МОУ Гимназия № 11

Магнитострикционный излучатель ультразвука

Выполнили ученики 11 «А» класса:
Крылов Дмитрий, Сорокин Вадим,
Дмитриев Роман.
Научный руководитель: Австриевских Н.М.

Елец – 2007 г.

Цель

- ✓ 1. Изготовить магнитострикционный излучатель ультразвука и исследовать ультразвук экспериментальным путем.

Задача

- ✓ На примере отдельно взятого физического прибора доказать взаимосвязь физических явлений.

Объект

- ✓Магнитострикционный излучатель

Методы

- ✓ Создание физической модели
- ✓ Эксперимент и наблюдение
- ✓ Математический расчёт

Содержание

1. Принцип действия магнитострикционного излучателя
2. Конструкция учебного излучателя
3 Технология изготовления излучателя
4 Принципиальная схема генератора
5 Конструкция ультразвукового генератора
6 Технология изготовления катушки
7 Настройка и проверка генератора в работе
8 Исследование колебаний вибратора
9 Почему второй торец вибратора должен быть сухим?
10 Скорость звука в материале вибратора

Принцип действия магнитострикционного излучателя

- В основе действия магнитострикционного излучателя лежит прямой магнитострикционный эффект: ферромагнитный стержень, помещенный в магнитное поле, деформируясь, изменяет свои размеры.
- Если по катушке, вдоль оси которой расположен ферромагнитный стержень, пропускать переменный ток достаточно высокой частоты, то стержень будет изменять свои размеры, и его колеблющиеся концы смогут возбудить упругую звуковую волну.

- Магнитострикционный эффект не зависит от направления магнитного поля, т.е. обладает чётностью. Чтобы частота колебания стержня совпала с частотой переменного тока, ферромагнитный стержень подмагничивают, располагая вблизи него источник постоянного поля, например, постоянный магнит. В следствие этого магнитное поле из переменного превращается в пульсирующее так, что периодически изменяется только его величина, а не направление. В результате стержень изменяет свои размеры синфазно с изменениями поля.

- На рисунке 1 схематически изображён магнитострикционный излучатель. Ферромагнитный стержень 1, совершающий ультразвуковые колебания, в дальнейшем будем называть *вибратором*, катушку 2 – *обмоткой возбуждения*, магнит 3 – *подмагничивающим*, источник переменного напряжения 4 – *ультразвуковым генератором*.

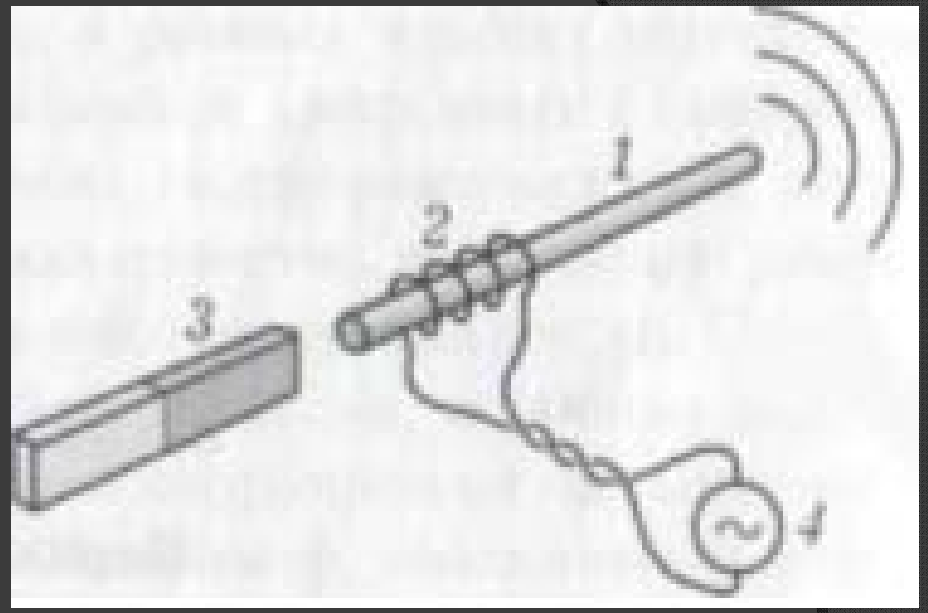
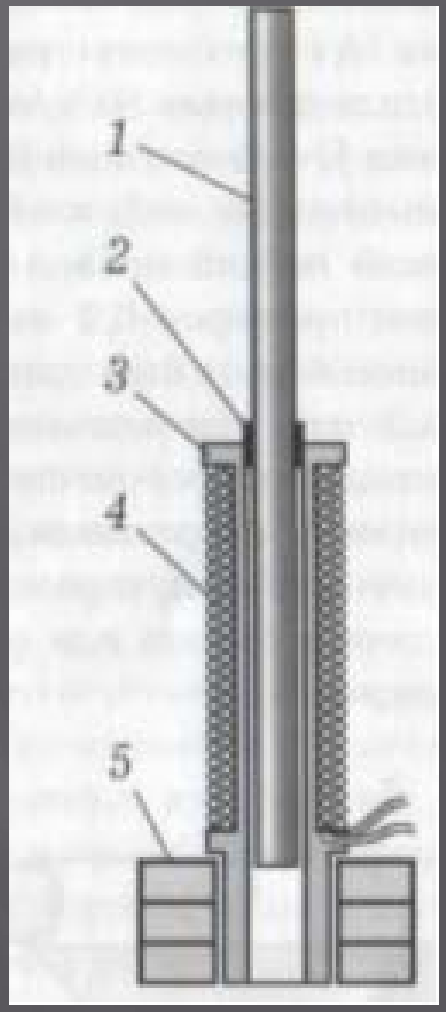


