

# Лабораторна робота №15

## Дослідження механічних зв'язаних коливань

Мета: визначити основні параметри зв'язаних  
коливань механічної системи

Бригада та обладнання: коливна система, секундомер

Теор. відомості:

Реальні мех. коливання здійснюються за  
належності сил опору середовища. Тому з часом  
коливання згасають. Сила опору середовища  
переважно пропорційна швидкості руху тіла, що  
здійснює коливання:

$$F_{\text{оп}} = -r\dot{x},$$

де  $r$  - коеф. опору середовища, а знак "-" вказує  
на протилежний до швидкості напрям.

Якщо, де пружинного механізму можна записати

$$m\ddot{x} + F_{\text{оп}} - F_{\text{пр}} = 0$$

$$m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = 0$$

$$m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = 0$$



Позначивши  $\frac{k}{m} = \omega_0^2$ ,  $\frac{r}{m} = 2\beta$  ( $\beta$  - коеф. згасання)  
маємо диф. рівняння згасаючих коливань:  
$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

При  $\omega_0 > \beta$  розв'язком цього рівняння є рівняння:  
$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Воно описує гармонічні коливання з цикліч.  
частотою  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$  і змінною у часі амплітудою  
 $A(t) = A_0 \cdot e^{-\beta t}$ , при початковій амплітуді  $A_0$

Період коливань:  $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$

Декремент:  $D = \frac{A_n}{A_{n+1}} = e^{\beta T}$

Логарифмічний декремент:  $\lambda = \ln D = \beta T$

Час релаксації  $\tau$  - час за який амплітуда коливань  
зменшується в  $e$  разів. Коеф. згасання - фіз. величина  
одержана до часу релаксації:  $\beta = \frac{1}{\tau}$

$N_e$  - число коливань за яке  $N$ -те коливань зменш. в  $e$  разів.

так що  $\tau = N_e T$ ,  $\lambda = \beta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N_e}$

Отже, лог. декрем. - б. фіз. величина одержана до  $N_e$



Добротність системи:  $Q = 2\pi \frac{E}{\Delta E I} = \frac{\pi}{\eta} = \pi N_e$

Таблиця

Заспокоєні політронні	N°	t, c	T, c	$\Delta T, c$	$n_2$	$\Delta n_2$	$n_3$	$n_4$
	1	18,6	1,86	0,01	16	1	26	31
	2	18,7	1,87	0,02	14	1	25	29
	3	18,3	1,83	0,02	16	1	26	30
	ср.	18,5	1,85	0,02	15	1	26	29
різні	N°	t, c	T, c	$\Delta T, c$	$n_2$	$\Delta n_2$	$n_3$	$n_4$
	1	18,9	1,89	0	8	1	11	16
	2	18,8	1,88	0,01	7	0	9	15
	3	19,0	1,90	0,01	7	0	10	16
	ср.	18,9	1,89	0,01	7	0	10	16

Заспокоєні політронні	$\beta, c^{-1}$	$\Delta \beta, c^{-1}$	$\delta \beta, \%$	$\lambda$	$Q$
	0,025	0,002	8%	0,044	71,4
різні	0,052	0,0003	0,58%	0,073	43

$\beta_n = \frac{\ln 2}{15 \cdot 1,85} \approx 0,025$  Точка зупинки:



$$\Delta \beta_n = \left( \frac{1}{15} + \frac{0,02}{1,85} \right) \cdot 0,025 = 0,002$$

$$\delta \beta_n = \frac{\Delta \beta_n}{\beta_n} = \frac{0,002}{0,025} = 0,08 = 8\%$$

$$\lambda_n = \frac{f_n(0,02) - f_n(0,01)}{0,01} = 0,044$$

$$Q_n = \frac{\pi}{0,044} = 71,4$$

$$\beta_r = \frac{\ln 2}{7 \cdot 1,89} = 0,052$$

$$\Delta \beta_r = \left( \frac{0}{7} + \frac{0,01}{1,89} \right) \cdot 0,052 = 0,0003$$

$$\delta \beta_r = \frac{0,0003}{0,052} = 0,0058 = 0,58\%$$

$$\lambda_r = \frac{f_r(0,02) - f_r(0,01)}{0,01} = 0,073$$

$$Q_r = 4 \frac{\pi}{0,073} = 43$$