

План уроку 96

Тема: Коливання та хвилі.

Тема уроку: Перетворення енергії під час коливання.

Мета уроку: ознайомити учнів з перетворення енергії в коливальному русі. Вимушені коливання. Резонанс

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В КОЛИВАЛЬНОМУ РУСІ. ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ. РЕЗОНАНС

ЕНЕРГІЯ КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ

У механіці розрізняють кінетичну та потенціальну енергії тіл. Кінетична енергія визначається масою тіл та швидкістю їх руху:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Потенціальну енергію тіла у полі сил тяжіння визначають за формулою $E_n = mgh$, а потенціальну енергію пружно деформованого тіла (наприклад, пружини)

$$E_n = \frac{kx^2}{2}.$$

Якщо розглядати рух тягаря, прикріпленого до пружини, то тут періодично змінюватимуться як швидкість руху тіла, так і сила пружності пружини. Отже, періодично будуть змінюватися кінетична й потенціальна енергії. Кінетична енергія матиме максимальні значення у моменти проходження тілом положень рівноваги, а потенціальна — у моменти перебування тіла в точках найбільших відхилень від положення рівноваги.

Досі ми вважали, що в коливальних системах втрат механічної енергії немає, тому повна механічна енергія системи залишалася сталою:

$$E_n + E_k = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \text{const.}$$

Кінетична енергія матиме максимальні значення у моменти проходження тілом положень рівноваги, а потенціальна — у моменти перебування тіла в точках найбільших відхилень від положення рівноваги

$$E_n = \frac{kx^2}{2}.$$

У разі максимального відхилення тіла від положення рівноваги повна механічна енергія системи дорівнюватиме максимальній потенціальній енергії пружно деформованої пружини:

$$E_{n \max} = \frac{kx_{\max}^2}{2},$$

Оскільки втратами механічної енергії у системі ми поки що нехтуємо, то

$$\frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \text{const.}$$

Якщо не враховувати втрати механічної енергії у системі, то

$$\frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \text{const.}$$

З останнього рівняння можна легко знайти максимальне значення швидкості руху тіла в коливальному процесі. Зробіть це самі.

ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ. РЕЗОНАНС, ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ТА УСУНЕННЯ В ТЕХНІЦІ

Вимушеними вважають коливання, що відбуваються під дією зовнішньої періодичної сили. Наприклад, ви можете взяти в руку книжку і здійснювати нею вимушені коливання. На книжку з боку руки діє зовнішня періодична сила.

Однак у таких вимушених коливаннях немає чогось особливого і цікавого. Інша річ, коли зовнішня періодична сила діє на тіло, яке може самостійно здійснювати вільні коливання (такі коливання завжди затухаючі).

Якщо тіло в момент початку дії змушувальної сили було нерухомим, то спочатку амплітуда його коливань поступово зростає, через певний час досягає максимального значення і далі не збільшується.

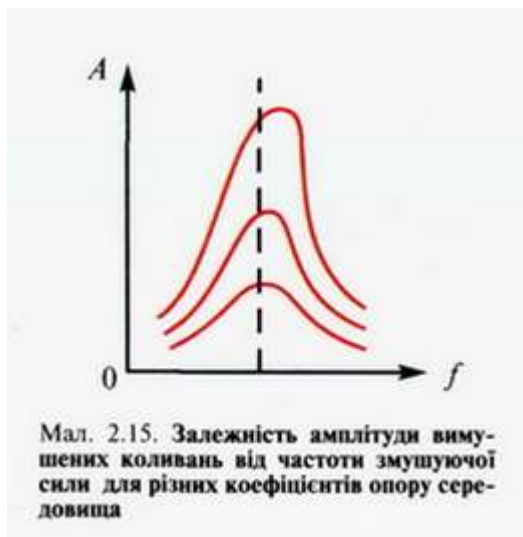
Важливе явище спостерігається у разі, коли частота змушувальної сили збігається з частотою коливань тіла, на яке ця сила діє. При цьому амплітуда коливань досягає максимального значення, яке у багато разів може перевищувати амплітуду вільних коливань. Таке явище називають резонансом.