Рис. 1. Функциональная схема магнитострикционного излучателя ультразвука

Конструкция учебного излучателя

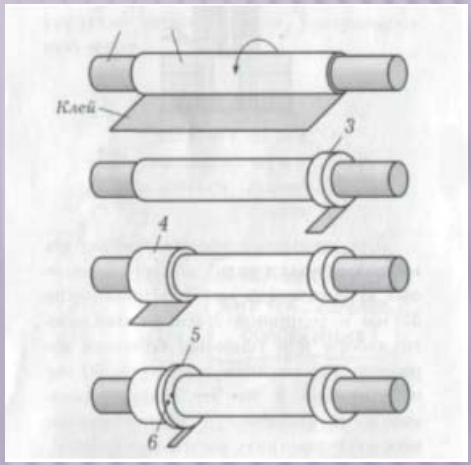
- Конструкция учебного магнитострикционного излучателя ультразвука представлена на рисунке 2. В качестве вибратора 1 использован круглый ферритовый стержень марки М400НН диаметром 8мм и длиной 100-160 мм. По его середине расположено резиновое колечко 2, которой мягко крепит вибратор в каркасе 3 обмотки возбуждения 4. Кольцевые керамические магниты 5 надеты на выступающую часть каркаса обмотки возбуждения.



- Рис. 2. Учебный магнитострикционный излучатель

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗЛУЧАТЕЛЯ

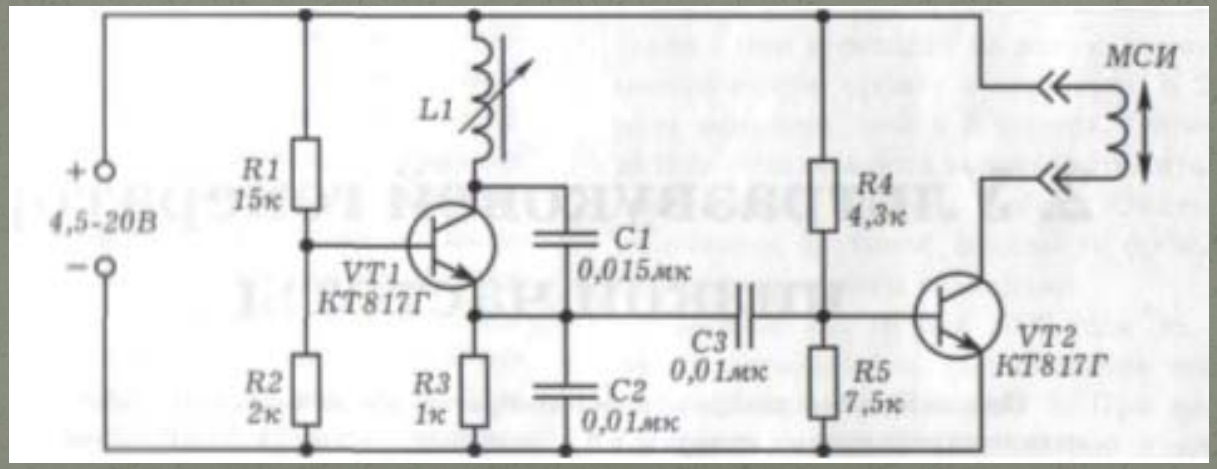
- Изготовление излучателя удобнее начать с каркаса обмотки возбуждения. Длина каркаса должна быть равна сумме половины длины сердечника и толщины набора кольцевых магнитов. Каркас склейте из бумаги в последовательности, показанной на рисунке 3: 1 – цилиндрическая оправка, 2 – склеиваемая из бумаги трубка, 3 – верхняя щеточка, 4 – посадочное место для кольцевых магнитов, 5 – нижняя щеточка, 6 – отверстия для выводов обмотки возбуждения.



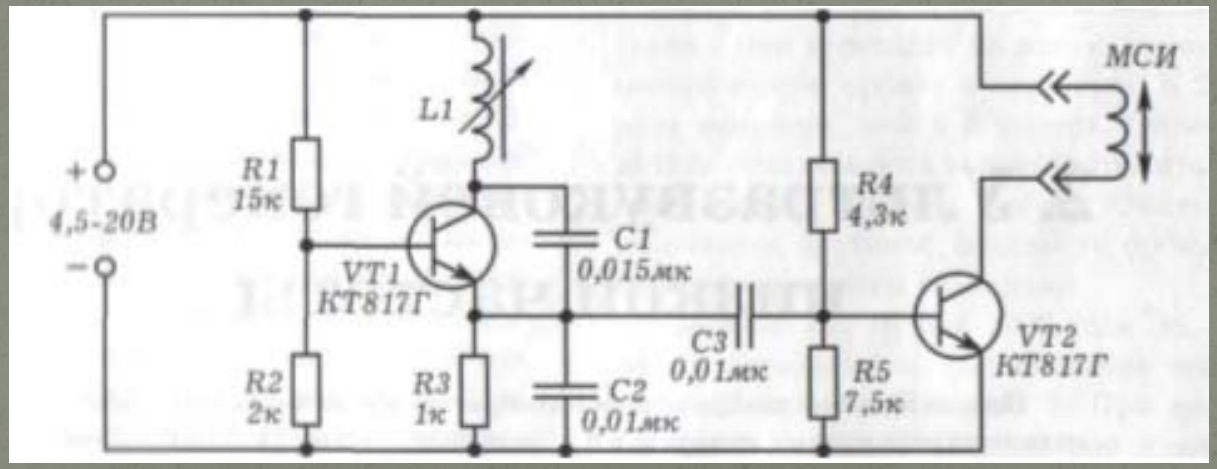
- Рис. 3. Изготовление каркаса магнитострикционного излучателя

