

Выводы:

Отчет по лабораторной работе МодК – 05
СЛОЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ. БИЕНИЯ

Студент(ка) _____ гр. _____
Фамилия И.О.

ДОПУСК	ДАННЫЕ	РЕЗУЛЬТАТЫ

дата, подпись преподавателя дата, подпись преподавателя дата, подпись преподавателя

Цель работы: изучение особенностей движения тела, участвующего в двух одинаково направленных колебательных движениях. Определение частоты собственных колебаний маятника и амплитуд складываемых колебаний из биений.

Краткое теоретическое содержание работы:

Под *сложением колебаний* понимают _____

Рассмотрим сложение двух одинаково направленных колебаний $x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$ и $x_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$ с амплитудами A_1 и A_2 , частотами ω_1 и ω_2 , начальными фазами φ_1 и φ_2 . Фаза и амплитуда результирующего движения равны:

$$\text{tg } \Phi(t) =$$

$$A^2 =$$

Гармонические колебания называются *когерентными*, если _____

Это возможно, если _____

Гармонические колебания называются *некогерентными*, если _____

Это возможно, если _____

Биениями называется _____

В этом случае результирующее колебание можно записать в виде:

$$x =$$

$$A^2 =$$

Частота колебаний $\Omega \approx$

Частотой биения называют _____

Критерием наблюдения биений является:

Наблюдая биения, можно определить наибольшую A_{\max} и наименьшую A_{\min} амплитуду результирующих колебаний. Отсюда легко определить амплитуды складываемых колебаний

$$A_1 = \quad ; A_2 =$$

Если частота ω_2 одного из складываемых колебаний известна, измерив наибольшую A_{\max} и наименьшую A_{\min} амплитуды и частоту Ω суммарных колебаний можно определить параметры складываемых колебаний – амплитуды A_1, A_2 и неизвестную частоту ω_1 по формуле:

$$\omega_1 =$$

Время N колебаний t , с	Собственная частота маятника ω_1 , рад/с	Относительная погрешность $\delta\omega_1$	Абсолютная погрешность $\Delta\omega_1$

- Среднее значение погрешность $\Delta\omega_{1одн}$ однократных измерений частоты собственных колебаний ω_1 :

$$\Delta\omega_{1одн} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta\omega_{1i} =$$

- Случайная ошибка $\Delta\omega_{1сл}$:

$$\Delta\omega_{1сл} = t_{\alpha n} \cdot \sigma_3 =$$

где коэффициент Стьюдента $t_{\alpha n} =$ _____; доверительная вероятность $\alpha = 0,99$.

- Погрешность $\Delta\omega_{1ср}$ частоты собственных колебаний:

$$\Delta\omega_{1ср} = \sqrt{(\Delta\omega_{1сл})^2 + (\Delta\omega_{1одн})^2} =$$

Окончательный результат:

$$A_1 = A_{1ср} \pm \Delta A_1 = \quad \pm \quad \text{см};$$

$$A_2 = A_{2ср} \pm \Delta A_2 = \quad \pm \quad \text{см};$$

$$\omega_1 = \omega_{1ср} \pm \Delta\omega_{1ср} = \quad \pm \quad \text{рад/с.}$$

Теоретическое значение

$$\omega_1 = \quad \text{рад/с.}$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\omega_{1cp} - \omega_{1i})^2}{n(n-1)}} =$$

n – количество значений в таблице 3, удовлетворяющих критерию биений.

- **Относительная погрешность $\delta\omega_1$ однократного измерения частоты собственных колебаний ω_1** (вычисляется для каждого опыта отдельно):

$$\delta\omega_1 = \sqrt{\left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + (3\delta_1)^2 + (2\delta_2)^2}$$

$$\Delta t = \alpha \cdot \Delta t_{np} = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ с,}$$

где доверительная вероятность $\alpha = 0,99$; цена деления прибора $\Delta t_{np} = 1$ мс.