Вимушеними вважають коливання, що відбуваються під дією зовнішньої періодичної сили

Важливе явище спостерігається в разі, коли частота змушувальної сили збігається з частотою коливань тіла, на яке ця сила діє. При цьому амплітуда коливань досягає максимального значення, яке у багато разів може перевищувати амплітуду вільних коливань. Таке явище називають резонансом

ідеальному випадку, коли в системі немає опору $f_{\text{рез}} = f_0$, резонанс настає, якщо частоти змушувальної сили і вільних коливань системи збігаються. Амплітуда коливань при цьому нескінченно зростає.

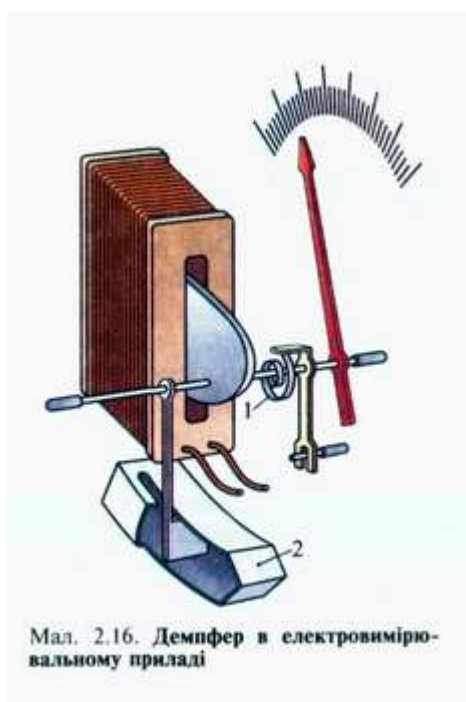
Чим менший коефіцієнт опору середовища, тим більша амплітуда резонансного коливання (мал. 2.15) і гостріший резонанс.



У багатьох випадках резонанс є корисним явищем. Резонанс ми використовуємо в різноманітних типах частотомірів. Особливо важливу роль відіграє резонанс у радіотехніці. Однак трапляються випадки, коли резонансу треба уникати, оскільки його неврахування призводить до певних ускладнень, навіть до катастроф. Так, усього через кілька місяців після введення в дію зруйнувався Такомський підвісний міст (СІІІА), в якому виникли резонансні коливання під дією вітру. Випадки руйнування мостів під дією періодичної сили (наприклад, коли по мосту йдуть «у ногу» війська) траплялись нерідко. Так, у 1831 р. у Манчестері 60 осіб так само зруйнували міст через річку Ірвель. У 1868 р. в Чатамі зруйнувався міст на опорах під час проходження загону британської піхоти. У 1850 р. зруйнувався Анжерський підвісний міст, коли по ньому крокував батальйон французької піхоти чисельністю 500 осіб, при цьому 226 осіб загинуло.

Наведені приклади засвідчують важливість дослідження коливань і врахування їх у техніці. Нині кожну деталь, яка в тому чи іншому пристрої зазнає періодичних навантажень, досліджують на резонанс. Наприклад, досліджують лопатки газових і парових турбін, відповідальні деталі літальних апаратів тощо.

Часто для зменшення коливань застосовують різні заспокійливі пристрої — демпфери. На мал. 2.16 зображено електровимірювальний прилад електромагнітної системи.



Якщо ввімкнути прилад, стрілка під дією пружини / здійснить коливання. Щоб вони швидше затухали, використовують демпфер 2 у вигляді коробочки, в якій рухається пластинка, зв'язана з віссю стрілки. Рух цієї пластинки збільшує опір повітря у системі, і коливання швидко затухають.

Отже, вимушені коливання відбуваються під дією заданих зовнішніх періодичних сил, які діють незалежно від коливань у системі. Характер процесу визначається не лише властивостями системи, а й істотно залежить від частоти зміни зовнішньої сили. Енергія коливань надається джерелом, що створює зовнішню силу.

ЗАПИТАННЯ

1. В яких точках траєкторії тіло, що коливається, має лише потенціальну енергію?
2. В які моменти руху тіло, що коливається, має лише кінетичну енергію?
3. Як визначають потенціальну енергію тіла, що коливається? Яке максимальне значення може мати ця енергія?
4. Яке максимальне значення кінетичної енергії може мати тіло, що коливається? Яке у цьому разі значення швидкості тіла?
5. Яку повну механічну енергію має тіло, що коливається, у будь-якій точці траєкторії?
6. За яких умов спостерігається резонанс?
7. Наведіть приклади корисного використання резонансу.
8. У яких випадках необхідно запобігати резонансу?

ього руху (амплітуда, частота, період); ознайомитися з математич