



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Радиоэлектроника»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению практических занятий
по учебной практике

«Ознакомительная практика»

Авторы

Шокова Ю. А.

Звездина М.Ю.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения по специальностям 11.03.01 и 11.03.02.

Авторы



к.ф.-м.н.,
доцент кафедры
«Радиоэлектроника»

Шокова Юлия
Александровна



д.ф.-м.н., доцент,
зав. кафедрой
«Радиоэлектроника»

Звездина Марина
Юрьевна



Оглавление

Порядок выполнения работы	4
Указания по выполнению работы	6
Создание структурированного файла формата *.prn	6
Работа с массивами в MathCad	7
Чтение данных из файла в MathCad	7
Оцифровка графиков в программе GetData Graph Digitizer. Сохранение в формат *.prn	8
Построение графиков в декартовой системе координат в MathCad	12
Нахождение вида функциональной зависимости экспериментальных данных	14
Оформление графиков в отчете по работе	17
Варианты заданий	20
Вариант 1	20
Вариант 2	22
Вариант 3	24
Вариант 4	26
Вариант 5	28
Вариант 6	30
Вариант 7	32
Вариант 8	34
Вариант 9	36
Вариант 10	38
Вариант 11	40
Вариант 12	42
Вариант 13	44
Вариант 14	46
Вариант 15	48
Вариант 16	50
Вариант 17	52
Вариант 18	54
Вариант 19	56
Шаблон отчета	58

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Цель работы: обучение основным навыкам обработки экспериментальных данных, составлению отчета о выполненной работе.

Выбор варианта:

		Предпоследняя цифра зачетки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Последняя цифра зачетки	0	1	11	2	12	3	13	4	14	5	15
	1	2	12	3	13	4	14	5	15	6	16
	2	3	13	4	14	5	15	6	16	7	17
	3	4	14	5	15	6	16	7	17	8	18
	4	5	15	6	16	7	17	8	18	9	19
	5	6	16	7	17	8	18	9	19	10	1
	6	7	17	8	18	9	19	10	1	11	2
	7	8	18	9	19	10	1	11	2	12	3
	8	9	19	10	1	11	2	12	3	13	4
	9	10	1	11	2	12	3	13	4	14	5

Порядок выполнения работы:

- 1 Заполнение титульного листа отчета.
 - 2 Создание структурированного файла (data.prn), содержащего исходные данные из таблицы 1.
 - 3 Оцифровка графиков для R и L в программе GetData Graph Digitizer. Экспорт в соответствующие структурированные файлы dataR.prn и dataL.prn.
 - 4 Чтение данных из файла data.prn, построение графиков исходных данных в виде точек на декартовой плоскости.
 - 5 Чтение данных из файлов dataR.prn и dataL.prn, построение соответствующих графиков в виде линий. На графики нанести точки экспериментально полученных данных.
 - 6 Подбор вида функциональной зависимости по экспериментальным данным с помощью функций linfit для значений R и genfit для значений L.
- В линейной комбинации использовать не менее трех функций.
- Для функции genfit экспериментально подобрать вид функции из ряда:

Учебная практика

$$y = \exp(a_0 + a_1x + a_2x^2), \quad y = \frac{1}{a_0} \exp\left(\frac{-x}{a_1}\right) + a_2, \quad y = \frac{a_0}{x - a_1} + a_2.$$

7 Построение совмещенных графиков:

- подобранная функциональная зависимость и экспериментальные точки;
- подобранная функциональная зависимость и оцифрованный теоретический график.

8 Оформление отчета по выполненной работе.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Создание структурированного файла формата *.prn

Формат *.prn является одним из форматов данных, с которыми работает MathCad. Изнутри файл данного формата представляет собой текстовый файл, содержащий цифровые значения, разделенные в одной строке табуляцией. Формировать файл рекомендуется в редакторе Блокнот.

В новый текстовый документ необходимо перенести данные из таблицы в виде, приведенном на рисунке 1.

Первое значение f	Первое значение R	Первое значение L
Второе значение f	Второе значение R	Второе значение L
Третье значение f	Третье значение R	Третье значение L
...
Последнее значение f	Последнее значение R	Последнее значение L

а)

Первое значение a	Первое значение R	Первое значение L
Второе значение a	Второе значение R	Второе значение L
Третье значение a	Третье значение R	Третье значение L
...
Последнее значение a	Последнее значение R	Последнее значение L

б)

Рисунок 1 – Структура файла data.prn а) при зависимости R и L от частоты; б) при зависимости R и L от расстояния между проводниками

Разделитель между целой и десятичной частью точка, в каждой строке значения отделены друг от друга табуляцией (клавиша Tab).