Значения времени взять из табл. 3 для $\delta < 0,1$. Значения $\delta\omega_1$ записать в табл. 4.

- **Абсолютная погрешность $\Delta\omega_1$ однократных измерений частоты собственных колебаний ω_1** (вычисляется для каждого опыта отдельно):

$$\Delta\omega_1 = \omega_1 \cdot \delta\omega_1$$

Таблица 4. Расчет погрешности частоты собственных колебаний

Время N колебаний t , с	Собственная частота маятника ω_1 , рад/с	Относительная погрешность $\delta\omega_1$	Абсолютная погрешность $\Delta\omega_1$

Эксперимент

В данной работе с помощью средств компьютерной графики моделируется процесс сложения двух гармонических колебаний: собственных колебаний пружинного маятника по закону $x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t)$ и гармонических колебаний внешней силы по закону $x_2 = A_2 \cos(\omega_2 t)$ ($A_1 > A_2$). Оба колебания совершаются в одном направлении. Сопротивление среды отсутствует. Сила тяжести и все компенсирующие ее силы направлены перпендикулярно направлению движения маятника и не оказывает влияния на движение.

Начальные данные

Вариант № _____

Маятник	m , кг	k , Н/м	Частота собственных колебаний пружинного маятника	Теоретическое значение ω_1 , рад/с
№ _____			$\omega_1 =$ (формула)	

ЭТАП 1. Определение диапазона биений

Таблица 1. Анализ характера результирующего движения по графикам

В области частот 0 – 10 рад/с внешней силы получены графики зависимости координаты результирующего движения тела от времени. Их можно отнести к следующим видам движения:

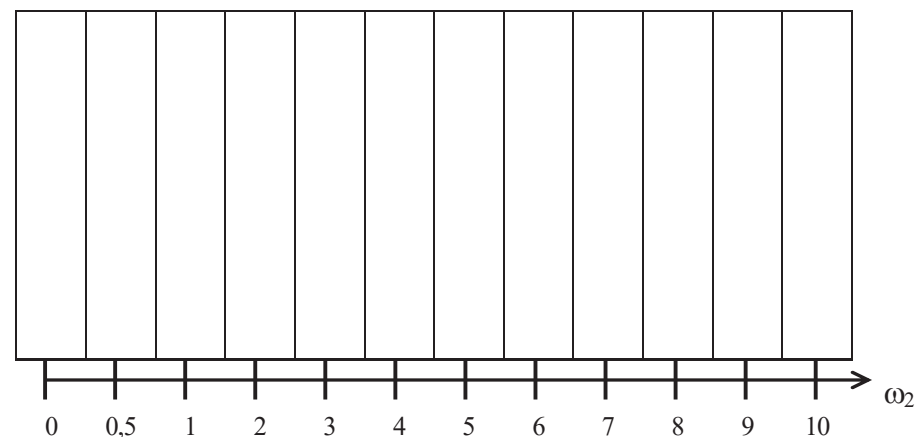


Таблица 2. Диапазон частот для различных видов результирующего движения

(по результатам таблицы 1 с учетом уточнения границ диапазона биений)

Диапазон частот ω_2 внешней силы	Начало диапазона, рад/с	Конец диапазона, рад/с
Колебания с переменным положением равновесия		
Негармонические колебания		
БИЕНИЯ		
Негармонические колебания		
Колебания с переменным положением равновесия		

Характерные графики различных видов движения:



Обработка результатов:

- Среднеквадратичное отклонение амплитуд A_1 и A_2 :

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{1cp} - A_{1i})^2}{n(n-1)}} =$$

n – количество значений в таблице 3.

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{2cp} - A_{2i})^2}{n(n-1)}} =$$

n – количество значений в таблице 3.

