

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

А.Б. Белоцерковский, А.И. Трубаев

Виконаний динамічний аналіз трубопроводів при сейсмічному впливі, який задається акселерограмами. Порівнюються результати, отримані з використанням спеціалізованої програми “Коливання трубопроводів” і програмного комплексу Cosmos/M.

Рассматриваются вынужденные колебания трубопроводных систем при сейсмическом воздействии, заданном акселерограммами. Задача решается на основе метода конечных элементов в форме перемещений. В качестве конечного элемента используется прямолинейный стержень кольцевого поперечного сечения. Демпфирование в системе моделируется вязким трением. Предполагается, что при сейсмическом воздействии все опоры трубопровода испытывают одинаковое ускорение[1]. Уравнение, описывающее движение конечно-элементной модели трубопровода, имеет вид

$$[M]\ddot{y} + [R]\dot{y} + [K]y = -[M]\{N\}\ddot{y}_0(t) \quad (1)$$

Здесь M, R, K – матрицы инерции, демпфирования и жесткости конструкции соответственно; y – вектор узловых перемещений; $\ddot{y}_0(t)$ – ускорение опор системы; $\{N\}$ – вектор, содержащий направляющие косинусы перемещений опор в общей системе координат.

Для решения уравнения (1) используется метод Ньюмарка[2], численные результаты получены с использованием программного комплекса COSMOS/M.

Выполнены расчеты для трубопровода турбоустановки (рис. 1) при сейсмическом воздействии. Для компоненты ускорения вдоль оси OY каждого жестко закрепленного узла задавалась одинаковая

акселерограмма: $\ddot{y}_0 = 4 * \sin 20t$ (м/сек²). Трубопровод имеет следующие характеристики: наружный диаметр 0.42 (м); толщина стенки 0.015 (м); погонный вес 147.15 (Н/м); модуль Юнга $1.962 * 10^{11}$ (Па). Шаг интегрирования 0.0314 (сек). Система разбивалась на 26 и на 52 конечных элемента.

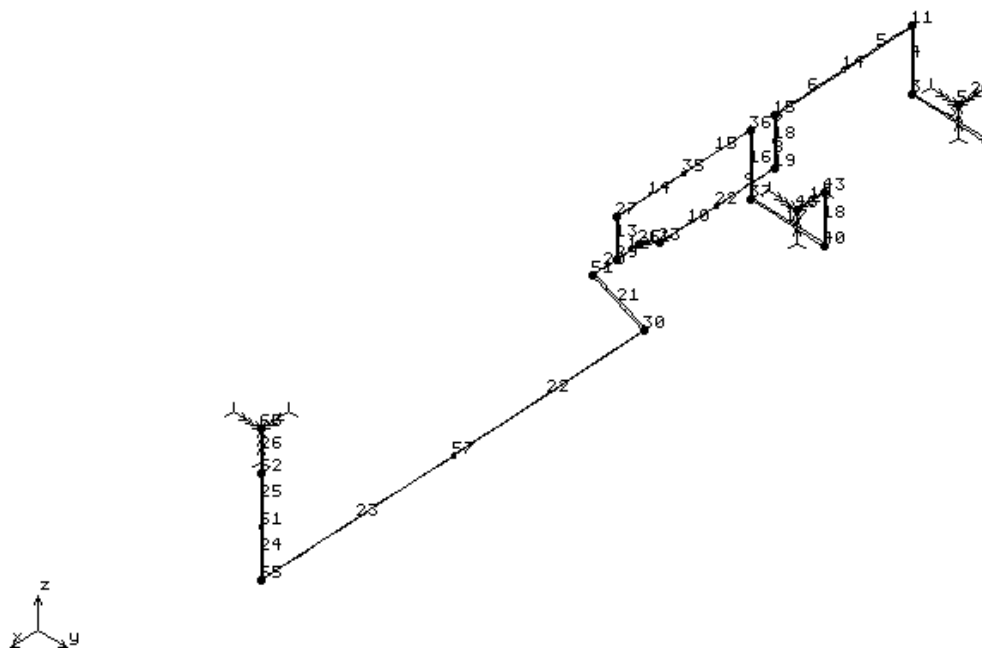


Рис. 1. Конечно-элементная модель конструкции трубопровода.