Принципиальная схема генератора

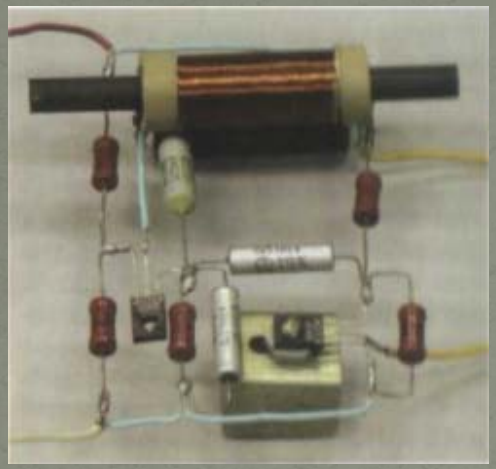
- Принципиальная схема рекомендуемого ультразвукового генератора изображена на рисунке. На транзисторе VT1 выполнен задающий генератор с ёмкостной обратной связью, а на транзисторе VT2 – усилитель мощности. Задающий генератор вырабатывает синусоидальный колебания, частота которых определяется колебательным контуром L1, C1. Регулировка частоты производится перемещением внутри каркаса катушки L1 надстроечного ферритового сердечника.



- Режим работы транзисторов задается делителями напряжения R1, R2 и R4, R5. Конденсатор C2 сглаживает пульсации эмиттерного тока, идущего через резистор R3, и стабилизирует положение рабочей точки транзистора VT1. Разделительный конденсатор C3 предотвращает попадание постоянного напряжения с резистора R3 на базу транзистора VT2. нагрузкой генератора является обмотка возбуждения магнитострикционного излучателя МСИ, поэтому форма выходного напряжения генератора далека от синусоидальной.



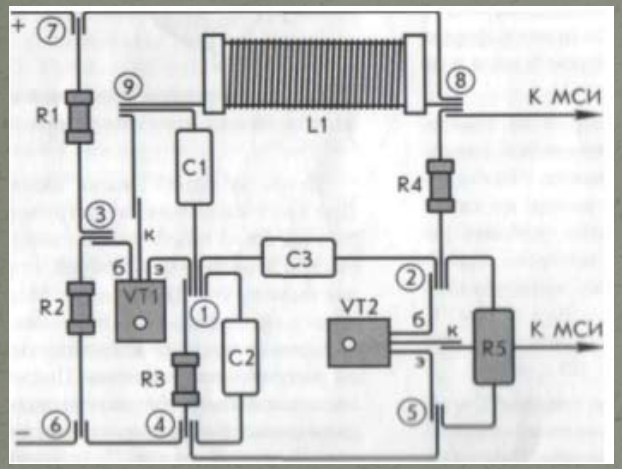
Конструкция ультразвукового генератора



- Сборку генератора можно осуществить методом навесного монтажа (рис. 4).

Рис. 4. Возможный способ сборки генератора, не требующий значительных временных и материальных затрат

- На рисунке 5 приведена монтажная схема ультразвукового генератора.



КТ817Г

Э К Б

Рис. 5. Справа приведена цоколёвка используемого транзистора

Технология изготовления катушки

- Начинать изготовление генератора следует с намотки контурной катушки L1 (рис. 5). Удобно в качестве каркаса использовать отрезок полихлорвиниловой трубки *1* диаметром 10мм и длиной 60мм (рис. 6). На трубку наденьте резиновые колечки *2* шириной 5мм, под них проденьте облуженные латунные латунные лепестки *3* и *4*, к которым припаяйте начало, а после намотки – конец провода 5.