- Случайная ошибка ΔA_{1cl} , ΔA_{2cl} и ошибка однократного измерения ΔA_o :

$$\Delta A_{1cl} = t_{\alpha n} \cdot \sigma_1 =$$

$$\Delta A_{2cl} = t_{\alpha n} \cdot \sigma_2 =$$

$$\Delta A_o = \alpha \cdot \Delta x_{np} =$$

где коэффициент Стьюдента $t_{\alpha n} =$ ____; доверительная вероятность $\alpha = 0,99$; цена деления прибора $\Delta x_{np} =$ ____ см.

- Погрешность измерения амплитуд $\Delta A_1, \Delta A_2$:

$$\Delta A_1 = \sqrt{(\Delta A_{1cl})^2 + (\Delta A_o)^2} =$$

$$\Delta A_2 = \sqrt{(\Delta A_{2cl})^2 + (\Delta A_o)^2} =$$

- Относительная погрешность δ_1, δ_2 амплитуд:

$$\delta_1 = \left(\frac{\Delta A_1}{A_{1cp}} \right) = \quad \delta_1 \cdot 100\% =$$

$$\delta_2 = \left(\frac{\Delta A_2}{A_{2cp}} \right) = \quad \delta_2 \cdot 100\% =$$

- Среднеквадратичное отклонение частоты собственных колебаний ω_1 (для тех опытов, для которых выполнен критерий биений)

№	ω_2 , рад/с	N	t , с	T , с	Ω , рад/с	A_{max} , см	A_{min} , см	A_1 , см	A_2 , см	ω_1 , рад/с	δ , %	$ \omega_2 - \omega_{1cp} $
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												

В таблице 3 выделите строки, для которых $\delta < 0,1$

Средние значения****	
Амплитуда собственных колебаний A_{1cp} , см	
Амплитуда внешней силы A_2 ср, см	
Собственная частота маятника ω_1 ср, рад/с	

**** Средние значения A_1 и A_2 считать, используя данные всей таблицы 3. Среднее значение ω_1 считать, используя данные, для которых выполняется критерий биений ($\delta < 0,1$).

ЭТАП 2. Биения. Определение характеристик складываемых колебаний

Таблица 3. Частоты и амплитуды складываемых колебаний

№	Частота внешней силы ω_2 , рад/с	Количество колебаний N	Время N колебаний t , с	*Период колебаний T , с	**Частота колебаний Ω , рад/с	Максимальная амплитуда A_{max} , см	Минимальная амплитуда A_{min} , см	Амплитуда собственных колебаний A_1 , см	Амплитуда внешней силы A_2 , см	***Собственная частота маятника ω_1 , рад/с	****Критерий биений δ	Критерий биений, %	$ \omega_2 - \omega_{1cp} $
1													
2													
3													
4													

* Чтобы определить период T надо время колебаний t разделить на количество колебаний N : $T = t / N$.

** Частота колебаний обратно пропорциональна периоду: $\Omega = 2\pi / T$.

*** $\omega_1 \approx 2\Omega \frac{A_{max}}{A_{max} + A_{min}} - \omega_2 \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}$ (или $\omega_1 \approx 2\Omega - \omega_2$ при $\omega_2 - \omega_1 \rightarrow 0$, когда A_{min} невозможно измерить)

**** $\delta = |\Delta\omega|/\bar{\omega}$, где $\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2$, $\bar{\omega} = 0,5 \cdot (\omega_1 + \omega_2)$, $\delta < 0,1$.

№	ω_2 , рад/с	N	t , с	T , с	Ω , рад/с	A_{max} , см	A_{min} , см	A_1 , см	A_2 , см	ω_1 , рад/с	δ	δ , %	$ \omega_2 - \omega_{1cp} $
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													

← Начало таблицы

Продолжение таблицы →

6

МодК – 05

№	ω_2 , рад/с	N	t , с	T , с	Ω , рад/с	A_{max} , см	A_{min} , см	A_1 , см	A_2 , см	ω_1 , рад/с	δ	δ , %	$ \omega_2 - \omega_{1cp} $
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

← Начало таблицы

Продолжение таблицы →

7