

ШУМЕЙКО И.В., ТРУБАЕВ А.И., канд. техн. наук

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ АЭС С УЧЕТОМ НАГРУЗОК, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В представленной работе были рассмотрены задачи статической прочности, собственных и вынужденных колебаний трубопроводной системы безопасности Ровенской АЭС, которая обеспечивает охлаждение ядерного реактора во время плановых и аварийных остановок. Надежная работа системы, которая подвержена действию динамических нагрузок, во многом определяет безопасность работы АЭС [1].

Задачи решаются на основе метода конечных элементов в форме перемещений [2]. Геометрия трубопровода позволила использовать элемент тонкой оболочки. Динамические нагрузки, действующие на трубопровод, вызваны пульсацией потока транспортируемой среды, связанной с циклической работой насосов. Давление в системе изменяется по закону $P(t) = P_0 + P_1 \sin \omega t$, где статическая составляющая $P_0 = 7,9 \text{ МПа}$, амплитуда $P_1 = 0,79 \text{ МПа}$, частота пульсации составляет 6 Гц. В связи с необходимостью оценки напряженного состояния при вынужденных колебаниях системы предварительно решена задача статической прочности с учетом максимального значения давления и исследована сходимость полученных решений. На рисунке 1 приведено распределение перемещений по трубопроводу. Места возникновения максимальных перемещений и напряжений обозначены позицией 1 и 2 соответственно. Максимальное напряжение возникает в равнопроходном тройниковом соединении. Решена задача о собственных колебаниях трубопроводной системы. В таблице 1 приведен спектр собственных частот, в котором частота №9 близка к частоте пульсации потока. На рисунке 1 место наибольших относительных перемещений на 9-ой форме собственных колебаний обозначено позицией 3.

Результаты расчета вынужденных колебаний показаны на рисунке 2:

а – изменение напряжений во времени в точке 1; б – изменение перемещений во времени в точке 3.

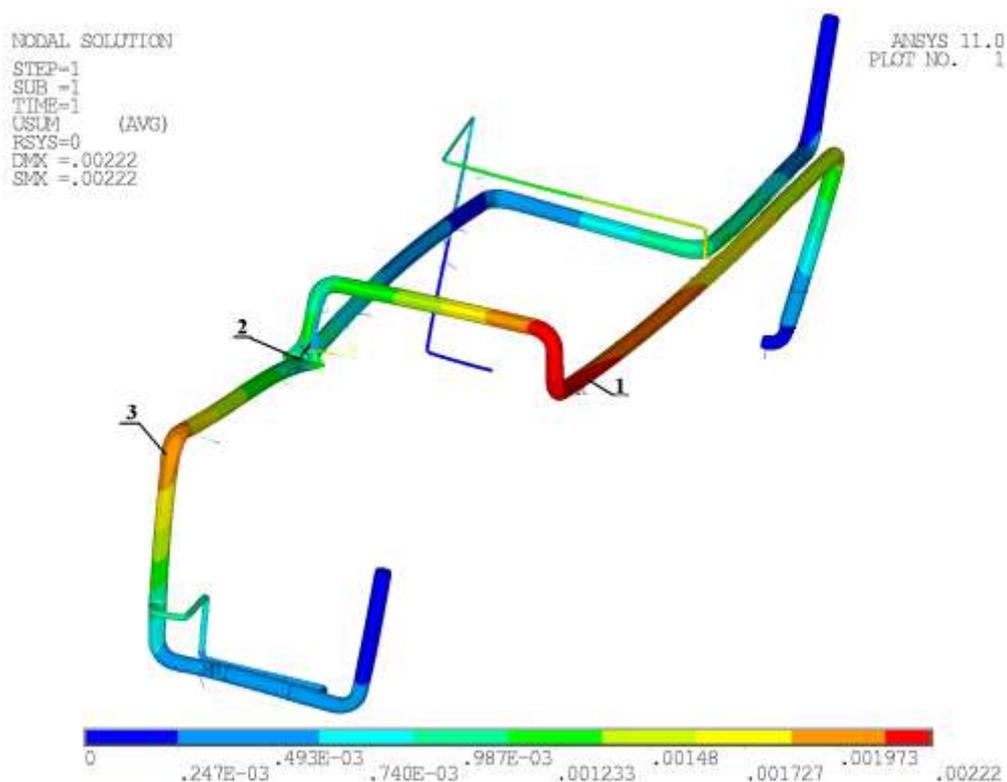


Рисунок 1 – Перемещения конструкции под действием статического давления

Таблица 1 - Частоты собственных колебаний трубопровода (Гц)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.04	2.11	2.49	2.88	3.53	4.28	4.47	5.02	6.13	6.82

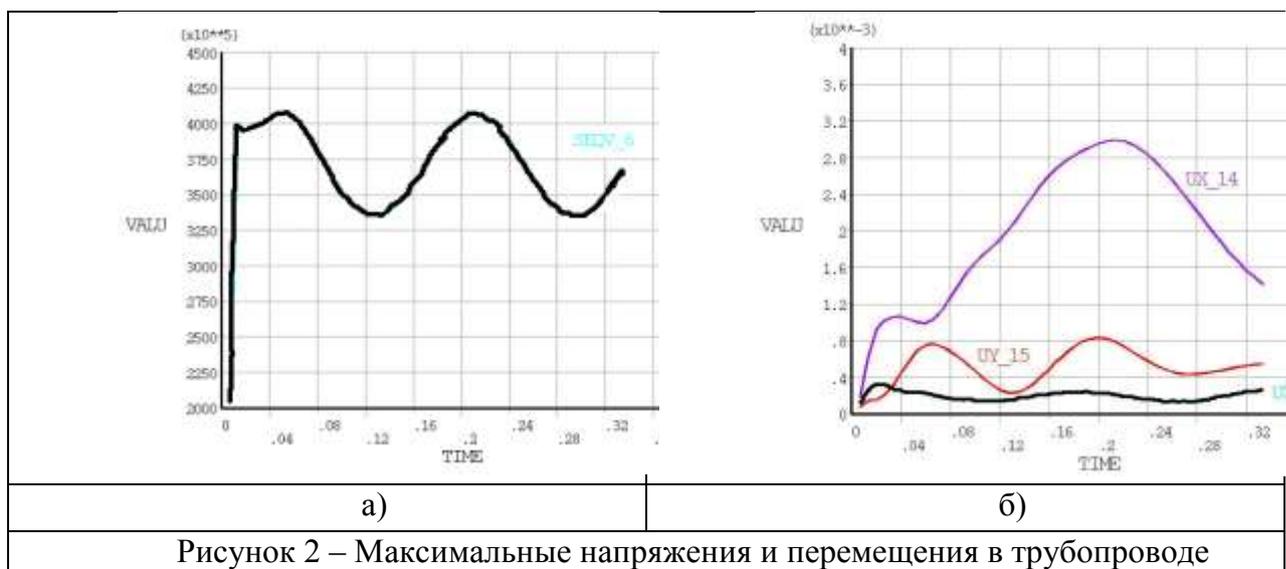


Рисунок 2 – Максимальные напряжения и перемещения в трубопроводе

Список литературы: 1. Демидов П.Н., Жовдак В.А., Кипоренко А.С. и др. Применение информационных технологий для прогнозирования остаточного ресурса трубопроводов АЭС. Вестник НТУ "ХПИ". Выпуск 36 - 2008, -С. 65-74; 2. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. М., "Высш. школа", 1975-342с.