

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ

Группа: M32101 К работе допущен: .

Студент: Косовец Роман Евгеньевич Работа выполнена:

Преподаватель: _____ Отчет принят: _____

**Рабочий протокол и отчет
по лабораторной работе № 3.10.
«Изучение свободных затухающих
электромагнитных колебаний»**

1. Цель работы:

Изучение основных характеристик свободных затухающих колебаний.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы:

- 1) Списать значения индуктивности катушки L и емкостей конденсаторов C_1, C_2, C_3, C_4 с измерительного стенда.
- 2) Собрать схему, следуя методическим указаниям.
- 3) При разных добавочных сопротивлениях R_M магазина измерить период колебаний в контуре и значения удвоенной амплитуды колебаний $2U_i, 2U_{i+n}$ напряжения на конденсаторе, отличающихся на кол-во периодов, равное n .
- 4) Рассчитать значения логарифмического декремента λ .
- 5) Построить график зависимости логарифмического декремента λ от сопротивления магазина R_M . По начальному участку графика найти наклон и отсечку аппроксимирующий прямой и рассчитать абсциссу точки пересечения этой прямой с осью абсцисс.
- 6) Вычислить значения полного сопротивления R и индуктивности L .
- 7) Вычислить период колебаний в контуре при сопротивлении магазина 0, 200, 400 Ом.
- 8) Определить добротность контура Q при различных сопротивлениях магазина. Построить график зависимости добротности Q от сопротивления в контуре R .
- 9) Увеличивая сопротивление магазина, подобрать значение, при котором исчезает периодичность процесса разряда конденсатора. Оценить критическое

сопротивление контура. Вычислить критическое сопротивление по формуле. Сравнить полученные значения.

10) При нулевом сопротивлении магазина измерить периоды колебаний в контуре $T_{\text{эксп}}$, устанавливая в качестве емкости контура конденсаторы C_1, C_2, C_3, C_4 . Вычислить теоретическое значение периода $T_{\text{теор}}$, используя найденные выше индуктивность $L_{\text{ср}}$ и собственное сопротивление контура R_0 . Построить графики зависимости периодов $T_{\text{эксп}}, T_{\text{теор}}$ от емкости конденсатора.

3. Объект исследования:

Ферромагнитный сердечник, конденсаторы C_1, C_2, C_3, C_4 .

4. Метод экспериментального исследования:

Эмпирический лабораторный экспериментальный метод исследования.

5. Рабочие формулы и исходные данные:

Логарифмический декремент:

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{U_i}{U_{i+n}} \quad (1) - (25)$$

$$\lambda = \beta T = \frac{R}{L} \frac{\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \quad (2) - (22)$$

Полное сопротивление:

$$R = R_{\text{м}} + R_0 \quad (3) - (30)$$

Зависимость логарифмического декремента от сопротивления при малых затуханиях:

$$\lambda \approx \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (4) - (23)$$

Тогда:

$$L \approx \frac{\pi^2 R^2 C}{\lambda^2} \quad (5)$$

Период затухающих колебаний:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \quad (6) - (14)$$

Добротность контура для малых затуханий:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (7) - (29)$$

$$Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\lambda}} \quad (8) - (32)$$

Критическое сопротивление:

$$R_{кр} = 2 \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (9) - (15)$$

Формула Томсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (10) - (32.1)$$

Исходные данные:

$$C_1 = 0,022 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

$$L = 10 \text{ мГн} \pm 10\%$$

$$C_2 = 0,033 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

$$\nu = 40 \text{ Гц}$$

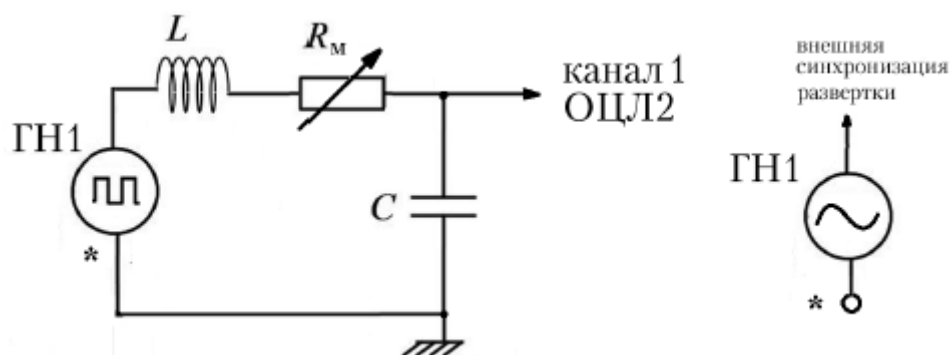
$$C_3 = 0,047 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

$$C_4 = 0,470 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

6. Измерительные приборы:

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование</i>	<i>Тип прибора</i>	<i>Используемый диапазон</i>	<i>Погрешность приборов</i>
1	Осциллограф	цифровой	$K_y = 0,2 \div 1 \text{ В}$ $K_x = 10 \text{ мс}$	$K_{откл} = \pm 3\%$

7. Схема установки:



Рабочая схема для изучения затухающих колебаний напряжения на конденсаторе

8. Результаты прямых исследований и их обработки:

Таблица 1. Зависимость падения напряжения от сопротивления						Таблица 2. Измеренный период в зависимости от емкости, при R= L=,											
	$R_{м}, \text{Ом}$	$T, \text{мкс}$	$2U_i, \text{В}$	$2U_{i+n}, \text{В}$	n	<table><tr><td>$C, \text{мкФ}$</td><td>$T_{\text{эксп}}, \text{мкс}$</td></tr><tr><td>0,022</td><td>93,0</td></tr><tr><td>0,033</td><td>115,0</td></tr><tr><td>0,047</td><td>136,0</td></tr><tr><td>0,470</td><td>452,0</td></tr></table>		$C, \text{мкФ}$	$T_{\text{эксп}}, \text{мкс}$	0,022	93,0	0,033	115,0	0,047	136,0	0,470	452,0
$C, \text{мкФ}$	$T_{\text{эксп}}, \text{мкс}$																
0,022	93,0																
0,033	115,0																
0,047	136,0																
0,470	452,0																
	0	93,0	6,3	1,9	3												
	10	93,0	5	1,6	3												
	20	93,0	4,8	1,3	3												
	30	93,0	4,3	1,2	3												
	40	93,0	4,2	0,9	3												
	50	93,0	4,1	0,8	3												
	60	93,0	3,5	0,7	3												
	70	93,0	3,7	0,6	3												
	80	93,0	3,1	0,8	3												
	90	93,0	3,0	0,5	3												
	100	94,5	2,7	0,3	3												
	200	95,0	1,7	0,5	2												
	300	95,0	1,3	0,3	1												
	400	97,0	0,7	0,1	1												

9. Расчет результатов косвенных измерений:

$R_M, \text{Ом}$	$T, \text{мкс}$	$2U_i, \text{В}$	$2U_{i+n}, \text{В}$	n	λ	Q	$R, \text{Ом}$	$L, \text{мГн}$
0	93	6,3	1,9	3	0,40	11,42	55,2	4,14
10	93	5	1,6	3	0,38	11,81	65,2	6,40
20	93	4,8	1,3	3	0,44	10,81	75,2	6,48
30	93	4,3	1,2	3	0,43	10,97	85,2	8,71
40	93	4,2	0,9	3	0,51	9,79	95,2	7,46
50	93	4,1	0,8	3	0,54	9,47	105,2	8,10
60	93	3,5	0,7	3	0,54	9,55	115,2	10,01
70	93	3,7	0,6	3	0,61	8,94	125,2	9,26
80	93	3,1	0,8	2	0,68	8,47	135,2	8,65
90	93	3	1,5	1	0,69	8,38	145,2	9,53
100	94,5	2,7	1,3	1	0,73	8,18	155,2	9,79
200	95	1,7	0,5	1	1,22	6,88	255,2	9,44
300	95	1,3	0,3	1	1,47	6,64	355,2	12,74

400	97	0,7	0,1	1	1,95	6,41	455,2	11,88
-----	----	-----	-----	---	------	------	-------	-------

Чтобы заполнить таблицу 3, посчитаем логарифмический декремент, значение добротности, полное сопротивление, значение индуктивности для текущих сопротивлений:

1) Логарифмический декремент для текущего сопротивления магазина:

$$\lambda = \ln\left(\frac{U_i}{U_{u+n}}\right)^{\frac{1}{n}} = \frac{\ln \frac{6,3}{1,9}}{3} = 0,40$$

2) Значение добротности для текущего сопротивления магазина:

$$Q = \frac{2\pi}{1-e^{-2\lambda}} = \frac{2\pi}{1-e^{-2*0,40}} = 11,42$$

3) Полное сопротивление для текущего сопротивления магазина:

$$R = R_0 + R = 55,2 + 0 = 55,2$$

R_0 находится по графику при пересечении самого графика и оси абсцисс, общее сопротивление находится как сумма сопротивлений магазина и самого контура. $R_0 = 55,2$ Ом.

4) Значение индуктивности для текущего сопротивления магазина:

$$L = \frac{\pi^2 * R^2 * C}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 * 55,2^2 * 0,022}{0,40^2} = 4,14$$

5) Вычислим соответствующие значения периода $T_{\text{теор}}$ и заполним таблицу 2:

Таблица 2

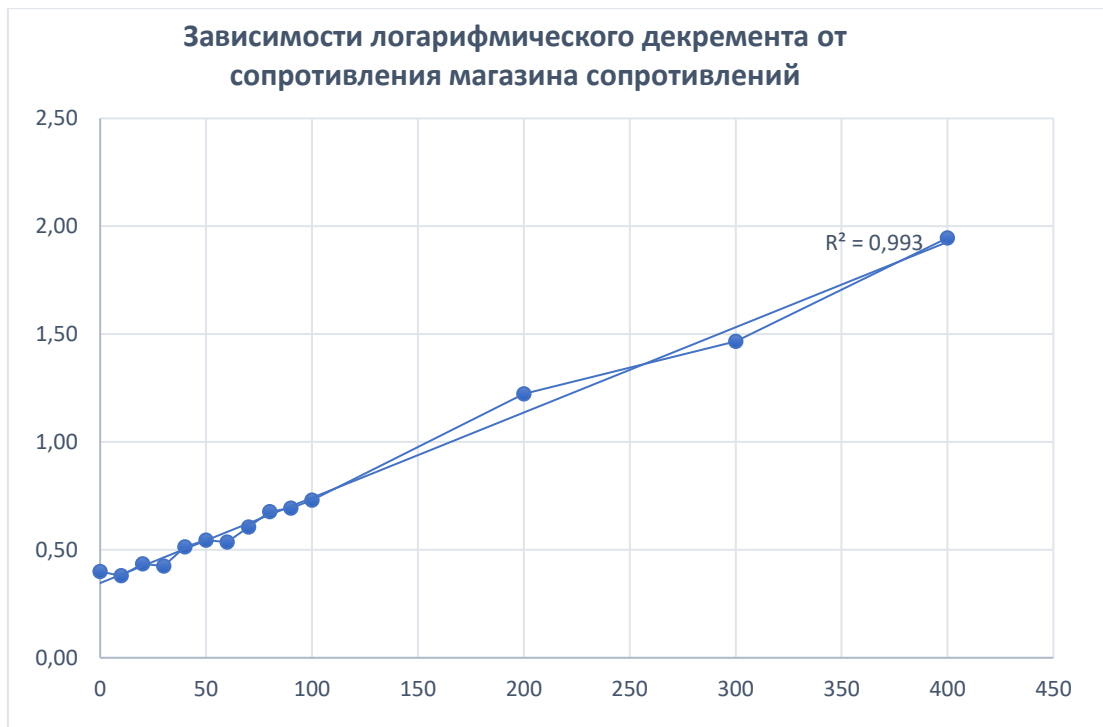
C , мкФ	$T_{\text{эксп}}$, мкс	$T_{\text{теор}}$, мкс	Сигма T , %
0,022	0,09	0,08	7,5
0,033	0,11	0,10	7,3
0,047	0,13	0,12	6,1
0,47	0,45	0,40	13,8

Чтобы заполнить таблицу 2, посчитаем $T_{\text{теор}}$:

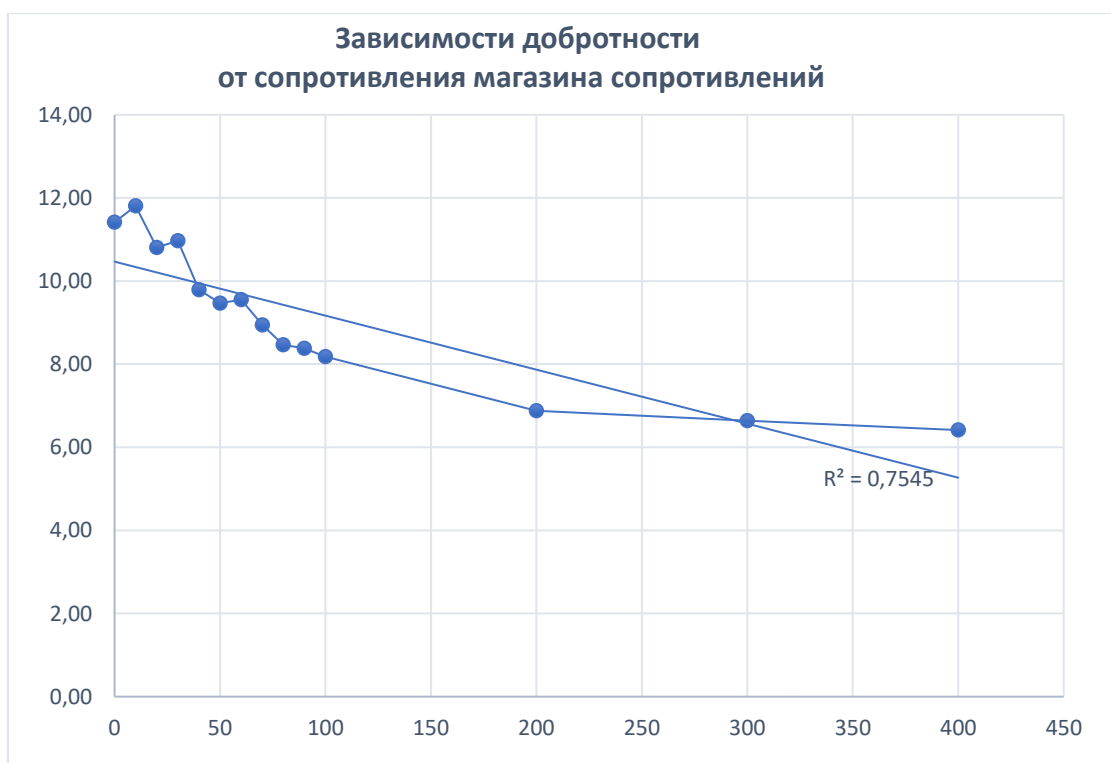
$$T_{\text{теор}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{4,14*0,022} - \frac{55,2^2*10^6}{4*(4,14)^2}}} * 10^3 = 0,08 \text{ мс}$$

10. Графики:

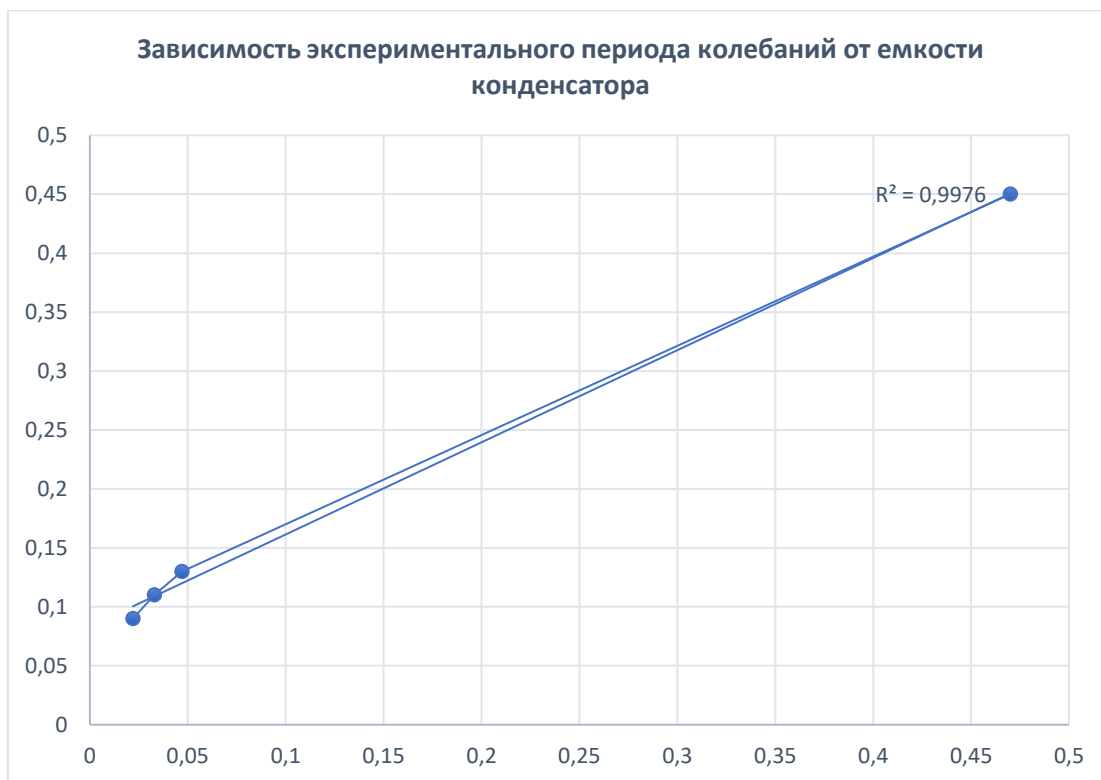
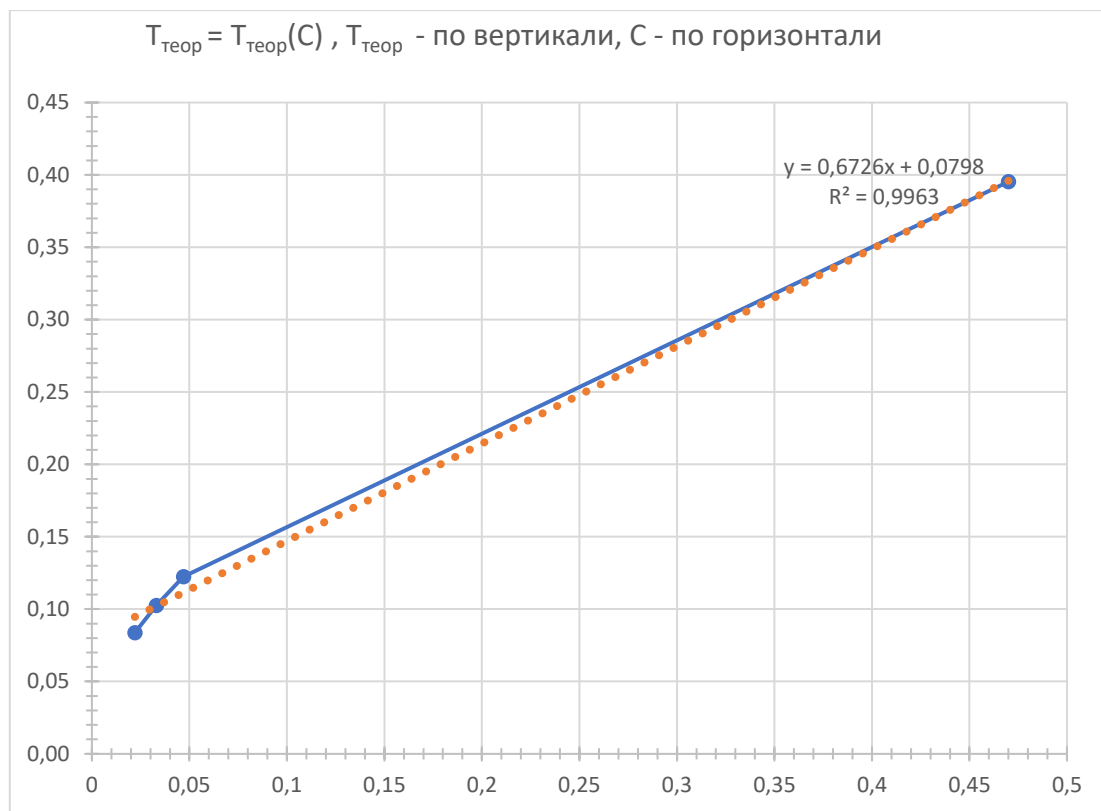
$\lambda = \lambda(R_M)$ – логарифмический декремент от сопротивления магазина сопротивлений