После набора значений необходимо сохранить файл в рабочий каталог с именем data. В проводнике (или любом другом файловом менеджере) изменить расширение файла с *.txt на *.prn.

Работа с массивами в MathCad

Для присвоения переменной некоторого значения используется оператор $:=$, который в программе выставляется нажатием комбинации горячих клавиш Shift+;

Переменной может быть присвоены различные значения, например, константа, вектор, матрица, результат вычисления функции

$$\begin{array}{ll} A := 5 & B := \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \end{pmatrix} \\ C := \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} & D := \exp(A) \end{array}$$

Для вставки матрицы или вектора необходимо выбрать в меню Вставка->Матрица. В диалоговом окне указать нужную размерность.

Для доступа к элементам матрицы используются нижние индексы

$$\begin{array}{ll} B := \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \end{pmatrix} & C := \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \\ B_0 = 4 & C_{0,1} = 0 \end{array}$$

Для указания нижнего индекса необходимо нажать горячую клавишу [

MathCad позволяет задавать функциональную зависимость от нескольких аргументов, например:

$$\begin{array}{l} F(x) := x^2 + 1 \\ F(1) = 2 \end{array}$$

Чтение данных из файла в MathCad

Для корректной работы с файлами, файл MathCad должен располагаться в том же каталоге, что и файл с данными.

Для того чтобы считать из файла data.prn три вектора с данными, необходимо выполнить следующие действия:

- чтение данных из структурированного файла в обобщенную матрицу
 - функция READPRN("имя_файла.prn") возвращает

матрицу. Каждая строка в файле становится строкой в матрице

- разбиение обобщенной матрицы на вектора
 - функция `submatrix(A,ir,jr,ic,jc)` возвращает подматрицу, состоящую из элементов, содержащихся в строках с `ir` по `jr` и столбцах с `ic` по `jc` матрицы `A`;
 - нумерация строк и столбцов в MathCad по умолчанию осуществляется с 0 и следовательно, индекс последнего элемента вектора длины `N` будет `N-1`;
 - число строк в матрице или векторе `A` определяется с помощью функции `rows(A)`.

Таким образом, для того, чтобы считать вектор значений `R` из файла `data.prn`, необходимо записать следующий код:

```
A := READPRN("data.prn")
```

```
N := rows(A)
```

```
R := submatrix(A,0,N - 1,1,1)
```

Для дальнейшей обработки данных необходимо выделить следующие вектора: `f` (или `a` в зависимости от задания), `R` и `L`.

Оцифровка графиков в программе GetData Graph Digitizer. Сохранение в формат *.prn

После открытия файла с графиком в программе необходимо задать оси. Нажать на кнопку Set the Scales (рисунок 2).

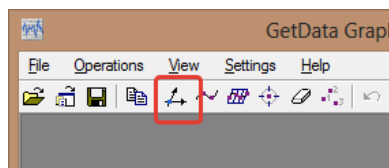


Рисунок 2 – Кнопка задания осей

После чего щелчком мыши определяется точка с наименьшим значением по оси абсцисс (рисунок 3, а) и в диалоговом окне задается минимальное значение по оси абсцисс (рисунок 3, б). Позже это значение можно будет подкорректировать.

Учебная практика

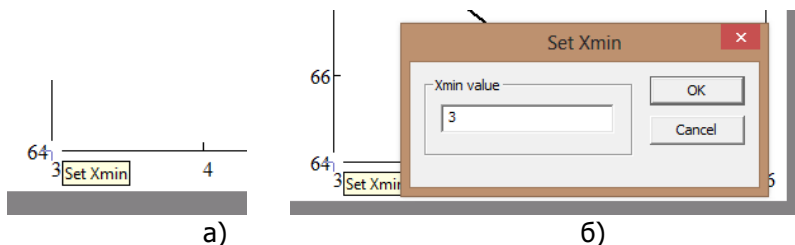


Рисунок 3 – Задание минимального значения по оси абсцисс

точка с наибольшим значением по оси абсцисс (подпись Set Xmax):

