**Лабораторна робота**

**«ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ**

**В ПОВІТРІ МЕТОДОМ СТОЯЧОЇ ХВИЛІ»**

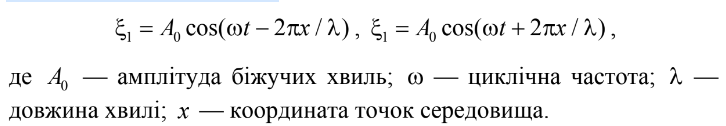
**Мета роботи.** Вивчення властивостей стоячої хвилі і визначення швидкості звуку в повітрі методом стоячої хвилі.

**Прилади і обладнання:** звуковий генератор, розсувна труба, осцилограф, динамік і мікрофон.

Теоретичні відомості

Стояча хвиля виникає в результаті накладання (інтерференції) двох біжучих хвиль, що рухаються у протилежних напрямах і мають однакові частоти та амплітуди. Зазвичай стоячі хвилі виникають у разі відбивання хвиль від перешкоди. Падаюча на перешкоду хвиля і біжуча їй назустріч відбита хвиля, накладаючись одна на одну, утворюють стоячу хвилю.

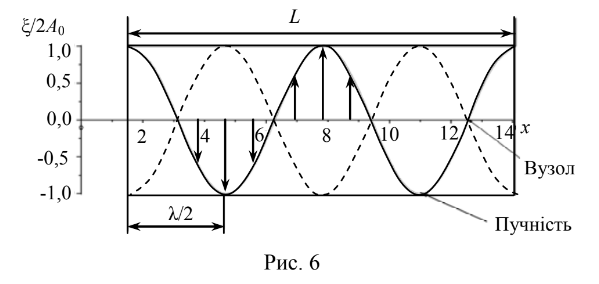
Рівняння двох плоских хвиль, що поширюються у протилежних напрямах, мають вигляд:



Для спрощення початок відліку часу і координати обрано так, щоб початкові фази дорівнювали нулю. Суперпозиція цих хвиль дає рівняння стоячої хвилі



Видно, що кожна точка стоячої хвилі коливається з частотою біжучих хвиль. Амплітуда стоячої хвилі є періодичною функцією координат точок середовища і не залежить від часу. На рис. 6 зображено графік залежності відхилення ξ від координати x для моменту часу, коли cos 1 ωt = («миттєва фотографія»), тобто 



У точках, для яких виконується умова 2πx/λ=± πn( n = 0, 1, 2...), амплітуда досягає максимального значення; ці точки називають пучностями стоячої хвилі. Координати пучностей:



Точки, для яких виконується умова 2πx/λ=± (n+1/2 ) π (n = 0, 1, 2 ... ,) називають вузлами стоячої хвилі; у вузлах амплітуда коливань дорівнює нулю. Координати вузлів:



Пучність і вузол не є однією точкою. Це площина в поперечному перерізі повітряного стовпа, точки якої мають відповідні координати

Довжина стоячої хвилі λст — це відстань між двома сусідніми вузлами або пучностями.



Як видно з рис. 6, у разі переходу через нуль змінюється знак відхилення. Відповідно до цього фаза коливань по різні боки від вузла різниться на π . Це означає, що точки, які лежать по різні боки від вузла, коливаються з протилежними фазами (у протифазі). Усі точки, що містяться між двома сусідніми вузлами, коливаються з однаковою фазою (синфазно). Хвилі в повітрі поздовжні, тому коливання точок в стоячій хвилі відбуваються вздовж осі x.На відміну від біжучої хвилі, стояча хвиля не переносить енер-гію. У стоячій хвилі енергія коливання кожного елемента об’єму середовища періодично переходить із кінетичної в потенціальну енергію пружної деформації середовища і навпаки (подібне відбувається при коливаннях маятника). Відсутність перенесення енергії в стоячій хвилі зумовлено тим, що в падаючій і відбитій хвилях енергія переноситься в однаковій кількості, але в протилежних напрямах. Тому середній за часом потік енергії в будь-якому перерізі стоячої хвилі дорівнює нулю.

У цій роботі досліджується стояча хвиля, яка виникає у стовпі повітря, обмеженому циліндричною трубою завдовжки L. У разі накладання біжучої та відбитої хвиль стоячі хвилі утворюються не завжди, для їх утворення має виконуватися умова: на протилежних межах повітряного стовпа повинні утворитися або вузли, або пучності. Відстань між пучністю і вузлом становить λ / 4 , тому в загальному випадку умова існування стоячої хвилі така:



Існування на межі відбиття вузла чи пучності залежить від хвильового опору ρv . Якщо середовище, від якого відбивається хвиля, має менший хвильовий опір (як іноді не зовсім правильно кажуть «меншу густину»), то в точці відбиття утворюється пучність. Якщо навпаки, то вузол. Утворення вузла пов’язане з тим, що хвиля, відбиваючись від середовища з більшим хвильовим опором, змінює фазу на протилежну. У результаті на межі середовищ відбувається додавання коливань з протилежними фазами. Якщо ж хвиля відбивається від середовища із меншим хвильовим опором, то зміна фази відсутня і на межі середовищ коливання, додаючись з однаковими фазами, утворюють пучність.

Вочевидь, якщо на обох протилежних межах повітряного стовпа знаходяться пучності або вузли (парна кількість λ / 4 ), то умову можна подати у вигляді:



У випадку, коли на одному кінці повітряного стовпа пучність, а на протилежному — вузол (непарна кількість λ / 4 ) умова перетворюється на



**Послідовність виконання роботи**

1. Увімкнути звуковий генератор та осцилограф і дати їм прогрітися.

