

РАСЧЕТ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.

Белоцерковский А.Б., Трубаев А.И. канд.техн.наук

(г.Харьков, Украина)

The analysis of piping system under seismic forces using the finite element method has been carried out. The eigen-value problem is solved by the iteration method or Lancos algoritm. Velocities of support points are determinated by the spline - approximations. The specialized programming complex "Oscillations of pipelines" and the general purpose programming complex COSMOS/M are used for reciving of results.

В статье рассмотрены вынужденные колебания трубопроводов под действием сейсмической нагрузки. Задача решается путем разложения в ряд по собственным формам колебаний. Приведены численные результаты расчетов пространственной трубопроводной системы.

Рассматриваются вынужденные колебания трубопроводных систем при сейсмическом воздействии, заданном акселерограммами. Задача решается на основе метода конечных элементов в форм перемещений. В качестве конечного элемента используется прямолинейный стержень кольцевого поперечного сечения. Влияние потока транспортируемой среды на динамические свойства системы не учитывается. Демпфирование в системе моделируется вязким трением. Уравнение, описывающее движение конечноэлементной модели трубопровода, имеет вид

$$My'' + Ry' + Ky = P \quad (1)$$

Здесь M, R, K – матрицы инерции, демпфирования и жесткости конструкции соответственно; y - вектор узловых перемещений; P - вектор внешних узловых сил, который в общем случае представляется в форме

$$P = -K_1 y_1(t) - R_1 \dot{y}_1(t) - M_1 \ddot{y}_1(t) \quad (2)$$

где $y_1(t)$ - вектор перемещений опор системы, подверженных кинематическому воздействию. Подматрицы K_I, R_I, M_I позволяют выразить усилия, действующие на систему, через известные перемещения, скорости и ускорения кинематически возбуждаемых отметок конструкции.

Для получения значений скоростей и перемещений сечений трубопровода по заданным ускорениям используется сплайновая аппроксимация ([1,2]).

При решении задачи используется разложение возмущенного движения трубопровода в ряд по формам собственных колебаний. Чтобы избежать потери точности при определении динамического отклика трубопровода, необходимо исключить из рассмотрения перемещения системы как абсолютно жесткого целого ([3]). Уравнение колебаний в этом случае имеет вид

$$M\ddot{y}^* + R\dot{y}^* + Ky^* = -(MC + M_1)\ddot{y}_1 - (RC + R_1)\dot{y}_1 \quad (3)$$

где y^* - вектор динамических перемещений системы, из которого исключены перемещения системы как абсолютно жесткого целого; C - матрица псевдостатических коэффициентов влияния, определяемая соотношениями

$$C = -K^{-1}K_1 \quad (4)$$

Решив задачу о собственных колебаниях на основе алгоритма Ланцоша ([4]), можно перейти к определению динамического отклика системы.

Решение уравнения (3) представим в виде ряда по формам собственных колебаний

$$y^* = \sum_{i=1}^s z_i Q_i \quad (5)$$

Здесь s - число степеней свободы; Q_i - вектор i -й собственной формы колебаний; z_i - коэффициент разложения в ряд, зависящий от времени.

Исследованы вынужденные колебания трубопровода турбоустановки (рис. 1) при сейсмическом воздействии.

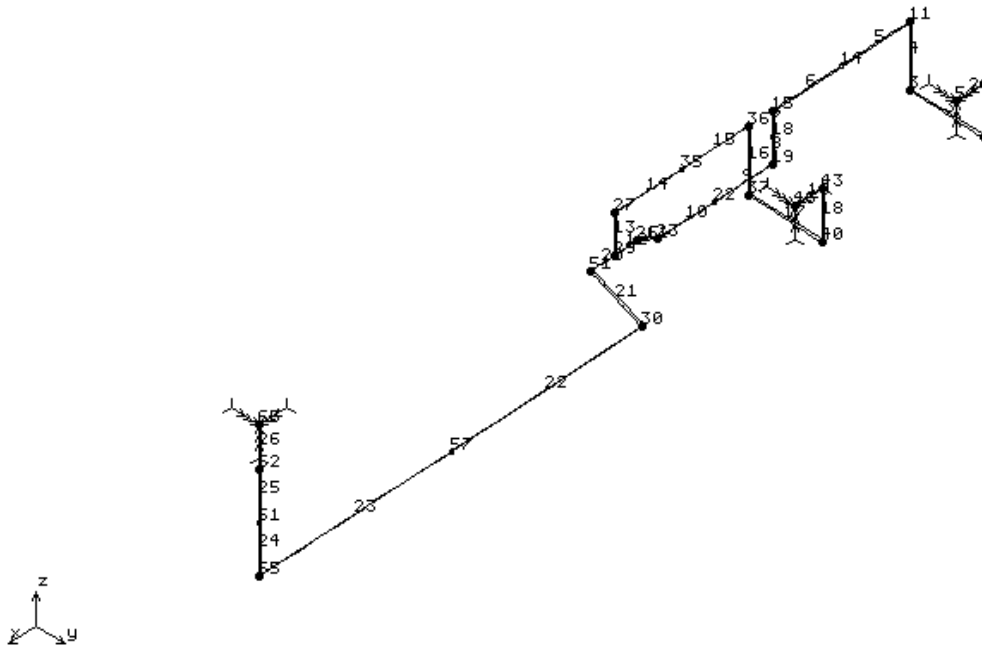


Рис. 1. Конечноэлементная модель конструкции трубопровода.