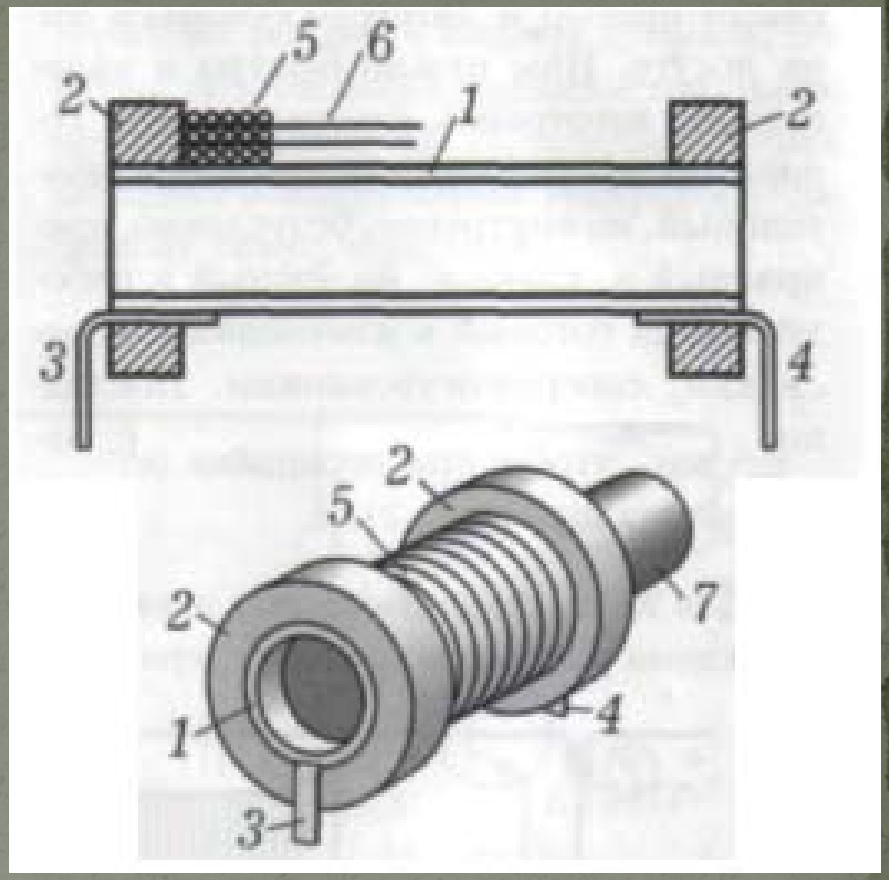


Рис. 6.

Между соседними слоями проволоки следует прокладывать тонкую бумагу 6.

- Настроечным сердечником *7* является отрезок ферритового
- стержня диаметром 8мм и длиной 60-70мм.
- Обмотка должна содержать 550 витков медного провода в лаковой изоляции диаметром 0,27мм. При работе генератора на транзисторе VT2 выделяется довольно значительная мощность. Следует снабдить данный транзистор радиатором, в качестве которой можно использовать пластинку дюраля минимальным размером 5х20х50 мм.

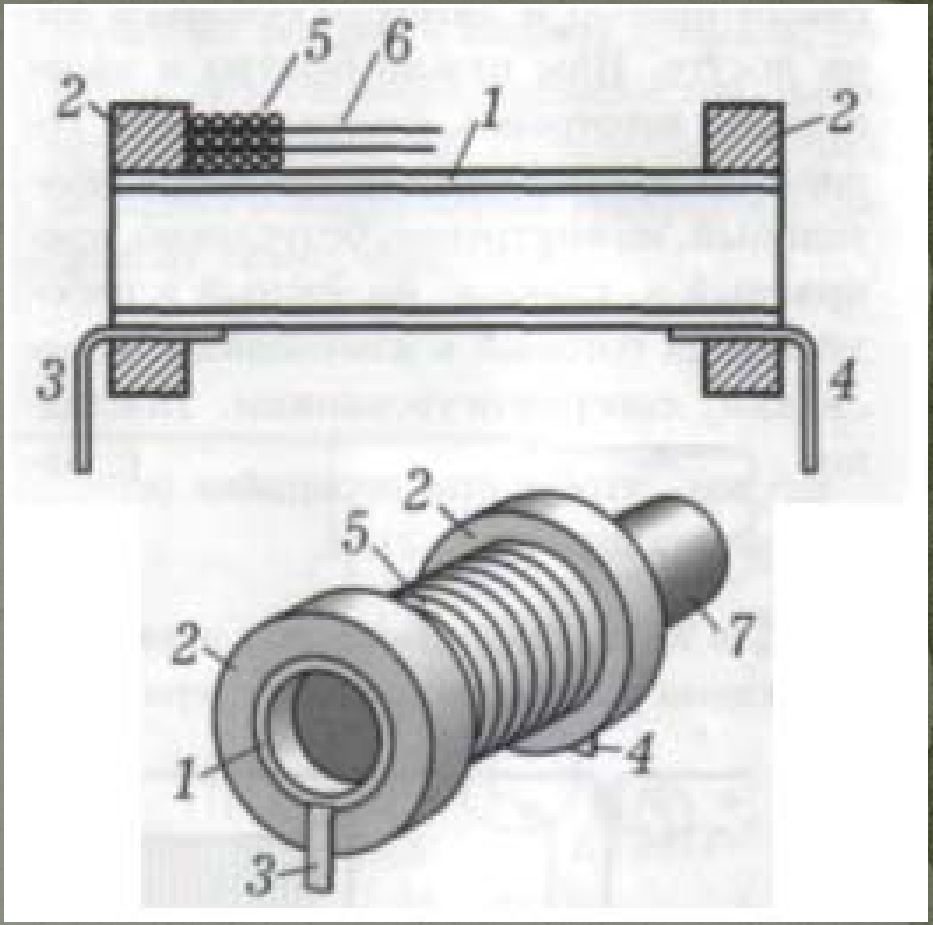
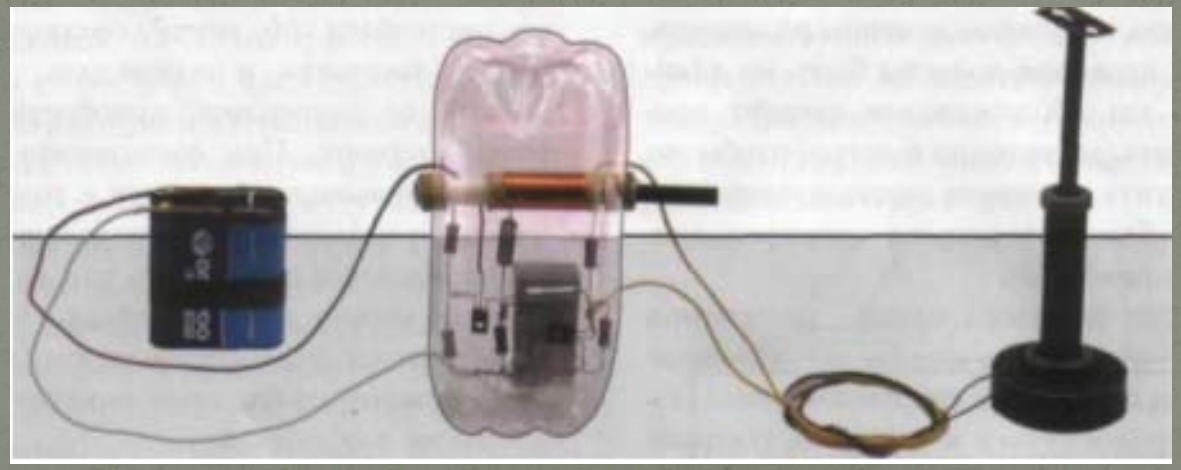


