

2. Игнаткович, И. В. Повышение уровня мотивации студентов к будущей профессиональной деятельности / И. В. Игнаткович // Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь: матер. VI Международной научно-практической конференции. – Минск, 2012. – С. 73–75.

3. Пенязьков, О. Г. Материалы, содержащие фуллерены: достижения и надежды / О. Г. Пенязьков [и др.] // Наноструктуры в конденсированных средах: сборник научных статей. – Минск, 2015. – С. 6–13.

4. Унсович, А. Н. Компьютерные технологии в организации самостоятельной работы студентов / А. Н. Унсович // Вышэйшая школа. – 2005. – № 4. – С. 21–24.

УДК 534.6

Определение наиболее эффективного метода измерения скорости распространения звуковых волн в твердых и газообразных телах для обучения студентов строительных специальностей

Бибик А. И., Попко С. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В работе предлагаются методики для измерения скорости звука в твердых и газообразных средах, рассчитанные на внедрение в лабораторный практикум и позволяющие облегчить студентам инженерных специальностей понимание закономерностей волновых процессов.

Важность понимания методик измерения скорости звука в различных средах обусловлена их применением в самых различных областях человеческой деятельности. Зависимость скорости распространения и затухания акустических волн от свойства и процессов в них происходящих, используется в таких исследованиях как:

- изучение молекулярных процессов в газах, жидкостях и полимерах;
- изучение строения кристаллов и других твердых тел;
- контроль протекания химических реакций, фазовых переходов, полимеризации и др.;
- определение концентрации растворов;
- определение прочностных характеристик и состава материалов;
- определение наличия примесей;
- определение скорости течения жидкости и газа.

Практически каждый студент инженерной специальности в своей профессиональной деятельности может столкнуться с устройствами, изме-

ряющими скорость звука. В связи с этим важно чтобы студенты понимали как общие физические закономерности, лежащие в основе их работы, так и методы их конкретной практической реализации.

Мы в процессе обучения студентов строительных специальностей используем методы измерения скорости звука в твердых и газообразных телах, основанные на анализе резонансов стоячих волн. Остановимся на этих методах подробнее.

Для определения скорости звука в твердых телах используются металлические стержни, изготовленные из соответствующего вещества, звуковой генератор, осциллограф и электромагниты. Электромагнит, расположенный вблизи одного из концов стержня, соединен с осциллографом, а на электромагнит у другого конца стержня подается синусоидальное напряжение от генератора звуковой частоты. При включенном генераторе по обмотке электромагнита идет переменный ток. При этом ферромагнитный наконечник, прикрепленный к стержню, притягивается к сердечнику электромагнита с разной силой, ударяя по стержню, в результате чего в стержне возбуждаются упругие продольные волны с частотой колебаний ν , равной частоте задающего звукового генератора.

В обмотке электромагнита, расположенного на противоположном конце стержня в результате колебаний ферромагнитного сердечника, связанного со стержнем, возникает переменная ЭДС индукции, амплитудное значение которой пропорционально амплитуде колебаний частиц стержня. Подавая сигнал с обмотки этого электромагнита на осциллограф, можно следить за изменением амплитуды колебаний конца стержня.

Если частота звукового генератора, а следовательно, и частота продольных волн совпадает с какой-либо из собственных частот колебания стержня, то наступит резонанс, и в стержне возникнет стоячая волна. Стержень начнет звучать, на осциллографе обнаружится резкое возрастание амплитуды колебаний.

В описанной выше установке каждый из стержней закреплен посередине. В неподвижно закрепленных точках должны быть узлы стоячей волны, а на свободных концах стержня – пучности. Это условие выполняется, если на длине l стержня укладывается нечетное число полуволин $\frac{\lambda}{2}$, т.е.

$$l = (2n - 1) \frac{\lambda_n}{2} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

Длина волны λ_n , частота колебаний ν_n и скорость распространения волн v связаны соотношением $v = \lambda_n \nu_n$, откуда

$$v_n = \frac{v}{\lambda_n} \quad (2)$$

Из (1) и (2) получаем выражение для собственных частот колебаний закрепленного посередине стержня

$$v_n = \frac{(2n-1)v}{2\ell} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots). \quad (3)$$

Резонансные колебания стержня возникают при совпадении частоты вынуждающей силы (частоты генератора) с любой из собственных частот, определяемых уравнением (3).

Определив частоту v_1 основного тона ($n = 1$) и длину l стержня, можно вычислить скорость распространения продольных волн в веществе, из которого изготовлен стержень, по формуле $v = 2\ell v_1$.

Для определения скорости звука в газах применяют акустический резонатор, представляющий собой трубку, в которой заключен столб воздуха, ограниченный с обеих сторон. Звуковая волна, идущая от источника колебаний, в данном случае от закрепленного на конце трубы микрофона, связанного со звуковым генератором, достигнув противоположного конца трубы, распространяется в обратном направлении. При наложении падающей и отраженной волны вследствие интерференции образуется стоячая волна (рис. 1).

В закрытом резонаторе звуковая волна отражается от среды с большей плотностью, при этом волна меняет фазу на противоположную, т.е. на π , и на концах образуются узлы, в которых колебания частиц воздуха отсутствуют (амплитуда равна нулю).

Точки стоячей волны, в которых амплитуда колебаний максимальна называются пучностями.

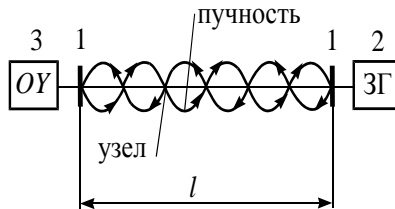


Рис. 1. Возникновение стоячих звуковых волн в полном цилиндре:
1 – микрофоны; 2 – звуковой генератор; 3 – осциллограф

Так как в закрытом резонаторе укладывается целое число длин полу-волн, то условие возникновения стоячей волны в закрытом резонаторе имеет вид

$$l = \frac{\lambda}{2} k, \quad (4)$$

где l – длина резонатора; λ – длина бегущей волны; $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Стоячую волну можно получить либо изменяя длину резонатора l при постоянной частоте колебаний источника ν , либо изменяя ν при неизменной длине резонатора.

Пусть при некоторой частоте ν_0 возникает N стоячих полуволн, при частоте $\nu_n - (N + k)$ стоячих полуволн, при частоте $\nu_m - (N + m)$ стоячих полуволн. Тогда

$$l = \frac{\lambda_1}{2} (N + k), \quad l = \frac{\lambda_2}{2} (N + m)$$

Так как скорость волны в среде $v = \lambda \nu$, то для частот ν_n и ν_m имеем

$$v = \frac{2l}{N + k} \nu_k, \quad v = \frac{2l}{N + m} \nu_m.$$

Исключая из последних уравнений N , получаем рабочую формулу для определения скорости звука в воздухе

$$v = \frac{2l(\nu_m - \nu_k)}{m - k}.$$

Представленные выше методы используются нами в образовательном процессе в лабораторных работах изучающих методики измерения модуля Юнга твердых веществ и показателя адиабаты газов.

Литература

1. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
2. Детлаф, А. А. Курс физики / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – М.: Высшая школа, 2002. – 718 с.