Трубопровод имеет следующие характеристики: наружный диаметр 0.42 м; толщина стенки 0.015 м; погонный вес 147.15 Н/м; модуль Юнга $1.962 \cdot 10^{11}$ Па. Система разбивалась на 26 конечных элементов. Проведен расчет собственных частот трубопровода с помощью программ комплексов: "Колебания трубопроводных систем" и COSMOS/M. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Собственные частоты системы.

номер частоты	значение частоты(Гц), полученное специализир.ПК	значение частоты(Гц), полученное ПК общего назначения
1	6.4559	6.5398
2	6.7251	6.7488
3	12.1925	12.1954
4	15.2688	16.0865
5	17.2931	17.1744
6	20.4166	19.7577
7	23.7763	22.4939
8	27.8001	25.3715
9	30.5605	28.6302
10	33.4652	30.6811

Проведен расчет сейсмических колебаний трубопровода. Результаты по максимальным перемещениям приведены на рис. 2 и рис. 3

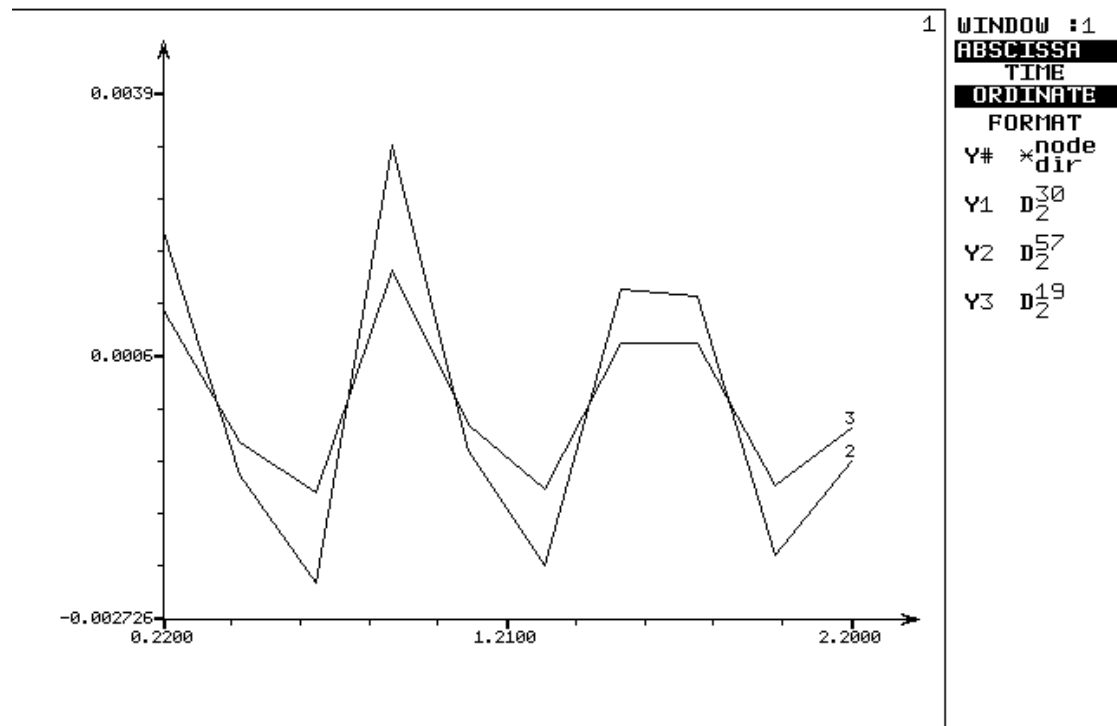


Рис. 2. Максимальные перемещения, полученные ПК COSMOS/M.

Список литературы: 1. Алберг Д., Нильсон Э., Уолш Д. Теория сплайнов и ее приложения. - М.: Мир, 1972. 2. Иглин С.П., Марченко Т.М., Трубаев А.И. Динамический анализ трубопроводов при сейсмическом воздействии с учетом различных законов движения отдельных опор. - Динамика и прочность машин. Республиканский межведомственный научно-технический сборник., ХГПУ, Вып.55,1997. 3. Клаф Р., Пензиен Д. Динамика сооружений. - М.: Стройиздат,1979.