Рис. 6.

Налаживание и проверка генератора в работе

- Для питания генератора можно использовать 2-4 последовательно соединенных батарейки на напряжение 4,5 В каждая. Правильно собранный генератор в налаживании не нуждается. Для проверки работоспособности генератора поставьте магнитострикционный излучатель вертикально на стол и на торец его вибратора поместите лезвие. Настроечный ферритовый сердечник контурной катушки генератора полностью вдвиньте в каркас этой катушки. Включите питание генератора. При этом вы должны услышать слабый звук высокой частоты.



Исследование колебаний вибратора

- Подключив магнитострикционный излучатель к выходу генератора, подберите частоту генератора, при которой лезвие, помещенное на торец вибратора, будет дребезжать наиболее громко. Уберите лезвие и коснитесь пальцем торца излучателя. Вы почувствуете, что торец «скользкий».

- Перемещая пальцы к середине вибратора, вы заметите, что ощущение скользкости уменьшается и совсем исчезает в месте крепления вибратора в каркасе обмотки возбуждения

- Таким образом, простое ощупывание работающего вибратора показывает, что в нем устанавливается стоячая упругая волна с пучностями смещения посередине вибратора (рис. 7). Значит, на длине вибратора l укладывается половина длины волны λ ультразвука в материале вибратора
- $$l = \frac{\lambda}{2}$$

- Этой наибольшей длине волны соответствует наименьшая частица, на которой можно возбудить данный вибратор. Она называется *основной собственной частотой* вибратора.

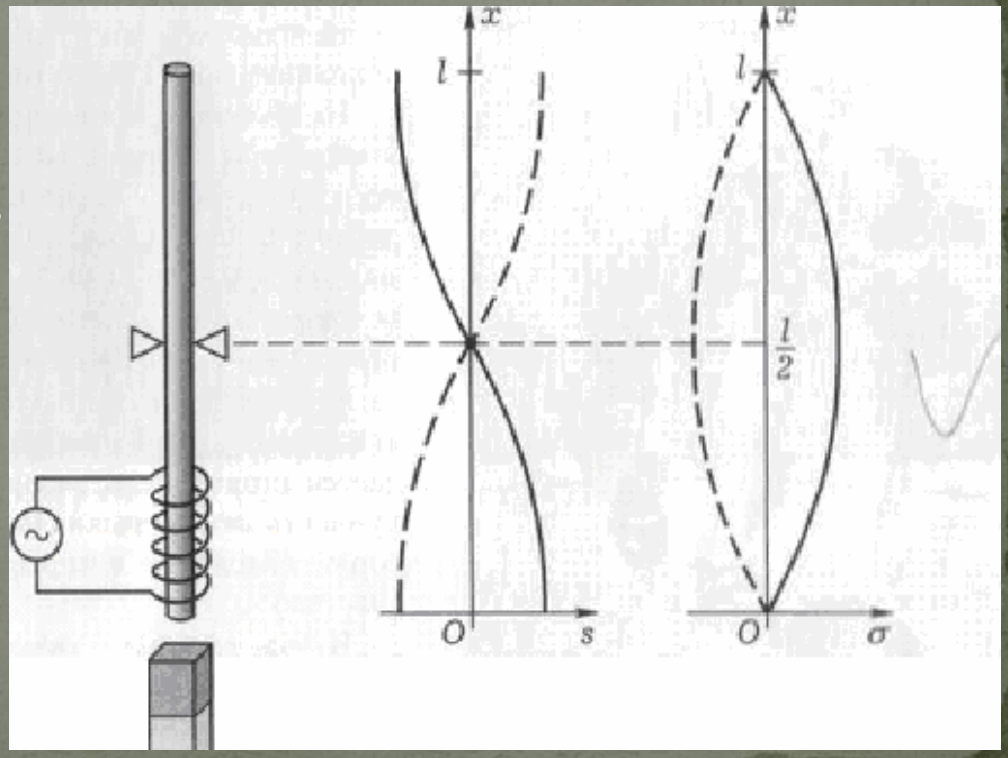


Рис. 7.

