

Лабораторна робота № 4. 8

Визначення швидкості звуку в твердих тілах.

Прилади: 1) металевий стрижень; 2) резонатор, 3) генератор синусоїдальних електричних коливань; 3) електронний осцилограф.

Мета роботи: Визначення швидкості звуку в твердих тілах резонансним методом.

Теоретичні відомості та опис приладу

Розглянемо циліндричний стержень з однорідного матеріалу. Будемо діяти на один з кінців стержня періодичною, наприклад, синусоїдальною, силою, викликаючи почергове стиснення і розтягнення в напрямку довжини. Тоді внаслідок взаємодії між частинками стержня поздовжні коливання будуть поширюватися уздовж стержня від частинки до частинки. Уздовж стержня побіжить пружна хвиля. Частота хвилі дорівнює частоті зовнішньої сили.

Дійшовши до кінця стержня, пружна хвиля відіб'ється від межі поділу стержень-повітря і побіжить назад. При накладенні зустрічних хвиль однакової амплітуди і частоти виникнуть особливі коливання.

Особливості полягають у тому, що коливатися будуть не всі точки стержня. Частина з них залишиться нерухомими. Їх називають **вузлами**.

Між сусідніми вузлами точки здійснюють коливання в однаковій фазі, але з різними амплітудами, які залежать від координати точки. Точки, в яких амплітуда досягає максимального значення, називаються **пучностями**.

Такий тип коливань з характерним просторовим розподілом амплітуди - чергуванням вузлів (нулів) і пучностей (максимумів) отримав назву **стоячої хвилі**.

Нехай, наприклад, стрижень жорстко закріплений посередині і вільний на кінцях. При порушенні поздовжніх коливань в місці затиску стержня частинки перебувають в спокої, їх амплітуда коливань дорівнює нулю. Тут міститься вузол зміщення частинок. На вільних кінцях стержня досягаються максимальні амплітуди зміщень - пучності (рис.1, а, б).

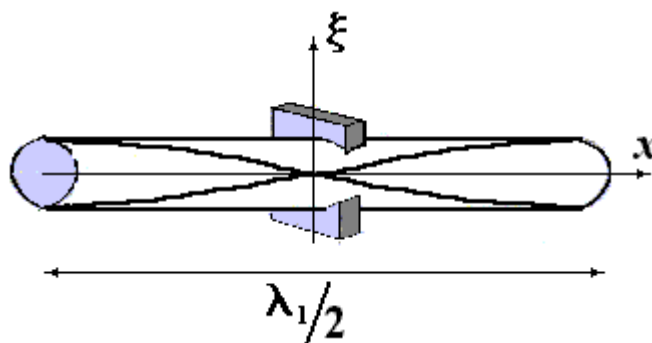


Рис. 1, а

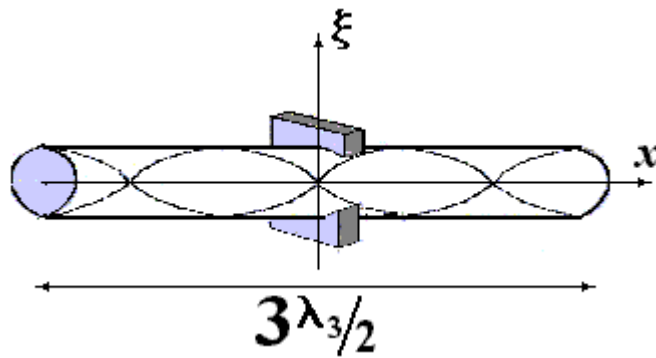


Рис. 1, б

На рисунку синусоїдами показані зміщення ξ різних частинок стрижня через половину періоду. Відстань між двома сусідніми пучностями дорівнює половині довжини хвилі. Тому в стрижні збуджуються тільки такі коливання, половина довжини хвилі яких укладається на довжині стрижня *непарне число* разів $n = 1, 3, 5,$

$$L = n \frac{\lambda}{2}. \quad (n = 1, 3, 5, \dots) \quad (1)$$

На рис.1, а показаний випадок $n = 1$, на рис 1, б - випадок $n = 3$.
Перепишемо формулу (1) інакше

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}.$$

Таким довжинах хвиль відповідають частоти

$$\nu_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{2L} n, \quad (n = 1, 3, 5, \dots) \quad (2)$$

де v - фазова швидкість пружної хвилі, або швидкість звуку в речовині.

Частоти ν_n називаються *власними частотами* стрижня.

У разі $n = 1$ частота $\nu_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$ називається *основною власною частотою*.

Саме ця частота використовується в даній роботі.

З останньої формули можна виразити швидкість звуку

$$v = 2L\nu \quad (3)$$

Суть резонансного методу визначення швидкості звуку полягає в наступному. Частоту зовнішньої сили, яка прагне поперемінно стиснути або розтягнути стрижень, підбирають так, щоб вона дорівнювала власній частоті коливань стрижня. В цьому випадку амплітуда вимушених коливань сильно зростає - спостерігається резонанс. Цього і добиваються в роботі. Зафіксувавши резонансну частоту, а, отже, і власну частоту, можна за формулою (3) визначити швидкість поширення поздовжніх хвиль (швидкість звуку) в стрижні.

