# БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ ИРАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электронной техники и технологии

**РЕФЕРАТ**

**на тему:**

**«Ультразвуковые колебательные системы технологического оборудования. Классификация колебательных систем»**

# МИНСК, 2008

# Ультразвуковая колебательная система (УЗКС) предназначена для преобразования электрической энергии в акустическую и передачи ее ультразвуковому инструменту или технологической среде. Типичная УЗКС система показана на рис. 1. Колебательная система работающая в режиме продольных колебаний.

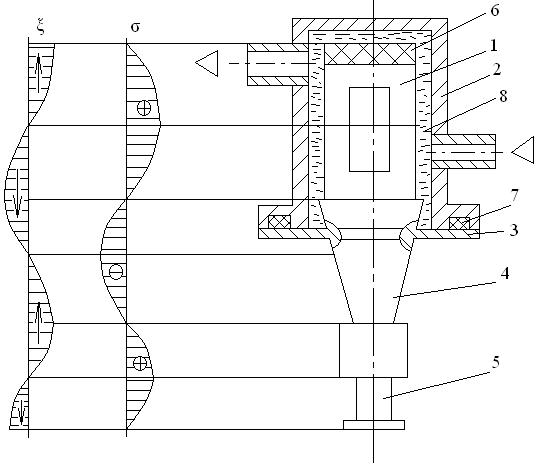


Рисунок 1. Колебательная система в режиме продольных колебаний

1 - преобразователь; 2 - корпус; 3 - опора; 4 - концентратор; 5 - инструмент; 6 - звукопоглащатель; 7. - уплотнение; 8. - охлаждающая жидкость.

Она состоит из преобразователя 1, трансформатора 4, инструмента 5 и поглотителя звуковых колебаний 6. Опоры 3 служат для крепления корпуса 2 и всего узла в составе технологической установки. Жидкость 8 охлаждает систему при ее нагреве. Герметизация охлаждаемого объема осуществляется уплотнением 7. В колебательной системе любой конструкции всегда присутствует активный и пассивный элемент. Активный элемент системы, УЗ преобразователь предназначен для непосредственного преобразования энергии электрических колебаний в энергию механических колебаний. По принципу работы преобразователи бывают: электродинамические, электростатические, пьезоэлектрические, электромагнитные, магнитострикционные. Наибольшее распространение получили магнитострикционные и пьезоэлектрические. Они позволяют достаточно эффективно преобразовывать и излучать в нагрузку большие плотности акустической энергии. Пассивный элемент системы выполняет одну или несколько из следующих функций

1. Трансформация амплитуд;
2. Согласование механического сопротивления внешней нагрузки (инструмента, технологической среды) с внутренним сопротивлением активного элемента.
3. Крепление колебательной системы в технологической машине.
4. Связь колебательной системы с инструментом.
5. Создание УЗ поля в технологической среде (например, в моющей жидкости), технологическом устройстве корпуса ванны, обрабатываемом объекте (расплаве металла).

В зависимости от выполняемой функции пассивный элемент может называться волноводом (ф.2,3), трансформатором амплитуд или концентратором (ф.1,2,3) или излучателем (ф.3,5). Иногда пассивный элемент выполняет функцию преобразования колебаний: например, продольных в изгибные, продольных в крутильные и т.д. Активный и пассивный элементы жестко соединяются между собой. Причем это соединение может быть как разъемным, так и не разъемным.

Параметры колебательных систем.

1. Резонансная частота (f0) - частота на которой достигаются наибольшие значения колебательных смещений и скоростей.

На резонансной частоте достигается наилучшее согласование всех элементов системы.

Система может иметь несколько резонансных частот. Для каждой резонансной частоты характерна своя форма колебаний и геометрическое распределение стоячей волны (изгибные, крутильные, продольные, комбинированные и т.д.)

Добротность Q - отношение накопленной в резонансной системе энергии к потерям ее за одни период.

Добротность характеризует крутизну и вид АЧХ, ширину полосы рабочих частот колебательной системы.

Обычно добротность определяют экспериментально. Для этого снимают экспериментальную амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) и вычисляют по формуле

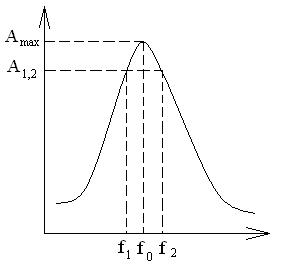


Рисунок 2. К определению добротности.