- Возможны резонансные колебания вибратора на более высоких собственных частотах, которые называются *гармоническими*. В этом случае в вибраторе тоже устанавливаются стоячие волны так, что на длине вибратора укладывается несколько длин полуволн ультразвука.

ПОЧЕМУ ВТОРОЙ ТОРЕЦ ВИБРАТОРА ДОЛЖЕН БЫТЬ СУХИМ?

- Закрепите обмотку возбуждения магнитострикционного излучателя вертикально так, чтобы снизу выставлялся конец вибратора, а магниты положите на стола расстоянии нескольких сантиметров от этого конца (рис. 8).
- Нанеся капли воды на оба торца вибратора, к нижнему подведите достаточно твердую пластинку так, чтобы между ее поверхностью и нижним торцом вибратора оказался слой воды. Вы обнаружите, что верхняя капля колеблется, но не распыляется.

- Ультразвуковая волна ушла из вибратора в твердую пластинку. Был достигнут *акустический контакт*. Нагруженный вибратор, который излучает энергию в упругую среду, колеблется с гораздо меньшей интенсивностью, чем ненагруженный, и поэтому способен без излома проработать значительно большее время.

СКОРОСТЬ ЗВУКА В МАТЕРИАЛЕ ВИБРАТОРА

- На рисунке 9 показана возможная экспериментальная установка для определения основной собственной частоты колебаний вибратора. В ней конец вибратора магнитострикционного излучателя опущен в сосуд с водой. При настройке генератора в резонанс с вибратором вы услышите довольно громкий шипящий звук. Это – *кавитационный шум*. Настройте генератор так, чтобы громкость кавитационного шума было максимальной.

- Запишем получившееся значение частоты колебаний. Формула

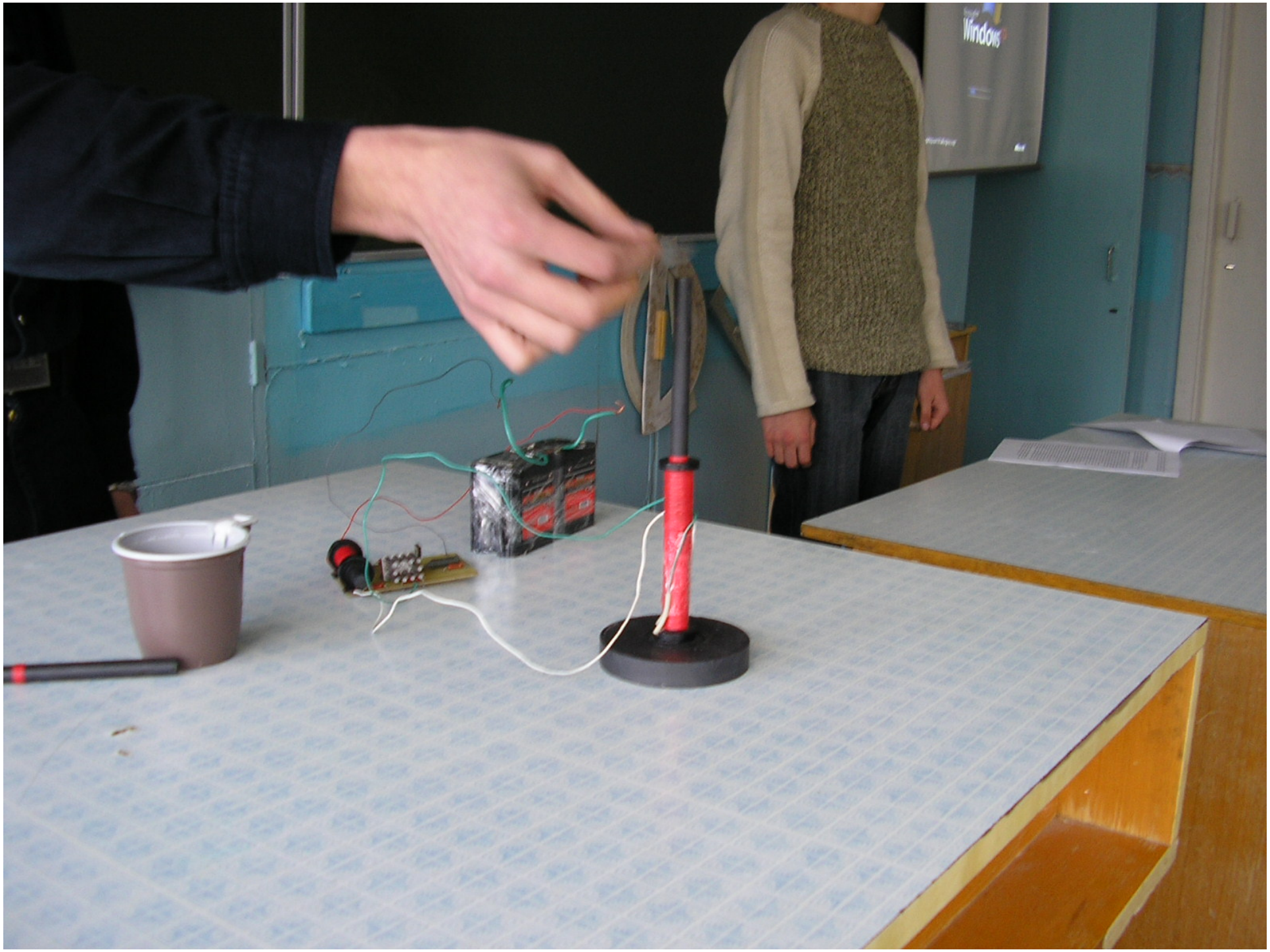
$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

