

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Хаяси. Нелинейные колебания в физических системах. М., изд. «Мир», 1968.
2. Митропольский Ю. А. Нестационарные процессы в нелинейных колебательных системах. Киев, изд. АН УССР, 1955.
3. Иванов В. П., Огородов В. Т. Высокочастотный воздушный вибростенд. В сб. «Вибрационная прочность и надежность авиационных двигателей», Куйбышев, труды КуАИ, выпуск XIX, 1966.
4. Жуков К. А., Иванов В. П., Письменов В. А., Раткин И. Я. Опыт эксплуатации высокочастотного вибрационного стенда КуАИ-ВВ-2А. В сб. «Вибрационная прочность и надежность двигателей в систем летательных аппаратов», Куйбышев, труды КуАИ, выпуск XXXVI, 1969.

Е. А. Панин, М. А. Мальтеев

ОПОРЫ ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛА МР, РАБОТАЮЩЕГО НА ИЗГИБ

Специфика оптимального демпфирования систем трубопроводов, связанная с выбором определенной жесткости C и коэффициента поглощения Ψ опор, потребовала создания новых конструкций опор с упругим элементом из МР, работающим на изгиб.

В применяемой в настоящее время модификации МР может выдерживать значительные нагрузки при циклической деформации сжатия. Гораздо меньшие нагрузки материал выдерживает при растяжении вследствие специфического структурного строения. Растяжение приводит к разрыхлению структуры, увеличению объема, сокращению числа связей и уменьшению контактного давления в них, а, следовательно, и снижению упругого и неупругого сопротивлений между отдельными группами витков. При изгибе действуют как растягивающие, так и сжимающие нормальные напряжения, распределение которых по объему детали отражает ее сопротивляемость циклическим нагрузкам. С ростом числа циклов знакопеременного нагружения происходит расслаивание, нарушение сплошности МР и, как следствие этого, ослабление сечения. Постепенно накапливаясь и суммируясь, локальные повреждения дают начало общему разрушению детали. Поэтому для повышения сопротивляемости МР изгибу необходимо принимать ряд мер, обеспечивающих равномерное распределение плотности по объему детали и наиболее выгодную ориентацию спиралей по отношению к действующей нагрузке. Достигается это применением ориентированной укладки спиралей в заготовке, подбором величины и направления усилия прессования.

Экспериментальные исследования показали, что при созда-

нии элементов из МР необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

стремиться укладывать спираль в заготовке таким образом, чтобы в детали направление деформирующей нагрузки совпадало с плоскостями витков;

по возможности обеспечивать совпадение направлений действующей нагрузки с усилием прессования;

иметь в виду, что в одной и той же детали величина модуля упругости в направлении действия усилия прессования значительно ниже (в 2—2,5 раза), чем в направлении нормали к нему.

Важную роль в упрочнении материала МР играет силовое армирование. Упругий элемент при этом воспринимает случайные растягивающие нагрузки, возникающие при монтаже и эксплуатации, предохраняя материал МР от необратимых изменений. В качестве армирующих элементов предлагается использовать растянутую спираль основной проволоки, трос, металлическую сетку. Силовое армирование следует вводить не по всему поперечному сечению детали, а только в зоне его нейтральной линии. Установлено, что армирование не изменяет изгибной жесткости детали, если оно составляет не более 10% от веса детали, при применении в качестве армирующего элемента основной проволоки. Исследованиями не обнаружено падения демпфирующих свойств армированных деталей, наоборот, при некоторых его видах (армирование тросом) демпфирующие свойства несколько возрастают.

Учитывая изложенные особенности материала МР, работающего на изгиб, нами разработаны и доведены несколько типов конструкций упруго-демпфирующих опор. К ним можно отнести ленточные (авт. свид. № 246972, Бюллетень № 21, 1969), колодочные опоры и специальные кронштейны.

Ленточная опора (рис. 1) состоит из эластичной ленты, охватывающей трубопровод. Лента изготовлена из материала МР ориентированной структуры. Силовое армирование выполнено с помощью растянутой спирали основной проволоки. На концах ленты сделаны отверстия с запрессованными в них пистонами, через которые проходит крепежный болт. Спираль в заготовке ленты укладывается виток к витку поочередно в продольном и поперечном направлениях на специальном разъемном каркасе, который затем при прессовании удаляется.

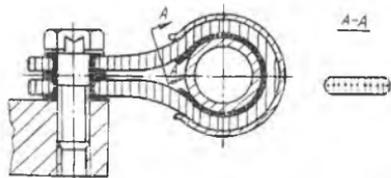


Рис. 1. Ленточная упруго-демпфирующая опора

Для деталей, работающих на изгиб, удельное давление прессования выбирается значительно большим, чем для деталей, работающих на сжатие (изгиб — $2000 \div 3000 \frac{\text{дан}}{\text{см}^2}$, сжатие — $300 \div$

$\div 500 \frac{\text{дан}}{\text{см}^2}$). Это повышает сопротивляемость материала циклическим нагрузкам, увеличивает плотность упаковки витков, их взаимное сцепление, хотя и несколько снижает коэффициент поглощения энергии. Кроме того при совпадении усилия прессования с плоскостью изгиба ленты повышенное усилие прессования заставляет плоскости витков спиралей занимать благоприятное расположение по отношению к направлению действия нормальных напряжений изгиба.

Ленточная опора может быть использована для крепления труб с различными наружными диаметрами. При этом за счет изменения величины рабочей зоны пролета упругие свойства опор меняются. Таким образом, несколько типоразмеров ленточных опор позволяют создать унифицированный ряд семейства с возможным регулированием их характеристик. Это свойство является очень важным при осуществлении оптимального демпфирования трубопроводных систем. Объектом настоящего исследования был выбран ряд, состоящий из трех лент, предназначенных для применения трубопроводов, имеющих наружные диаметры от 6 до 16 мм. Поперечное сечение ленты прямоугольное, с размерами 3×16 мм, длина — 69,81 и 93 мм. Материал проволоки — ЭИ-708; диаметр проволоки — 0,09 и 0,15 мм; диаметр и шаг спирали — $1,2 \div 1,5$ мм; удельное давление прессования — $2000 \frac{\text{дан}}{\text{см}^2}$. Силовое армирование выполнено из 60 витков растянутой спирали основной проволоки.

Колодочные опоры (рис. 2) также представляют значительный интерес, так как содержат минимальное количество деталей, разборны, удобны при монтаже, взаимозаменяемы и поддаются регулированию.

Нередки случаи, когда с целью уменьшения уровня усилий и моментов из-за температурных расширений в трубопроводах в их схему включают специальные компенсаторы линейных и угловых перемещений. Нам представляется, что в некоторых случаях роль компенсирующих устройств могут выполнять упруго-демпфирующие опоры или специальные кронштейны, выполненные из материала МР. Например, простейшими кронштейнами могут быть стержни с отверстиями на концах для их крепления. Такие кронштейны могут набираться из нескольких стержней в зависимости от требуемых характеристик упругости и демпфирования.

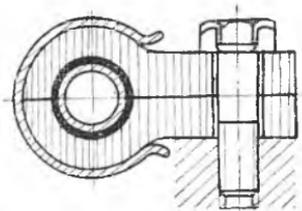


Рис. 2. Колодочная упруго-демпфирующая опора