

Афанасьев А. А., д-р техн. наук, проф.,
Афонин Г. Г., инженер,
Проскурин Ю. А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИИ СПЕЦИАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА (КОМПЕНСАТОРА) ДЛЯ ГАШЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ЭФФЕКТА КРУТИЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

alexaf-12@mail.ru

Результаты выполненной работы могут быть применены во многих отраслях промышленности для создания нового класса компенсаторов крутильных перемещений, позволяющих расширить арсенал технических средств при проектировании трубопроводных систем для оптимизации проектных решений. Специальная конструкция предлагаемого устройства позволяет решать задачи по снижению динамических нагрузок при передаче крутящего момента, устранению автоколебаний, например трансмиссии, за счет управляемой жесткости упругого элемента компенсатора. Предлагаемое специальное устройство может быть использовано также в автомобильной промышленности, в машиностроении и других технических областях и производствах.

Ключевые слова: Компенсатор угловой, компенсатор сиффонный, компенсатор осевой, компенсатор сдвиговой, крутильные перемещения.

Введение. Во многих отраслях промышленности, где используются трубопроводные системы для транспортирования жидких и газообразных веществ используются компенсаторы для компенсации перемещений, возникающих в результате теплового изменения длины трубопровода, внешних воздействий, погрешностей монтажа частей трубопровода относительно друг друга.

В настоящее время в промышленности используются тысячи разнообразных типов компенсаторов в зависимости от параметров транспортируемой среды, функционального назначения и отрасли промышленности, в которой они применяются.

Все многообразие компенсаторов можно условно разделить на три типа, в зависимости от компенсируемого перемещения: осевые, сдвиговые, угловые.

Кроме перечисленных перемещений трубопроводов (участков трубопроводов относительно друг друга) существуют крутильные перемещения, которые, в настоящее время, компенсируются комбинацией существующих компенсаторов.

На данном этапе времени стратегия конструирования трубопроводов, при отсутствии компенсаторов крутильных перемещений, заключается в недопущении возникновения крутильных перемещений, что ограничивает возможности конструктора по выбору оптимальной конструкции трубопровода. Возникает необходимость в установках дополнительных дорогостоящих неподвижных опор, в изменении конфигурации трубопровода и, следовательно, стоимости. Необходимость в крутильных компенсаторах чаще возникает при проектировании

пространственных трубопроводов на участках примыкания трубопроводов к оборудованию (насосам, емкостям и т.п.).

Методология. Создание компенсатора крутильных перемещений, математическое обоснование его работоспособности и прочности, планирование изготовления устройства в масштабах серийного производства позволит совершить принципиально новый подход к проектированию трубопроводных систем и позволит предприятиям, освоившим изготовление компенсаторов крутильных перемещений, стать пионерами в новом направлении компенсаторостроения.

Проблема компенсации крутильного перемещения существует и в автомобильной промышленности. Двигатель автомобиля устанавливается на амортизирующие опоры и при изменении крутящего момента на валу, совершает поворотные перемещения, а перемещения выхлопной системы происходит поступательно по осям пространственной системы координат XYZ. Поэтому компенсатор, соединяющий двигатель и выхлопную систему, должен компенсировать не только линейные, но и крутильные перемещения.

При отсутствии крутильных компенсаторов проблема решается установкой между двумя Г-образными коленами (двигателя и выпускного тракта) сдвигового компенсатора. Для того чтобы уменьшить сопротивление выпускного тракта можно удалить два Г-образного колена и вместо сдвигового компенсатора поставить комбинацию из осевого (универсального) и крутильного компенсаторов, выпрямив траекторию движения газов от двигателя до выхлопной трубы.

Основная часть. В данной статье рассматриваются только герметичные металлические компенсаторы и не рассматриваются сальниковые, манжетные и другие типы, в которых герметичность осуществляется за счет плотного контакта подвижных деталей, так как они по многим параметрам уступают герметичным металлическим, не имеющим относительных перемещений деталей со скольжением. Герметичность, обеспечиваемая за счет плотного контакта подвижных элементов компенсаторов, не является гарантированной. Указанные компенсаторы не могут применяться в трубопроводных системах транспортирующих ядовитые, радиоактивные и пожароопасные вещества.

Кроме того компенсирующий элемент разработанного нового крутильного компенсатора могут использоваться как силовой элемент муфты для передачи крутящего момента в механических системах для таких функций, как:

- снижение ударных нагрузок при передаче крутящего момента;
- предотвращения автоколебаний (резонансных крутильных колебаний трансмиссии).

Разработанная конструкция компенсатора крутильных перемещений являются гарантированно герметичными, так как герметичность обеспечивается за счет целостности упругого элемента, который представляет собой компактный упругий блок из вставленных друг в друга соосных трубных заготовок. Такое устройство позволяет многократно увеличивать угол поворота единичной трубы блока.

При наличии n количества единичных труб, полный угол закручивания устройства составит:

$$\varphi = \varphi_1 \cdot n. \quad (1)$$

Из закона Гука

$$\varphi_1 = \frac{Tl}{J_0 G}, \quad (2)$$

где J_0 – геометрический полярный момент инерции; l – длина трубы; G – модуль сдвига (Па), const; T – крутящий момент.

Полярный момент инерции рассчитывается по формуле

$$J_0 = \frac{\pi D^4}{32} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right), \quad (3)$$

где D – внешний диаметр, d – внутренний диаметр.

Угловая жесткость β скручиваемой трубы (при необходимости определения) рассчитывается по формуле:

$$\beta = \frac{T}{\varphi}, \quad (4)$$

где T – крутящий момент; φ – полный угол

закручивания.

Единичные трубы компенсационного блока имеют разные диаметры и, следовательно, разные моменты инерции. Поэтому в необходимых случаях для обеспечения равной деформации сдвига необходимо обеспечить одинаковые моменты инерции за счет разной толщины единичных труб.

В таблице представлены примерные характеристики крутильных компенсаторов, которые не являются предельными. В соответствии с конкретным заданием могут изменяться в широких пределах.

Таблица 1

Характеристики крутильных компенсаторов

Параметры	Условный проход	
	Ду 80	Ду 800
Диаметр патрубков под приварку, мм	89	820
Назначение	компенсация крутильных перемещений	
Давление расчетное, МПа	2,5	2,5
Температура расчетная, °С	150	150
Угол поворота, град.	±5°	±3°
Крутильная жесткость, Нм/град	106	17620
Количество циклов	1000	1000

Выводы. 1. По результатам научных исследований разработана новая конструкция компенсатора, позволяющая нейтрализовать негативные последствия крутильных перемещений элементов конструкций:

2. Сотрудники БГТУ – авторы разработки новой конструкции устройства для компенсации крутильных перемещений предлагают сотрудничество по освоению и производству компенсаторов и демпфирующих муфт для передачи крутящего момента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Изд. «МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2000. 592 с. ISBN 5 7038-1371/
2. 70 лет в энергетике. ЭНЕРГОМАШ. Белгород. Руководящий документ по применению РД-3-ВЭП-14-3113. Компенсаторы сильфонные многослойные металлические. [www/websvarka.ru/talk/indeks.php?](http://www.websvarka.ru/talk/indeks.php?)
3. Афанасьев А.А., Рыбак Л.А., Гапоненко Е.В., Мамаев Ю.А. К вопросу о совершенствовании систем качества и национальных стандартов [электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-11760> (дата обращения: 21.01.2014).