

УДК 536.2

А.В.Гаев (6 курс, каф. МиПУ), Д.В.Шевченко (асп., каф. МиПУ),
А.И.Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУР ОСНОВНОГО РЕФЛЕКТОРА РАДИОТЕЛЕСКОПА РТ-70

Актуальной задачей проектирования и создания уникальных антенн, одной из которых является радиотелескоп РТ-70, является детальный анализ полей температур, деформаций и напряжений, возникающих в процессе их работы. Решение подобных задач, с учетом всех особенностей конструкции, может быть проведено только с помощью конечно-элементного (КЭ) моделирования.

В работе на основе разработанной полностью трехмерной (3D) КЭ модели (рис. 1) выполнены исследования теплового состояния элементов конструкции радиотелескопа РТ-70. Прямое КЭ моделирование позволило изучить особенности температурных полей, возникающих в основном рефлекторе и ферменном каркасе радиотелескопа РТ-70.

Для проведения КЭ анализа разработана 3D КЭ модель полноповоротной антенны РТ-70, которая учитывает три основных конструктивных элемента реальной конструкции: основной рефлектор, состоящий из фацет (тонкостенных оболочек); ферменный каркас радиотелескопа и контррефлектор. Ферменный каркас моделируется с помощью стержневых элементов (2-х узловых элементов LINK33 [1] с одной степенью свободы – температурой – в каждом узле). Для моделирования основного рефлектора применены 4-х узловых оболочечных конечных элементов типа SHELL57 [1] с одной степенью свободы – температурой – в каждом узле. Контррефлектор так же моделируется с помощью 4-х узловых оболочечных SHELL57 и 8-и узловых трехмерных твердотельных SOLID70 [1] конечных элементов с одной свободой – температурой – в каждом узле.

С целью детального описания и изучения методом прямого КЭ моделирования пространственного распределения температур, возникающего в радиотелескопе РТ-70, разработана иерархическая последовательность моделей.

Пространственная модель I уровня. Поверхность основного рефлектора состоит из связанных между собой поверхностей, число которых равно числу фацет в реальной конструкции (1188 фацет), ферменный каркас моделируется с помощью теплопроводящих стержневых элементов (рис. 1). Стержневая модель учитывает все трубы ферменного каркаса (~ 13 000), но не учитывается теплообмен стержней с окружающей средой.

Пространственная модель II уровня. Учитывается, что в реальной конструкции фацеты не соединены друг с другом, т.е. эта модель позволяет учитывать теплообмен с окружающей средой через боковую границу фацеты.

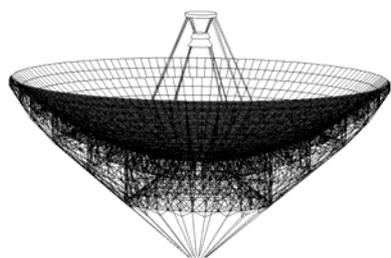


Рис. 1. Пространственная КЭ модель радиотелескопа РТ-70

В работе представлены результаты КЭ моделирования и исследования, полученные с помощью моделей I и II уровня. Теплофизические свойства используемых материалов: фацета, контррефлектор – алюминий, коэффициент теплопроводности $k_1 = 237$ Вт/(м·К); ферменный каркас – сталь, $k_2 = 43$ Вт/(м·К). Параметры пространственной КЭ модели I и II уровня: число КЭ – $NE_S = 378$ трехмерных твердотельных элементов; $NE_{SH} = 1\ 360$ оболочечных элементов; $NE_B = 38\ 322$ стержневых

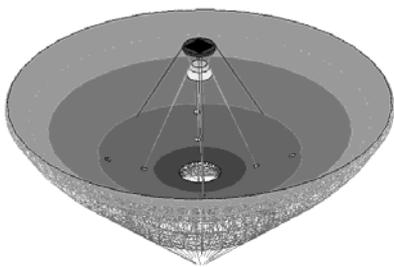


Рис. 2. Стационарное поле температур

элементов.

На рис. 2 представлено расчетное стационарное поле температур, возникающее в радиотелескопе РТ-70 (модель I уровня). Отметим, что максимальные значения температуры возникают в контррефлекторе и центральной части зеркала, $T^{max} = 41.3$ °С.

В табл.1 приведены результаты сравнения значений температур в контрольных точках, расположенных на внутренних сторонах фаяет основного рефлектора РТ-70, полученных с помощью разработанных пространственных КЭ

моделей I и II уровня и экспериментальным путем. В скобках приведено значение

относительной погрешности $\varepsilon = \left| \frac{T_{\text{эксп}} - T_{\text{МКЭ}}}{T_{\text{эксп}}} \right| \cdot 100\%$.

Из табл. 1 следует, что для модели I уровня погрешность вычислений превышает 25%, а применение пространственной КЭ модели II уровня позволило существенно уточнить результаты – относительная погрешность не превышает 7,6%.

Таблица 1

№	$T_{\text{эксп}}$, °С	$T_{\text{МКЭ}}$, °С (ε%) (модель I уровня)	$T_{\text{МКЭ}}$, °С (ε%) (модель II уровня)
1	30,1	39,5 (31,2%)	32,4 (7,6%)
2	30,6	40,1 (31,0%)	32,3 (5,5%)
3	31,0	40,5 (30,6%)	32,8 (5,8%)
4	31,9	40,9 (28,2%)	32,7 (2,5%)
5	32,8	41,2 (25,6%)	32,9 (0,3%)
6	31,9	41,0 (28,5%)	32,7 (2,5%)
7	31,7	40,8 (28,7%)	32,4 (2,2%)
8	32,8	41,3 (25,9%)	31,9 (2,7%)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Боровков А.И., Зубов А.В. Конечно-элементное решение стационарных и нестационарных нелинейных задач теплопроводности гетерогенных анизотропных сред. – М.: Изд-во ВИНТИ. N897-В94. 1994. 44с.