- показывает связь между длиной волны, скоростью ее распространения и периодом или частотой. Подставив сюда значение длины волны для скорости звука в материале получаем

$$V = \lambda / T = \lambda \nu = 2l\nu$$

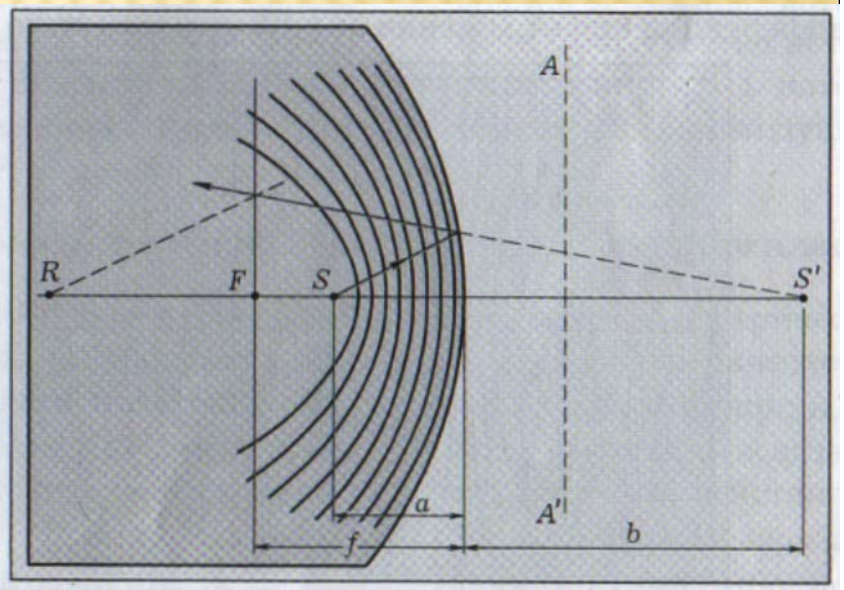
- В опыте для вибратора длиной l = 160мм, вы получите значение частоты ν = 18 кГц, следовательно скорость звука в феррите V = 5760 м/с.

26.04.07г


Windows

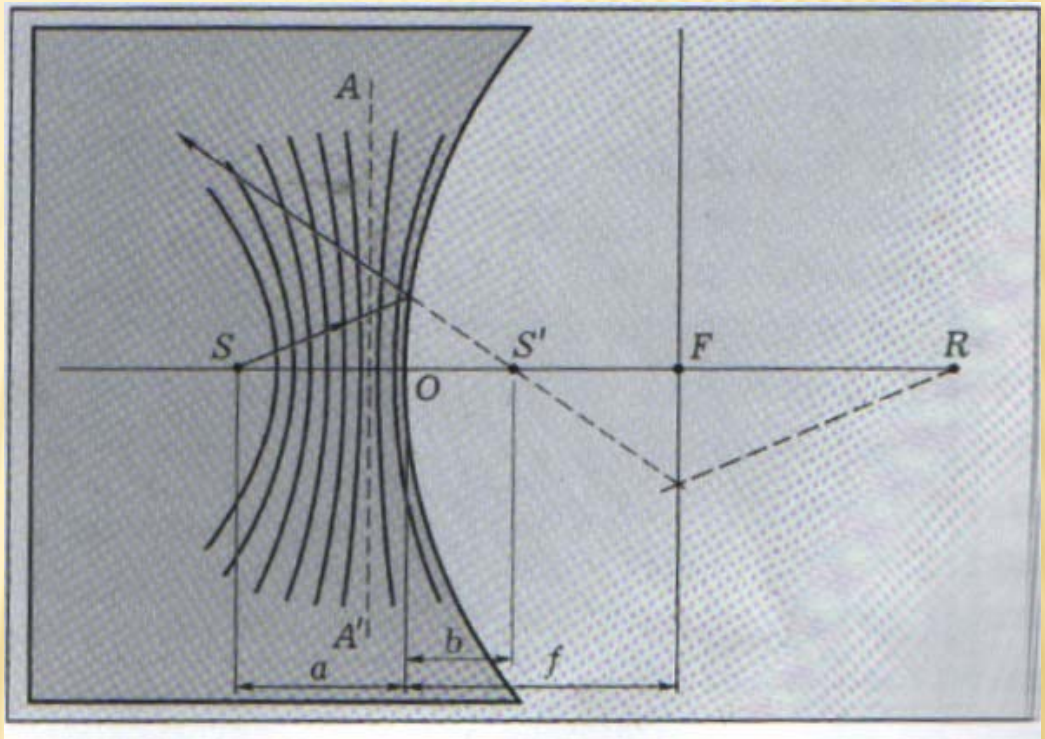
Отражение изгибных волн от круглых краев пластинки

- Мы сделали один край листа плотной белой бумаги вогнутым круглым с радиусом кривизны 15 см, провели карандашом на листе ось так, чтобы она проходила через центр кривизны круглого края. Подготовленный лист положили на мягкую горизонтальную подложку и равномерно



Построение изображения

- Пользуясь хорошо известными правилами, мы построили изображение S’ источника S в круглом крае.