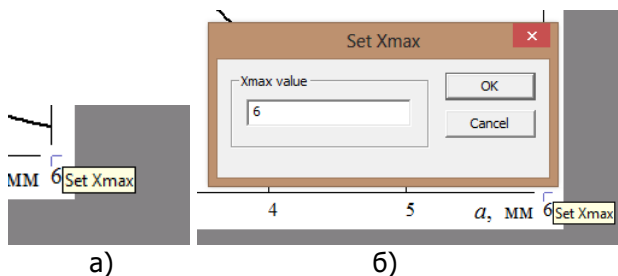


Рисунок 4 – Задание максимального значения по оси абсцисс

Аналогичным образом задаются наименьшее и наибольшее значения по оси ординат. После задания точек появляется диалоговое окно Adjust scale для корректировки заданных численных значений (рисунок 5).

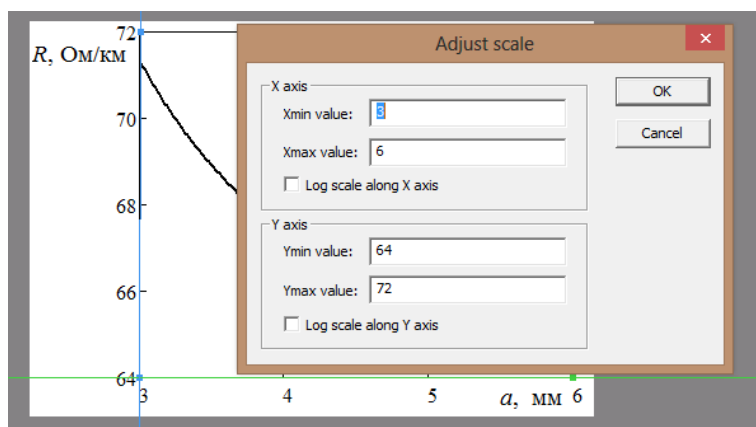


Рисунок 5 – Окно корректировки значений

Учебная практика

После задания осей необходимо нажать кнопку Point capture mode, показанную на рисунке 6.

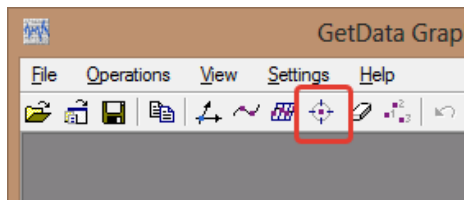


Рисунок 6 – Кнопка оцифровки графика

В ручном режиме расставить точки на графике, как показано на рисунке 7. Следует учесть, что если участок графика образует прямую, на нем достаточно отметить две точки. На участках с изгибом или изломом необходимо отмечать больше точек, причем, чем сильнее изгиб, тем больше точек необходимо указать.

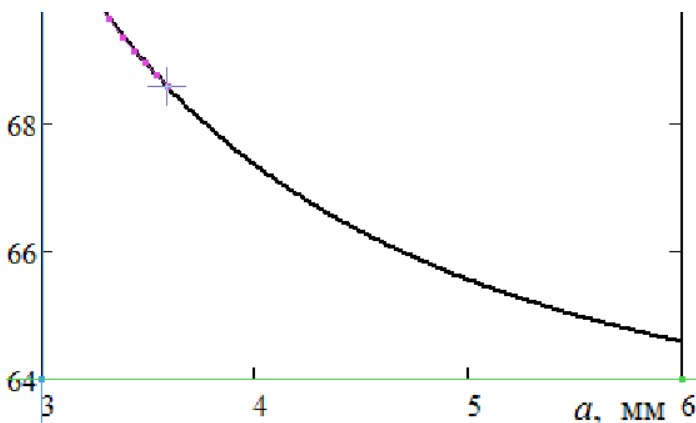


Рисунок 7 – Расстановка точек графика

Для того чтобы удостовериться, попал ли курсор в нужную точку, можно воспользоваться окном с увеличением области под курсором (рисунок 8), расположенным в правом нижнем углу программы.

Учебная практика

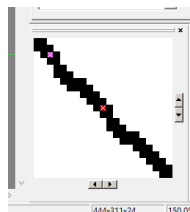


Рисунок 8 – Окно с увеличением области под курсором

Наносить точки на график следует последовательно в одном направлении (справа налево или слева направо), не меняя его.