, (1)



Где Δf = f1-f2 - изменение частоты колебаний системы, при которой амплитуда колебаний уменьшается в е раз.

При использовании колебательной системы для излучения в жидкости

Q = 10-20, что обеспечивает максимальную подачу энергии. При работе с концентратором стремятся к высоким значениям добротности Q = 100-1000. Такая добротность обеспечивает большие амплитуды колебаний выходного торца концентратора.

Механический импеданс (z) - отношение знакопеременного давления в какой либо точке поверхности тела или жидкости, на которое воздействует колебательная система, к колебательной скорости в этой точке.

При f0: z = zmin; при f ≠ f0 значение z→max;

Соответственно при zmin: ξ = ξmax, а при z ≠ zmax ξ << ξmax.

Колебательная система еще характеризуется: амплитудой смещения, подводимой электрической мощностью, мощностью отдаваемой в нагрузку

# Классификация технологических колебательных систем:

1. По типу преобразователя УЗКС делят на магнитострикционные и пьезоэлектрические, гидродинамические и аэродинамические.
2. По типу колебаний УЗКС делят на:

- системы продольных колебаний;

- системы продольных крутильных колебаний;

- cистемы продольных изгибных колебаний.

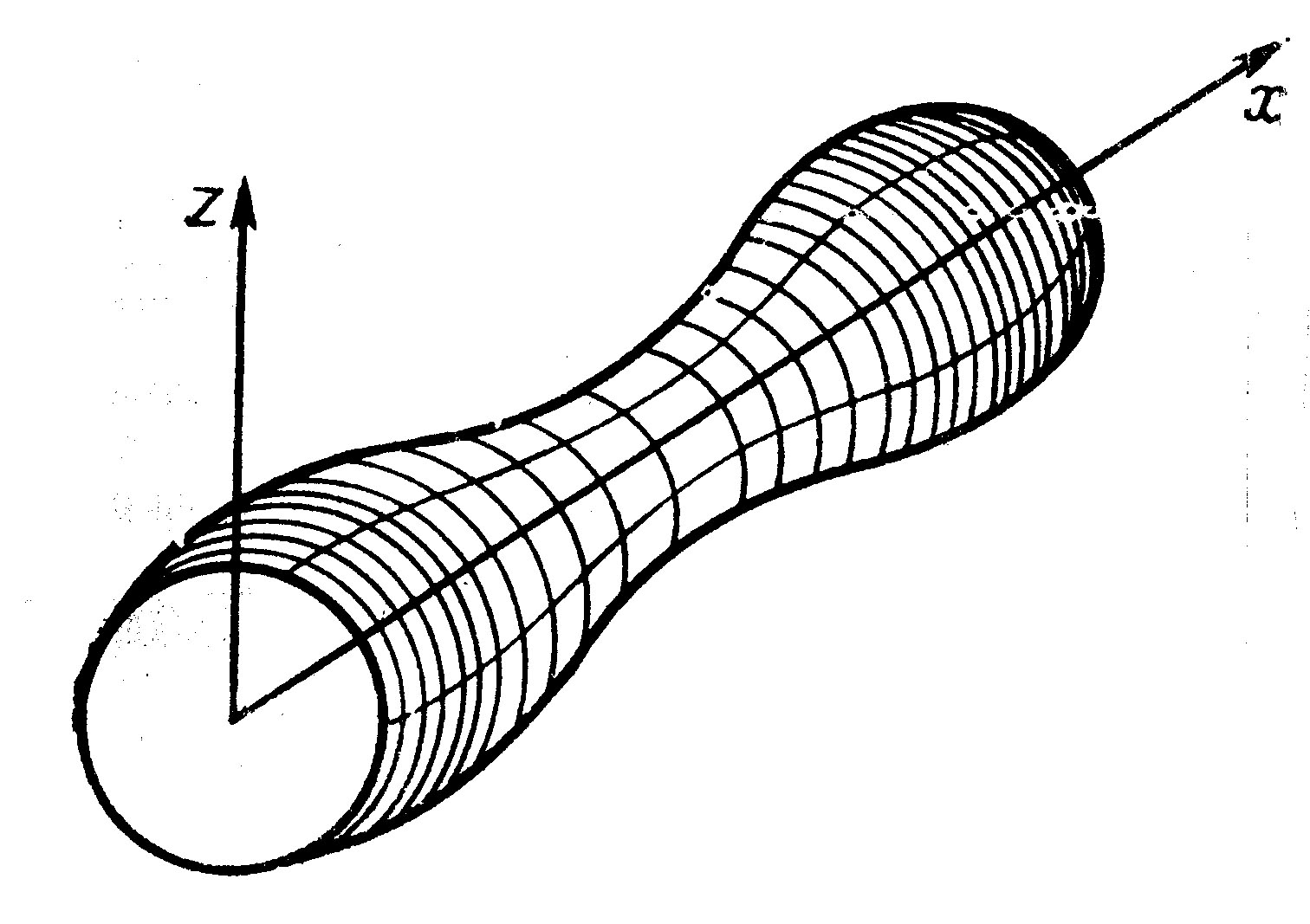


Рисунок 3 - Схематическое изображение продольных и поперечных деформаций в нулевой продольной волне.

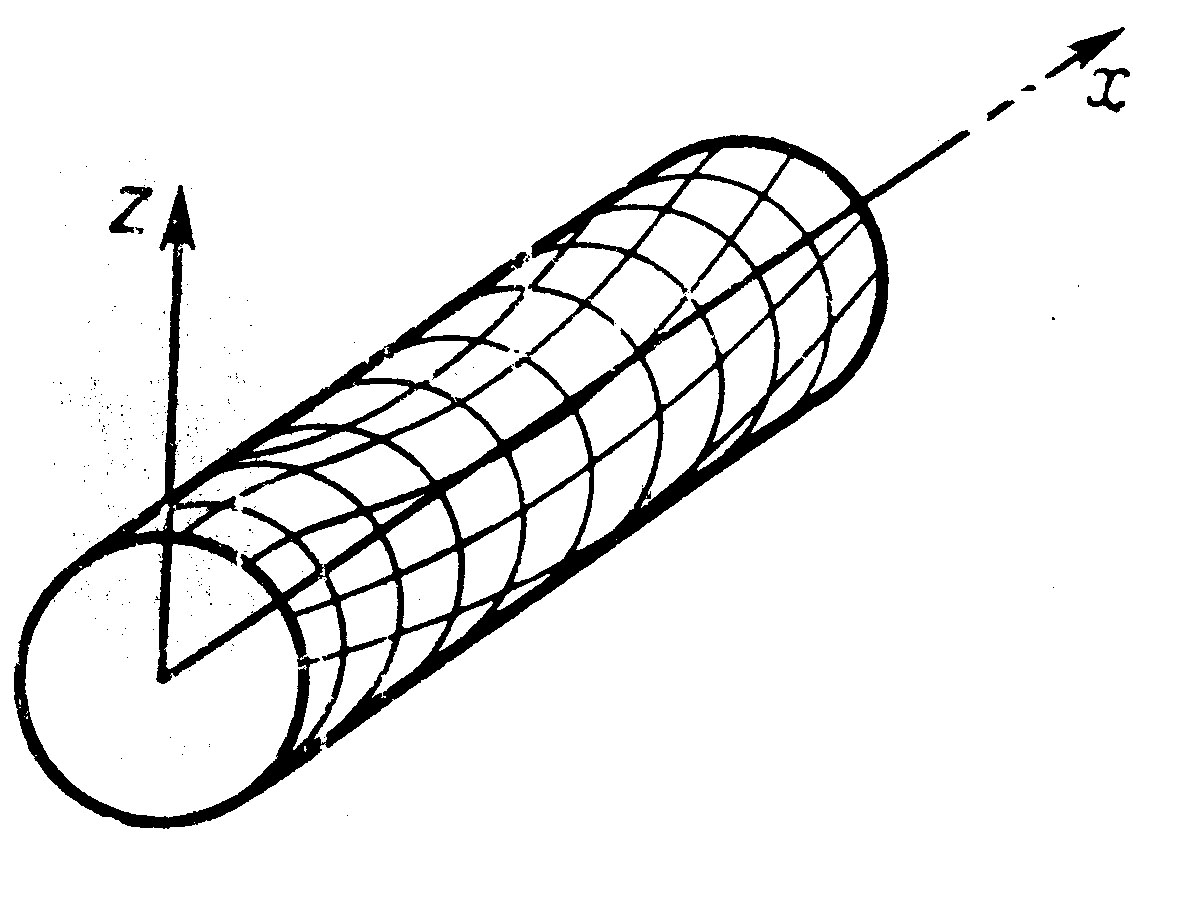


Рисунок 4 - Схематическое изображение сдвиговых деформаций в нулевой крутильной волне.