Результаты расчета собственных колебаний даны в табл. 1. Приведенные частоты хорошо согласуются с частотами, полученными ранее с использованием других программных средств[1].

Таблица 1. Собственные частоты трубопровода (Гц).

№ частоты	значение частоты (26 КЭ)	значение частоты (52 КЭ)	погрешность в %
1	6.5398	6.5225	0.26
2	6.7488	6.7527	0.06

3	12.1954	12.3208	1.03
4	16.0865	16.1712	0.53
5	17.1744	17.5574	2.23
6	19.7577	20.3469	2.98
7	22.4939	24.1772	7.48
8	25.3715	26.9230	6.11
9	28.6302	30.5213	6.60
10	30.6811	33.1962	8.19

Собственные частоты с номерами 1-5 практически не отличаются (погрешность в определении 5-ой частоты составляет 2.2%), максимальная погрешность в определении частот с номерами 6-10 составляет 8% для 10-ой частоты.

Исследованы перемещения узлов с номерами 30, 26, 19 (см. рис. 1) для 26-и элементной модели и их аналогов с номерами 72, 34, 22 для 52-х элементной модели. Результаты представлены на рис. 2.

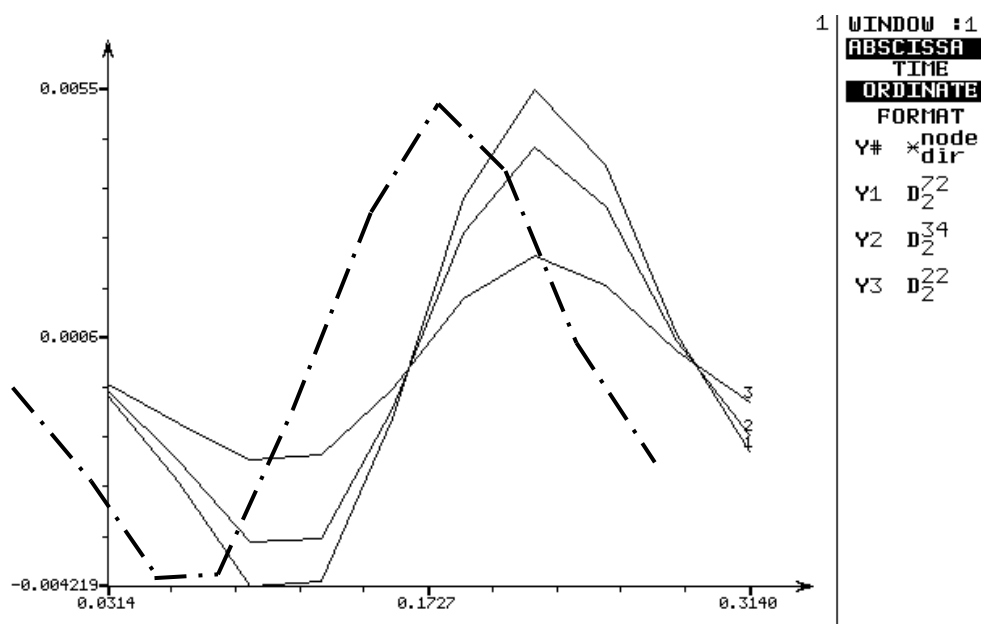


Рис. 2. Перемещение при сейсмических воздействиях(м)(52 КЭ).

Из рис. 2. видно, что колебания происходят с частотой внешнего воздействия $\rho=20$ (рад/сек), что соответствует случаю низкочастотного возбуждения $\rho < \rho_1$. Максимальное перемещение наблюдается в узле

№30(72) в момент времени $t=0.22$ (сек). На графике штрих-пунктиром показаны перемещения узла №30 26-ти-элементной модели. При увеличении числа конечных элементов модели трубопровода вдвое (с 26 до 52), максимальное перемещение при сейсмических колебаниях увеличилось на 2%, что позволяет сделать вывод о достаточной точности более простой модели.

Вывод: исследованы динамические характеристики трубопровода, выполнено сопоставление с результатами, полученными с использованием других программных средств[1], подтвердившее достоверность представленных результатов.

Список литературы: 1. 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, 1997, 55, сс.159-166. 2. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов // Уч. пособие для студентов авиац. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1985.- 392 с.