После нанесения всех точек необходимо экспортировать данные: File->Export Data или нажатием сочетания кнопок Shift+Alt+E. Файл сохранить в рабочий каталог. В имени файла не использовать кириллические символы.

Файл с оцифрованными данными имеет формат *.txt и содержит служебную информацию, которая будет мешать при считывании файла в MathCad (рисунок 9). Необходимо убрать выделенные синим 4 строки, сделав так, чтобы файл начинался с цифровых значений, а после пересохранить файл.

Первый столбец цифр соответствует значениям абсцисс отмеченных точек, второй столбец – значениям ординат.

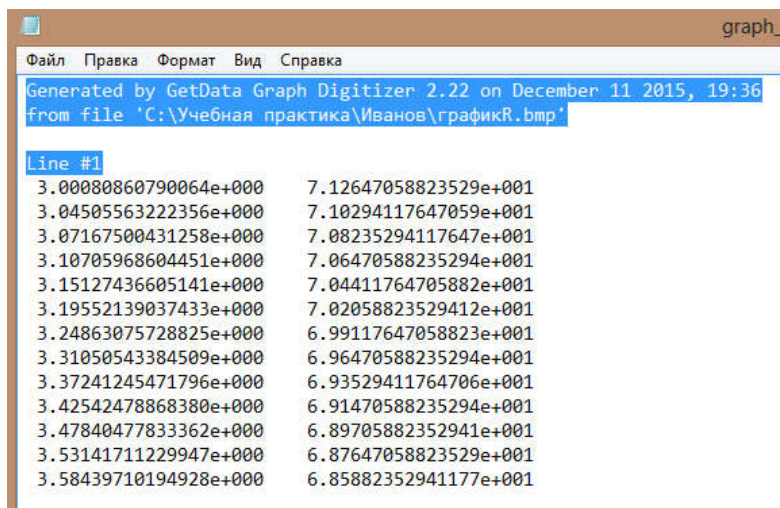


Рисунок 9 – Результат оцифровки данных

После этого в проводнике или любом другом файловом менеджере изменить расширение файла на *.prn.

Построение графиков в декартовой системе координат в MathCad

Для построения графиков в декартовой системе координат необходимо выбрать в меню Вставка->График->График X-Y (рисунок 10) или нажать горячую клавишу @.

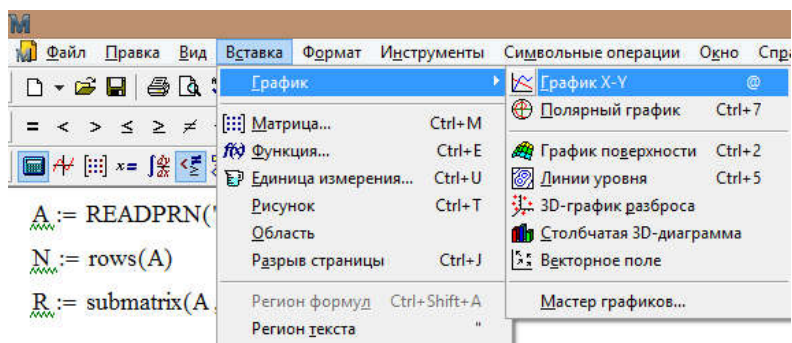


Рисунок 10 – Вставка графика в декартовой системе координат

После этого в программе появится пустой график. В пустой местозаполнитель по центру осей необходимо вставить имена тех переменных, зависимость которых необходимо отобразить на графике, например, f и R (рисунок 11). Переменные должны быть вектор-столбцами одинаковой размерности.

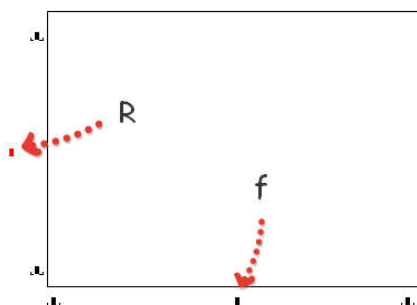


Рисунок 11 – Задание осей

Местозаполнители в начале и конце оси можно оставить пустыми, тогда MathCad автоматически подберет минимальное и максимальное значения по осям.

В MathCad графики можно наносить различными способами, например, отрезками от точки до точки (рисунок 12 а) или точками (рисунок 12 б).