2. Установити на звуковому генераторі частоту 1000 Гц.

3. Повільно висуваючи рухому частину труби і спостерігаючи за сигналом на осцилографі, знайти довжину труби 1 L , що відповідає першому максимуму. Значення L1 занести до табл. 3.

4. Продовжити висування труби до її максимальної довжини, спостерігаючи при цьому на осцилографі максимальні значення амплітуди і рахуючи їх кількість. Значення довжини труби Lm і значення m для останнього максимуму занести до таблиці.

5. Привести трубу в початкове положення і повторити на цій самій частоті вимірювання ще двічі. Результати занести до таблиці.

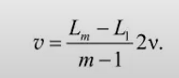
6. За формулою (23) обчислити швидкість звуку і занести до таблиці.

7. Повторити пп. 3–6 для частот 1500 Гц та 2000 Гц.

8. Отримати формулу для абсолютної похибки Δv і порахувати значення абсолютної і відносної похибок визначення швидкості звука.

9. Обчислити теоретичне значення швидкості звуку v за формулою V= 20,1 (T)^1/2 , де T — температура повітря в лабораторії. Порівняти теоретичні розрахунки з експериментальними результатами.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № з/п | 1 ν =1000 Гц | | | | 2 ν =1500 Гц | | | | 3 ν = 2000 Гц | | | |
| *L*1 | *Lm* | *m* | 1 *v* | *L*1 | *Lm* | *m* | 2 *v* | *L*1 | *Lm* | *m* | 3 *v* |
| 1 | 1.020 | 1.881 | 6 | 344.8 | 1.008 | 1.926 | 9 | 344.25 | 1.021 | 1.965 | 12 | 343.7 |
| 2 | 1.027 | 1.893 | 6 | 1.012 | 1.929 | 9 | 1.009 | 1.952 | 12 |
| 3 | 1.010 | 1.869 | 6 | 1.021 | 1.940 | 9 | 1.026 | 1.975 | 12 |



*v* теоритичне = 20.1 \* 293.5^(1/2) = 344,35 - порівнюючи, теоретичне значення приблизно дорівнює з експериментальними результатами.

**Розрахунки:**

*v11 = (*1.881-1.020)\*400 = 344.4

*v12 = (*1.893-1.027)\*400 = 346.4

*v13 = (*1.869-1.010)\*400 = 343.6

*v21 = (*1.926-1.008)\*375 = 344.25

*v22 = (*1.929-1.012)\*375 = 343.875

*v23 = (*1.940-1.021)\*375 = 344.625

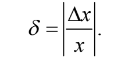
*v31 = (*1.965-1.021)\*363.6 = 343.238

*v32 = (*1.952-1.009)\*363.6 = 342.874

*v33 = (*1.975-1.026)\*363.6 = 345.056

< *v > = 344.2575*

*v = 344.35 - 344.2575 =0.0925*

 *= 0.925 / 344.35 \* 100% = 0.026%*

**Висновок:** Під час лабораторної роботи я дослідив властивості стоячої хвилі; еспериментально визначив швидкість звуку в повітрі методом стоячої хвилі.

**Контрольні питання та завдання**

2. Які головні відмінності між біжучою і стоячою хвилями?

Стояча хвиля утворюється в результаті накладання двох біжучих (рухомих) хвиль, які поширюються назустріч одна одній і мають деякий зсув фаз. У біжучій хвилі відбувається перенесення енергії, а в стоячій хвилі через площини, в яких розташовані вузли, енергія не перетікає.

Відмінність між стоячою хвилею та біжучою хвилею полягає в тому, що в стоячій хвилі зовсім немає перенесення енергії.

3. Що називають вузлом і пучністю стоячої хвилі?

У точках, для яких виконується умова 2πx/λ=± πn( n = 0, 1, 2...), амплітуда досягає максимального значення; ці точки називають пучностями стоячої хвилі. Координати пучностей:



Точки, для яких виконується умова 2πx/λ=± (n+1/2 ) π (n = 0, 1, 2 ... ,) називають вузлами стоячої хвилі; у вузлах амплітуда коливань дорівнює нулю. Координати вузлів:



Пучність і вузол не є однією точкою.

6. Чи відбувається перенесення енергії стоячою хвилею?

НІ

7. Як визначають швидкість звуку за методом стоячої хвилі?

Метод визначення швидкості звуку базується на властивості звукової стоячої хвилі, яка виникає при інтерференції біжучих назустріч одна одній хвиль. Вона характеризується точками, коливання в яких відсутні (що називаються вузлами), і точками, амплітуда коливань в яких максимальна (що називаються пучностями). Коливання всіх точок стоячої хвилі, які лежать між двома сусідніми вузлами, відбуваються з різними амплітудами, але з однаковими фазами, Віддаль між сусідніми вузлами або пучностями називається довжиною стоячої хвилі

Знаючи цю довжину звукової хвилі  та частоту , визначають швидкість поширення звукової хвилі в повітрі:

Також, швидкість звуку можна визначити залежно від температури повітря

де *-* 273К;  *Т* – температура досліду,  – швидкість звуку при 273К.

8. Від чого залежить швидкість поширення звуку в різних середовищах?

Швидкість звуку залежить від фізичних властивостей (у першу чергу: модулів пружності і густини) середовища, у якому поширюються механічні коливання, а також від його температури.