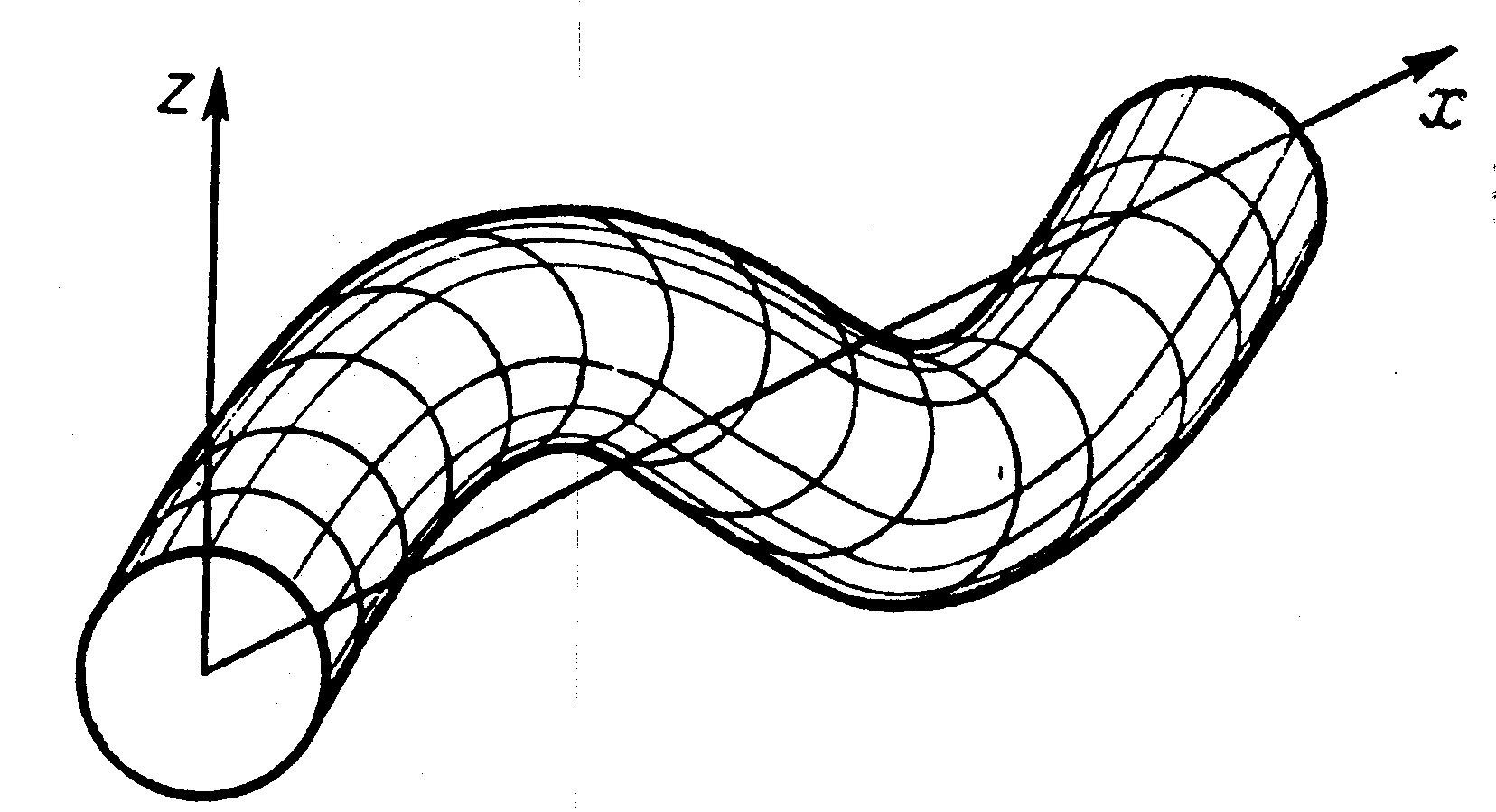


Рисунок 5 - Схематическое изображение деформаций в изгибной волне.