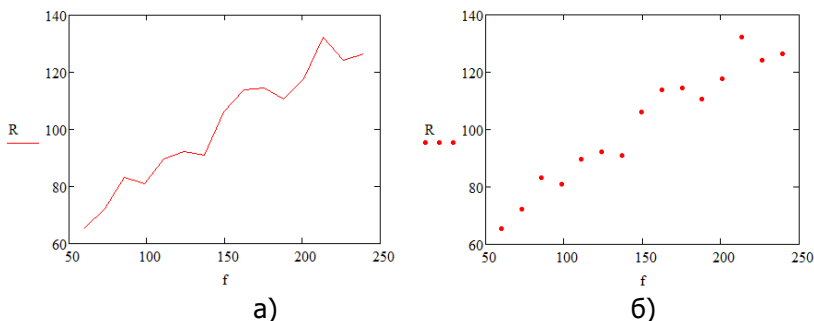


Рисунок 12 – График в MathCad а) линией; б) точками

Настроить способ отображения графика можно через диалоговое окно, вызываемое щелчком правой кнопки мыши на графике и выборе Формат->Трассировка. В столбце «Тип» позиция «линии» соответствует первому типу отображения данных, «точки» - второму.

В этом же диалоговом окне можно задать цвет и толщину линий, вид символа вместо точки при точечном отображении данных, размер и цвет точки или символа. Например, на рисунке 12 а) линия имеет толщину 1, а на рисунке 12 б) точка – размер 3.

На график могут быть нанесены несколько наборов данных. Для добавления второй переменной, содержащей вектор-столбец с данными, необходимо после первой переменной в центральном местозаполнителе необходимой оси нажать запятую, после чего ввести имя новой переменной (рисунок 14).

Можно вводить отображение двух и более переменных по оси абсцисс, по оси ординат и одновременно на двух осях. Если по одной оси, например, оси ординат, записаны две переменные, а по другой – одна, это означает, обе что переменные по оси ординат зависят от переменной по оси абсцисс и имеют одинаковую с ней размерность.

Учебная практика

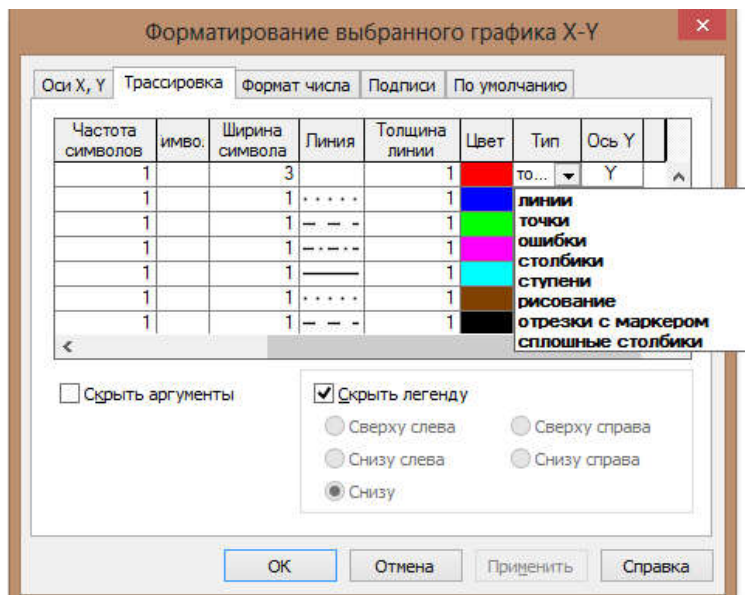


Рисунок 13 – Настройка формата графика

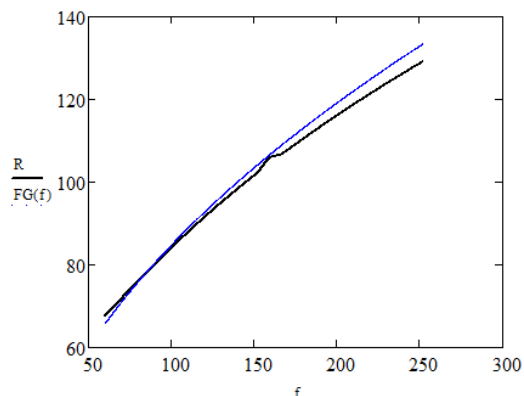


Рисунок 14 – Два набора данных на одном графике

Нахождение вида функциональной зависимости экспериментальных данных

Для нахождения приблизительного вида функциональной зависимости между двумя переменными по экспериментальным

данным в MathCad можно воспользоваться функциями `linfit` и `genfit`.

