, а в частности сферических тел, под действием терморadiационной нагрузки с учетом вытекающих факторов (структурные изменения материала, изменение физико-математических свойств материала и терморadiационная ползучесть) является актуальным и перспективным и в настоящее время.

Огромное число экспериментальных работ, связанных с нейтронным облучением показали заметные изменения как химических, так и механических свойств материалов, которые являются трудно восстанавливаемыми и сохраняются в течение длительного времени. Это обстоятельство послужило основополагающим фактором в разработке новых методов расчета элемента конструкций и сооружений, подвергающихся нейтронному облучению (атомные реакторы, искусственные спутники, космические корабли и станции).

При рассмотрении сферического тепловыделяющего элемента газоохлаждаемого атомного реактора АЭС, имеющего форму полой сферы, можно увидеть как влияет терморadiационная нагрузка на основные составляющие напряженно-деформированного состояния.

Для определения основных характеристик, описывающих напряженное состояние сферы используем систему уравнений для решения задач упругости изотропных тел, первое из которых представляет собой дифференциальное уравнение равновесия в сферической системе координат, выраженное через главные напряжения. Второе уравнение представляет собой обобщенный закон Гука, описывающий зависимость деформаций от напряжения.

где соответственно радиальные, окружные и угловые деформации; модуль Юнга; коэффициент Пуассона; деформации, возникающие за счет действия потока нейтронов; соответственно радиальные и окружные деформации терморadiационной ползучести.

Изменение воздействия той либо иной величины приведет к изменению и напряженно-деформированного состояния в самой сфере.

Определение основных характеристик, описывающих напряженное состояние сферы начнем с определения перемещений u и точек ее радиуса.

Введем обозначения ϵ и перепишем выражение

Далее в последнее выражение вместо величин, описывающих значения упругих деформаций, подставим соотношения Коши

Что дает нам выражение, позволяющее описать взаимосвязь главных напряжений от радиальных перемещений.

Получим выражение, описывающее уравнение равновесия, выраженное через радиальные перемещения.

Уравнение равновесия можно записать в более упрощенной форме:

Уравнение равновесия имеет различный вид в зависимости от условий нагружения и с учетом того, что значения радиальных и окружных деформаций ползучести меняют свое фактическое значение от времени, а на следующем временном этапе нагружения зависят еще и от значений напряжений и деформаций ползучести на предшествующем временном этапе нагружения. При рассмотрении трехфакторного нагружения (терморadiационная нагрузка, тепловая и радиационная ползучесть), целесообразней пользоваться численными методами, в частности, методом конечных разностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Займовский А.С., Калашников В.В., Головнин И.С. Тепловыделяющие элементы атомных реакторов. М.: Атомиздат. 1996, - 520с.
2. Головнин И.С., Лихачев Ю.И. Прогнозирование работоспособности твэлов с окисным горючим для быстрых натриевых реакторов. «Атомная энергия», 1976, т.40, вып.1, с. 27-37.
3. Лихачев Ю.И., Звонарев В.П. Распухание делящихся материалов в неравномерных температурных и нейтронных полях. «Атомная энергия», 1969, т.27, вып.3, с.196-200.