

ПРИМЕНЕНИЕ MORTAR-МЕТОДА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЭЛА С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ

П.С. Аронов

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва

aronovps@mail.ru

Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ) в энергетических реакторах является актуальной задачей. Среди многочисленных термомеханических процессов, которые необходимо учитывать при детальном моделировании ТВЭЛ, ключевым является контактное взаимодействие топливных таблеток (их количество достигает нескольких сотен) друг с другом и с оболочкой.

В работе построены методы численного решения мультиконтактных задач с учетом ползучести. Учет контактного взаимодействия осуществлен с помощью mortar-метода [1]. Для численного решения задачи развития деформаций ползучести на всем временном интервале эксплуатации ТВЭЛ (несколько лет) разработаны алгоритмы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений на основе явного, неявного методов Эйлера, метода трапеций с автоматическим выбором шага по времени [2].

Пространственная дискретизация задачи методом конечных элементов (в расчетах использованы элементы второго порядка) приводит к формированию системы линейных уравнений с нулевым блоком на главной диагонали (задача с седловой точкой). Показано, что использование модифицированных итерационных методов позволяет учитывать выход из контакта участков контактной поверхности без дополнительного вмешательства в алгоритм. Расчеты с большим числом таблеток продемонстрировали, что минимальное время вычислений достигается при использовании модифицированного метода Якоби (для 50 таблеток различие в 250 раз по сравнению с прямыми методами).

Учет деформаций ползучести приводит к значительному (в 5–10 раз) уменьшению значений напряжений в отдельных участках конструкции в конце рассматриваемого интервала времени (10 лет). При моделировании участка ТВЭЛ, включающего несколько десятков топливных таблеток, с учетом ползучести использование переменного шага позволяет существенно уменьшить количество шагов по времени, а время расчета уменьшается в 10–15 раз по сравнению с расчетами с постоянным шагом.

Список литературы:

1. Aronov P.S., Galanin M.P., Rodin A.S. Mathematical modeling of contact interaction of fuel elements with considering the creep using the mortar method // AIP Conf. Proc. 2023. V. 2549.
2. Aronov P.S., Galanin M.P., Rodin A.S. Application of algorithm with variable step in time to solve problem of contact interaction of fuel element with account of creep // AIP Conf. Proc. 2023. V. 2697.