Если предполагается, что данные могли бы быть смоделированы в виде линейной комбинации произвольных функций $f_0(x), f_1(x), \dots, f_n(x)$, то есть

$$y = a_0 f_0(x) + a_1 f_1(x) + \dots + a_n f_n(x),$$

то для нахождения неизвестных коэффициентов a_0, a_1, \dots, a_n используется функция `linfit`. Пример применения функции `linfit` приведен на рисунке 15.

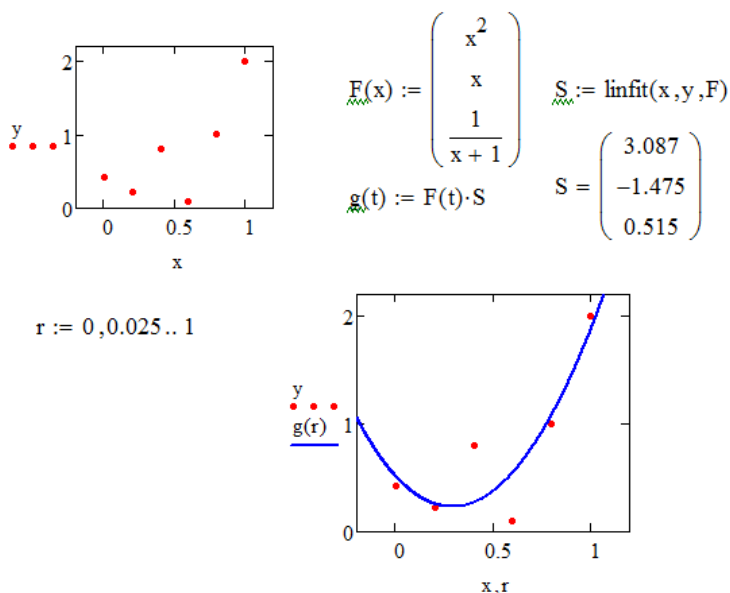


Рисунок 15 – Пример применения функции `linfit`

Здесь предполагается, что есть два вектора x и y , содержащих экспериментальные точки. Линейная комбинация состоит из трех функций вида

$$f_0(x) = x^2, f_1(x) = x, f_2(x) = \frac{1}{x+1}$$

и задается в MathCad векторной функций $F(x)$.

Функция `linfit(x, y, F)` возвращает вектор, содержащий неизвестные коэффициенты a_0, a_1, a_2 линейной комбинации функций из F . Этот вектор записывается в переменную S . Линейная комби-

нация задается функцией $g(t)$ путем умножения вектора F на вектор S .

Для построения графика функции g необходимо задать массив точек по оси абсцисс, причем для гладкости графика точки должны располагаться достаточно плотно. Это реализуется с помощью записи

$$r := 0,0.025..1,$$

которая подразумевает создание массива точек от 0 до 1 с шагом 0,025.

Если предполагается, что данные могут быть смоделированы в виде сложной функции, например,

$$y = \exp(a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n),$$

то для нахождения неизвестных коэффициентов a_0, a_1, \dots, a_n используется функция `genfit`. Пример применения функции `genfit` приведен на рисунке 16.

Здесь также предполагается, что есть два вектора x и y , содержащих экспериментальные точки. Данные приближаются функцией вида

$$y = \exp(a_0 + a_1x + a_2x^2).$$

Для вызова функции `genfit` необходимо задать ее и ее производные по каждому из неизвестных коэффициентов a_0, a_1, a_2 . Данные функции задаются вектором $F(z, a)$.

Кроме того, необходимо задать начальное приближение коэффициентов. Это осуществляется с помощью вектора `vg`.

