

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ГОФРА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ СЖАТИИ ГОФРИРОВАННОЙ ПРОКЛАДКИ МЕЖДУ ДВУМЯ ЖЕСТКИМИ ПЛИТАМИ

В работе [1] при нахождении жесткости гофров предполагалось, что все гофры находятся в одинаковых условиях, а внешняя нагрузка распределена равномерно по вершинам гофров.

Дальнейшие исследования показали, что гофры имеют различные граничные условия в вершинах, вследствие чего внешняя нагрузка распределяется между ними неравномерно.

Гофрированная прокладка представляет собой статически неопределимую, многоопорную, криволинейную балку с n равными пролетами.

Пользуясь уравнением трех моментов

$$\delta_{n\ n-1} X_{n-1} + \delta_{nn} X_n + \delta_{n\ n+1} X_{n+1} + \delta_{nP} = 0,$$

составляем систему канонических уравнений и, решая ее, устанавливаем связь между силами P_1, P_2, \dots, P_n , действующими на вершины гофров, и опорными моментами X_1, X_2, \dots, X_{n+1} . Коэффициенты канонических уравнений определяются равенствами (1):

$$\left. \begin{aligned} \delta_{n\ n+1} = \delta_{n\ n-1} &= \frac{1}{EI} \int_0^e M_n \cdot M_{n+1} \cdot dl, \\ \delta_{nn} &= \frac{1}{EI} \int_0^e M_n^2 \cdot dl \cdot \delta_{nP} = \frac{1}{EI} \int_0^e M_n \cdot M_P \cdot dl; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где M_n, M_{n+1} — внутренние моменты в n и $n+1$ пролетах, возникающие от единичных моментов, приложенных к $n-1, n$ опорам;

M_P — внутренний момент в $n, n+1$ пролетах, возникающий под действием P_n и P_{n+1} ;

E — модуль Юнга;

I — момент инерции поперечного сечения гофра.

Затем, рассматривая каждый отдельный гофр с приложенными нагрузками как двухопорную криволинейную балку, пользуясь интегралами Мора для изгиба, находим вертикальные перемещения Δy_n вершин гофра

$$\Delta y_n = \frac{1}{EI} \int_0^e M_i \cdot M_{Pn} \cdot dl, \quad (2)$$

где M_i — внутренний момент от единичной силы, действующий в направлении силы P_n ;

M_{Pn} — внутренний момент от силы P_n и опорных моментов.

После интегрирования из выражения (2) находим жесткость гофров.

Так как прокладка сжимается между жесткими плитами, то перемещения Δy_n всех вершин гофров одинаковы. Из этого условия находим закон распределения внешней нагрузки по вершинам гофров.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Внешняя нагрузка по вершинам гофров распределена пропорционально их жесткостям.

2. Жесткости гофров не одинаковы, так как различны опорные моменты.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Волк, Г. А. Новиков. Циклическое сжатие гофрированной прокладки между жесткими плитами, Труды КуАИ, выпуск XXXVI, 1969.

Е. А. Панин

МЕТОД РАСЧЕТА ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДА С УПРУГО-ДЕМПФИРУЮЩЕЙ ОПОРОЙ

В настоящее время во многих инженерных задачах, связанных с расчетом вынужденных поперечных колебаний трубопроводов гидравлических систем летательных аппаратов с упруго-демпфирующими опорами (УДО), основное внимание уделено определению относительной жесткости системы, обеспечивающей минимальные напряжения в трубопроводе.

В данной работе рассмотрен иной подход к определению оптимальных условий, заключающийся в отыскании абсолютных параметров и размеров системы «трубопровод — УДО» по двум характерным настройкам. В основу расчета положены условия обеспечения работы системы с минимально возможными уровнем напряжений или коэффициентом усиления при предельной норме вибрации изделия на протяжении всего ресурса.

В качестве примера расчета выбрана наиболее часто встречающаяся в практике схема заземленного по концам прямого трубопровода с промежуточной УДО. Система возбуждается кинематически через опоры. Для нее получены основные расчетные зависимости в безразмерных параметрах: напряжения σ в трубопроводе, эффективной жесткости c системы и коэффициента поглощения ψ УДО.

График функции $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(c, \psi)$ с ростом c сначала убывает, достигая минимума, а затем снова возрастает. Приняв, что величина σ не может быть более, чем предельная рабочая настройка H , получим область рабочих настроек системы. Под предельной рабочей настройкой H системы с УДО понимается такая максимальная величина σ , при которой в опасном сечении трубопровода при воздействии на систему виброскорости возбуждения, равной норме вибрации на изделии, наибольшее напряжение достигает допустимого значения.

Имея зависимость изменения характеристик УДО от числа циклов знакопеременного нагружения, можно записать главное условие оптимизации системы с УДО

$$\bar{\sigma}_n(c_n \psi_n) = \bar{\sigma}_k(c_k \psi_k) \leq H.$$

Здесь индексы «Н» и «К» обозначают начальную и конечную настройки, в которых учтены изменения характеристик опоры в начале и конце ресурса при воздействии на систему нормы виброскорости на изделии. Изменение величин наибольших напряжений в рабочем диапазоне частот на протяжении всего ресурса определяется при поверочном расчете в заданной системе «трубопровод — УДО».

Определение абсолютных параметров и размеров трубопровода и УДО при проектировочном расчете осуществляется из условия наименьшего значения начальной и конечной настроек в заданном диапазоне частот.

Рассмотренный подход к решению задачи применим для широкого класса систем трубопроводов, так как предельная, начальная