Прилад (рис. 2) складається з жолоба-резонатора і стрижня з матеріалу, в якому хочуть виміряти швидкість поширення звуку.

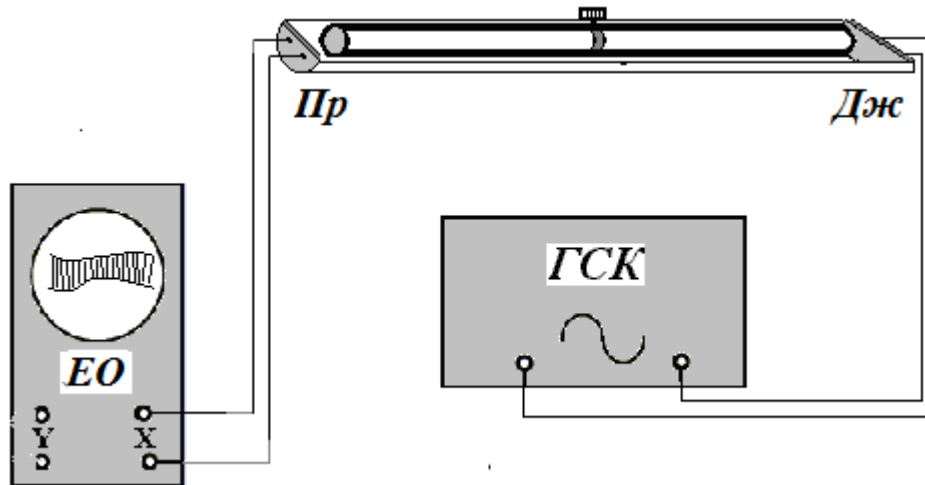


Рис. 2.

Металевий циліндричний стрижень жорстко закріплюється в центрі тяжіння всередині резонатора.

На кінцях резонатора встановлені електромагнітні джерело поздовжніх коливань *Дж* і приймач *Пр*.

Щоб порушити поздовжні коливання в стрижні джерело повинно викликати на правому кінці змінне стиснення і розтягнення в напрямку довжини. Для цього від генератора до котушки збудження джерела підводиться змінна електрична напруга. У котушці виникає змінне магнітне поле, яке проходить через тонкий повітряний зазор і діє на правий кінець феромагнітного (сталевого) стрижня. У поздовжньому магнітному полі в стрижні виникають механічні сили, які змінюють його довжину. Це явище деформації феромагнетиків при їх намагнічуванні називається магнітострикцією.

Звернений до джерела кінець стержня починає коливатися з частотою генератора, яку в досліді можна змінювати.

Приймач *Пр* розміщений поблизу протилежного кінця стрижня і відділений від нього також тонким повітряним зазором. Поздовжні коливання лівого кінця стрижня перетворюються електромагнітом приймача в електричний сигнал, амплітуда якого пропорційна амплітуді поздовжніх коливань стрижня. Величина сигналу вимірюється за допомогою осцилографа.

Очевидно, сигнал приймача буде максимальним при резонансі.

Якщо стрижні виготовлені з слабомагнітних матеріалів (алюміній, латунь), то для збудження коливань на кінцях їх запресовуються шайби з феромагнітного матеріалу.

Вимірювання

1. Встановити в резонатор (жолоб) досліджуваний стрижень.

2. Закріпити стрижень затискачем на його середині. Неточне закріплення впливає на результат вимірювань!
3. За допомогою шупа і відповідних регуляторів встановити повітряні зазори між джерелом, приймачем коливань і торцями стрижня близько 0,1 мм.
4. Включити тумблер «Мережа» на задній панелі генератора. На дисплеї висвічується режим роботи «Metal» і значення частоти, що підводиться від генератора.
5. Ручку «Рівень» встановити в крайнє праве положення.
6. Плавнo змінюючи ручками «Частота грубо» і «Частота точно» частоту збудження джерела і стежачи за сигналом приймача на осцилографі, домогтися різкого збільшення амплітуди сигналу. Записати значення резонансної (а, отже, і власної) частоти.
7. Дослід повторити три рази.
8. За формулою (3) обчислити швидкість звуку в стрижні. Довжину стрижня прийняти $L = 20$ см.
9. Зазначені вимірювання провести зі стрижнями із сталі, алюмінію і латуні.

Матеріал зразка	L , м	ν , Гц	ν , м/с	$\langle \nu \rangle$, м/с	$\Delta \nu$, м/с	E , %
Сталь	0,2					
Алюміній	0,2					
Латунь	0,2					

Контрольні питання

1. Як утворюється стояча хвиля? Які умови виникнення стоячої хвилі? Що таке вузли і пучності стоячої хвилі?
2. Чим стояча хвиля відрізняється від біжучої?
3. Чому дорівнює відстань між двома сусідніми вузлами стоячої хвилі? двома сусідніми пучностями? сусідніми пучністю і вузлом?
4. Що називається власними частотами стрижня? Який зі стрижнів, що досліджується в роботі, має найбільшу частоту основного тону?

Література.

1. І. М. Кучерук та ін. Загальний курс фізики. Т.1. К. 1999.
2. Т. І. Трофимова. Курс фізики. М., «Академія», 2005.

Склав Гаркуша І.П.