Функция `genfit(x, y, vg, F)` возвращает вектор, содержащий неизвестные коэффициенты a_0, a_1, a_2 , которые обеспечивают наилучшее приближение данных x и y . Этот вектор записывается в переменную S . Задание функции осуществляется подстановкой вектора S в функцию F и выделением первого элемента этого вектора

$$g(t) := F(t, S)_0.$$

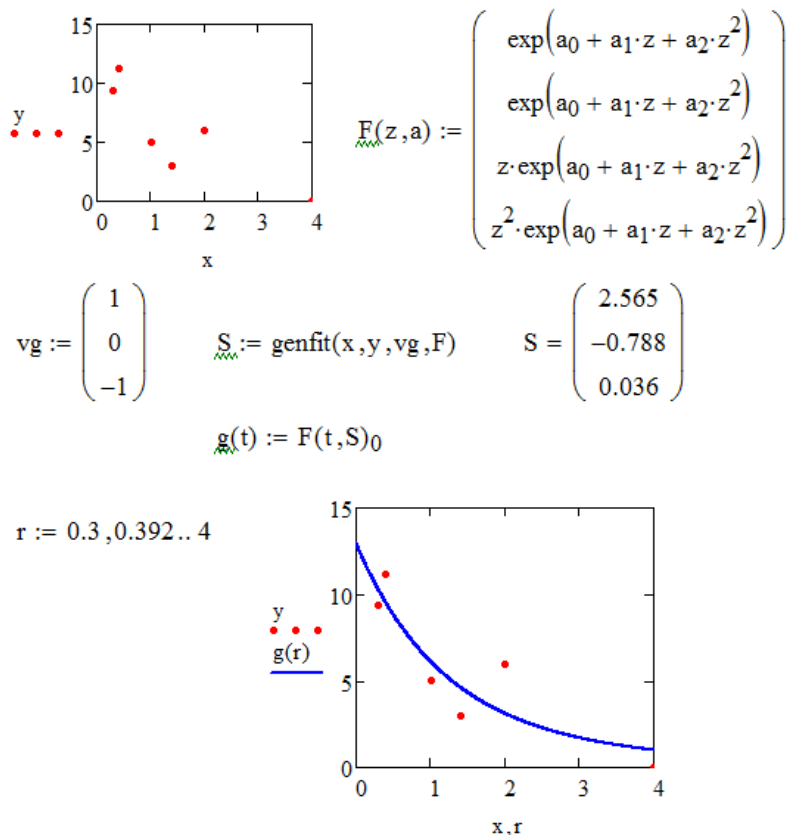


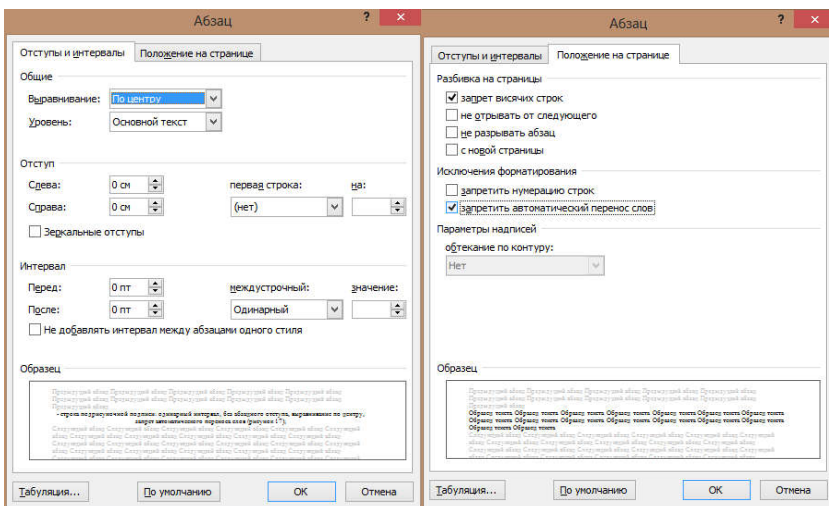
Рисунок 16 – Пример применения функции `genfit`

Оформление графиков в отчете по работе

При вставке графиков должны соблюдаться следующие правила, соответствующие стандарту ДГТУ:

- до рисунка одна пустая строка одинарного интервала;
- строка с графиком: одинарный интервал, без абзацного отступа, выравнивание по центру;
- после рисунка перед подписью одна пустая строка одинарного интервала;
- строка подрисуночной подписи: одинарный интервал, без абзацного отступа, выравнивание по центру, запрет автоматического переноса слов (рисунок 17);

Учебная практика



а) б)
Рисунок 17 – Настройка абзаца для подрисуночной подписи

- после подписи ставится одна пустая строка одинарного интервала.