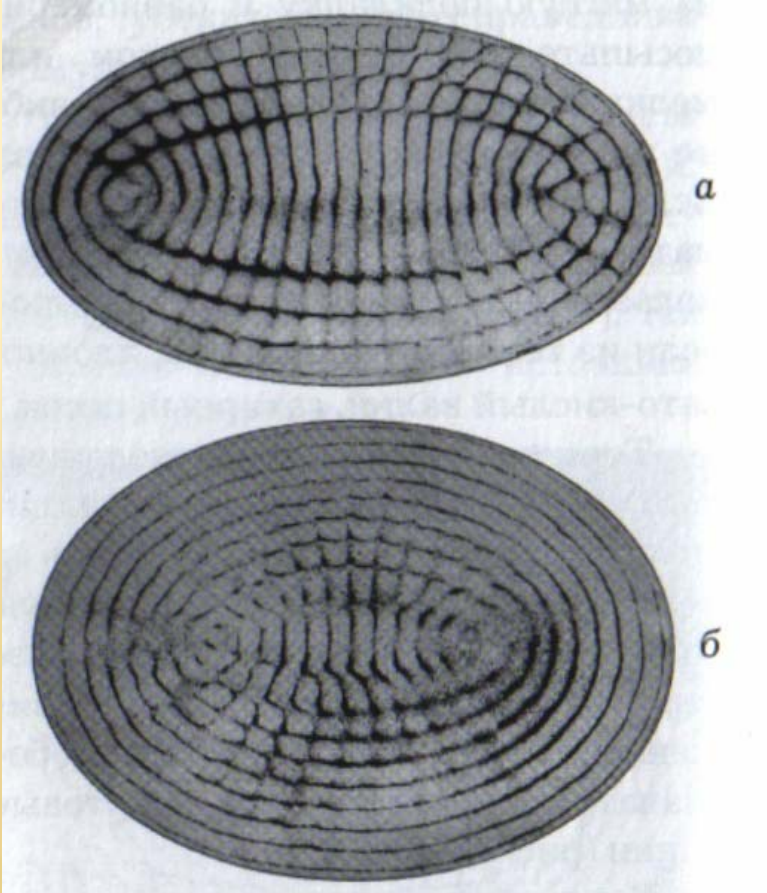


Стоячая ультразвуковая волна в круглой пластинке

- Мы вырезали из оргстекла диск диаметром 15 см и толщиной 2 мм, положили на мягкую подкладку и равномерно посыпали его речным песком. Затем прикоснулись торцом вибратора к центру диска. После включения генератора кристаллики расположились на диске в форме концентрических кругов.

Фокусировка волн эллиптическим отражателем

- Из тонкого листа дюраля толщиной 0,3 мм мы вырезали эллиптическую пластинку, равномерно посыпали ее песком. Затем прикоснулись к ней торцом вертикально расположенного работающего вибратора в одном из фокусов эллипса.
- Круговые волны, вышедшие из одного фокуса пластинки, после отражения от ее эллиптического края собираются во втором фокусе.
- Можно утверждать, что волны, одновременно вышедшие по разным направлениям из одного фокуса эллипса, приходят во второй фокус тоже одновременно



Самостоятельное исследование

- **Количественно подтвердим справедливость формулы идеального зеркала для вогнутого отражающего края пластинки. Для этого мы проделали опыты с пластинками, имеющими отражающие края разной кривизны.**
- **Мы прикасались вибратором магнитострикционного излучателя к различным точкам посыпанного кристаллами круга. Мы увидели, что при этом каждый раз получаются разные фигуры Халдни и попытались уловить закономерность.**

Самостоятельное исследование

- Вырезали круглую пластинку из тонкого текстолита, возбудили изгибную волну в ее центре. Мы убедились, что скорость изгибной волны в различных направлениях этой пластинки различна.
- Затем мы исследовали стоячие волны, которые получаются в пластинках эллиптической формы при возбуждении их в разных точках.
- В результате мы убедились, что близкие к плоским волны, падающие на параболический край упругой пластинки, собираются в ее фокусе.

Самостоятельное исследование

- **Мы закрепили вибратор в каркасе обмотки возбуждения не за середину, а ближе к одному из концов. Амплитуда колебаний изменилась.**
- **Мы сравнили добротности магнитострикционного излучателя, вибратор которого сначала находится в воздухе, а затем частично погружен в жидкость.**
- **Мы погрузили один конец вибратора в стакан с водой и определили, что амплитуда колебаний второго конца изменилась.**
- **Мы использовали тонкую никелевую трубку длиной 160мм чтобы определить скорость звука в никеле методом резонансного возбуждения колебаний.**

Заключение

- В данной работе мы рассмотрели устройство магнитострикционного излучателя ультразвука, ультразвукового генератора низкой частоты, а также возможности и принцип работы представленного устройства.