**Типы упругих колебаний**

Продольные колебания однородного стержня постоянного сечения для одномерного случая описываются уравнением:

, (2)



где С2пр = Е/p, поскольку связь между напряжением и смещением выражается законом Гука. Решением уравнения является:

, (3)



где

.



Крутильные колебания однородного стержня постоянного сечения описываются уравнением

, (4)



где θ – угол поворота поперечного сечения стержня;

С2кр=G/p; G – модуль сдвига;

p – плотность.

Решение уравнения

, (5)



где .



Изгибные колебания однородного стержня описываются уравнением

, (6)



где С2изг = EJ/m;

E – жесткость стержня на изгиб;

J – момент инерции площади поперечного сечения стержня относительно нейтральной оси перпендикулярной плоскости колебаний;

m – масса стержня единичной длины.

Решением уравнения является выражение

, (7)



где



А, В, С, D – постоянные интегрирования определяются из граничных условий, соответствующих характеру связей существующих на концах стержня. Для нахождения четырех неизвестных надо задавать по два граничных условия на каждом конце стержня.

В простейшем случае конец стержня может быть:

1. Свободен .



1. Жестко закреплен .



1. Свободно оперт (шарнирно закреплен) .



В чистом виде все три вида колебаний существуют редко. Наибольшее применение для технологических целей нашли системы продольных колебаний. Линейные размеры каждого элемента такой системы, да и самой системы в целом должны быть кратны половине резонансной длины волны

, (8)



где n – целое число.

По числу длин волн укладывающихся в колебательной системе их разделяют на типы: полуволновые, двухволновые, трехволновые и т.д.



Рисунок 6 - Полуволновые колебательные системы с преобразователем (1) и излучателем переменного сечения используют для излучения в жидкие среды.

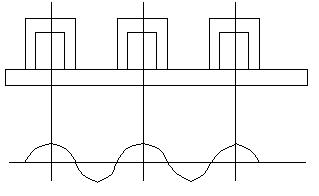


Рисунок 7. – Параллельное включение УЗКС.

Если мощности одного преобразователя недостаточно, то на пассивном элементе размещают несколько преобразователей. Причем размещают их в синфазно колеблющихся точках пассивного элемента, т.е. на расстояниях кратных длине волны.

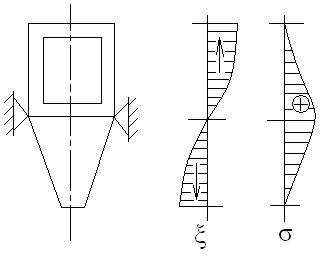


Рисунок 8 – Четвертьволновая УЗКС.

При необходимости получения значительной амплитуды колебаний и компактности конструкции используют схему с четверть волновым преобразователем и концентратором. Недостаток схемы соединение концентратора с преобразователем в точке максимальных механических напряжений.

Двухволновые системы свободны от недостатков предыдущих. Точки крепления в кучности напряжений требует усиленного фланца. Используются в мощных технологических установках до 600 Вт.

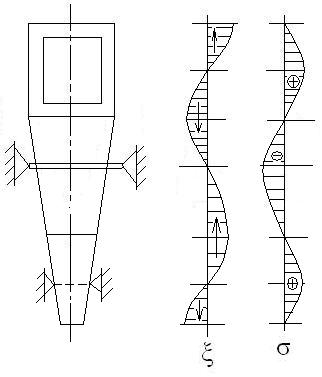


Рисунок 9 – Трехполуволновая УЗКС.

В условиях мощности до 1,0 – 4,0 кВт используют трехполуволновые системы. Возможно два места крепления (чем ближе к выходу точки закрепления, тем выше жесткость системы). Возможно использование составного пассивного элемента.

Системы с большим числом полуволн используются реже.

**ЛИТЕРАТУРА**

1.Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн.1. /Под ред. П.Н.Учаева. — 3-е изд. испр. — М.: Машиностроение

2.Конструирование приборов: В 2-х кн. /Под ред. В.Краузе; Пер. с нем. В.Н.Пальянова; Под ред. О.Ф.Тищенко. —Кн.1. М.: Машиностроение

3. Конструирование приборов: В 2-х кн. /Под ред. В.Краузе; Пер. с нем. В.Н.Пальянова; Под ред. О.Ф.Тищенко. — Кн.2. М.: Машиностроение

4.Попов В.Ф., Горин Ю.Н. Процессы и установки электронно-ионной технологии:Учеб. пособие для вузов.— М.: Высш. шк.,