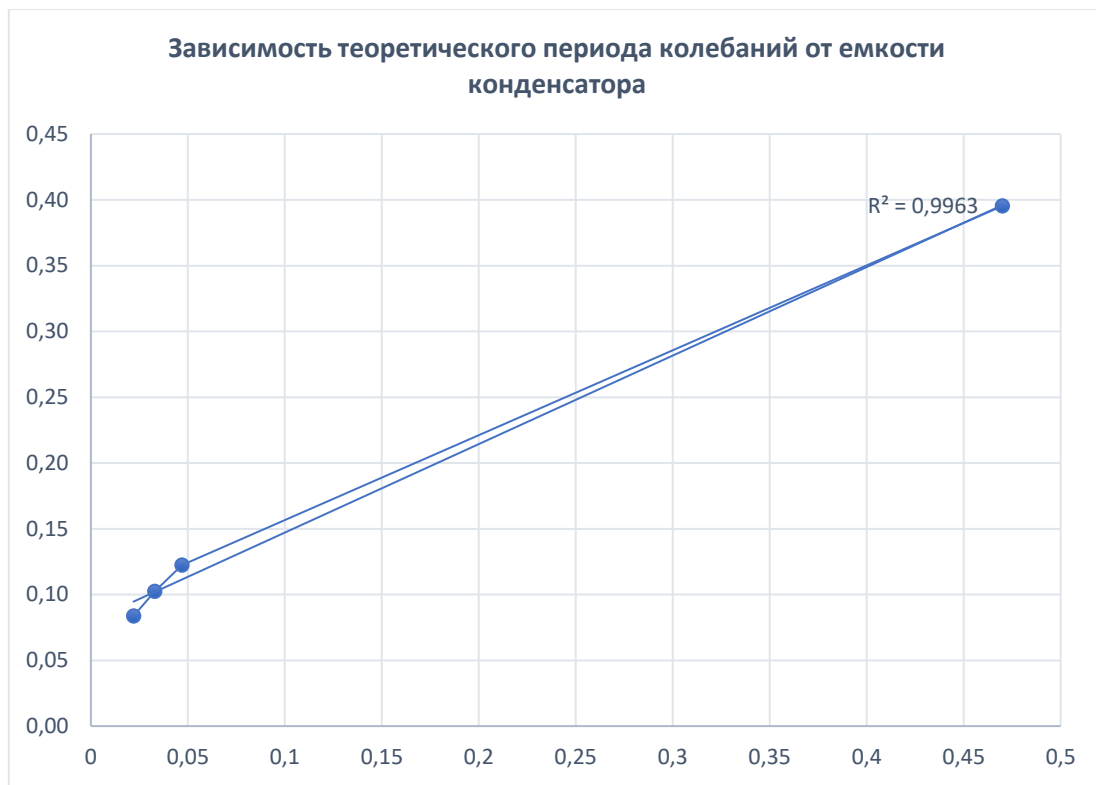


$Q = Q(R)$ – добротность от сопротивления цепи



$T_{\text{эксп}} = T_{\text{эксп}}(C)$ – экспериментальное значение периода от ёмкости





11. Вывод:

- Графики зависимостей теоретического периода колебаний от емкости и экспериментального периода колебаний от емкости практически совпадают
- Экспериментальная средняя индуктивность катушки меньше, чем теоретическая индуктивность стержня, равная 10 мГн
- Теоретические периоды колебаний при 0 Ом, 200 Ом и 400 Ом сопротивления магазина практически совпадают с экспериментальными в пределах допустимой погрешности (+/- 15%);
- Теоретическое значение добротности при 0 Ом сопротивления магазина практически совпадает с экспериментальным;
- Теоретическое критическое значение сопротивления различается с экспериментальным меньше, чем на 20%;