Подрисуночная подпись состоит из номера рисунка (слово «Рисунок» пишется с большой буквы и полностью) и названия рисунка. Номер и название разделяет длинное тире («горячая клавиша»: «Ctrl»+«Shift» + «-»). Точки в конце номера и в конце названия не ставятся. Подрисуночная надпись выполняется шрифтом Times New Roman 12.

Оси графиков должны быть подписаны:

- по оси абсцисс подпись ставится справа снизу от оси;
- по оси ординат – сверху слева от оси.

Подпись включает в себя обозначение переменной, значения которой откладываются по данной оси, и ее единице измерения (рисунок 18).

Учебная практика

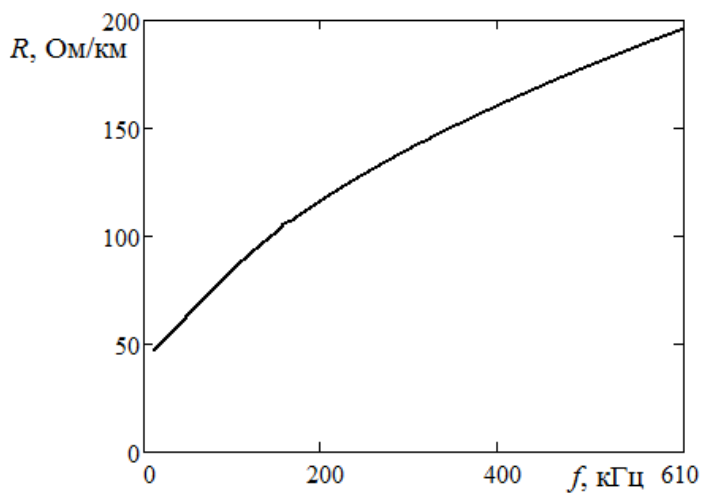


Рисунок 18 – Пример подписи осей

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

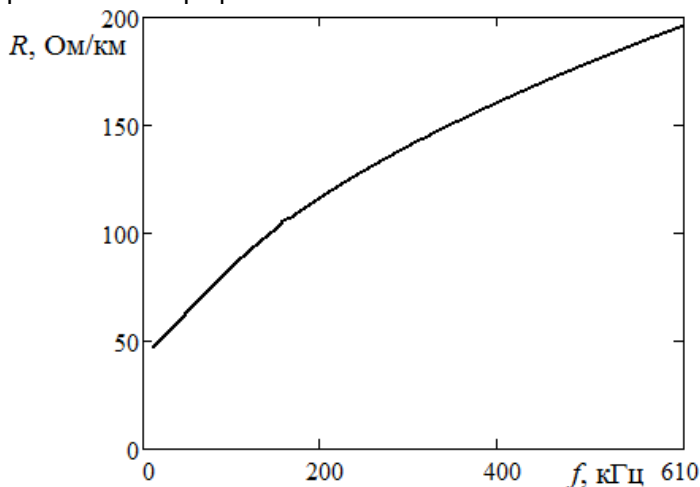
Вариант 1

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

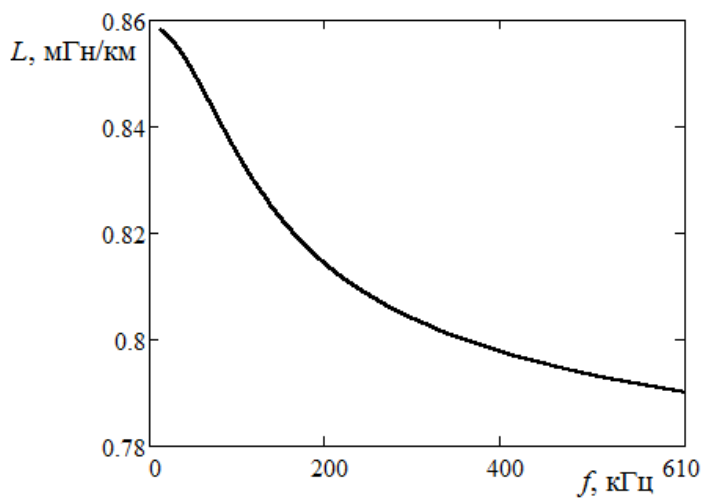
Таблица 1 - Экспериментальные данные

$f, \text{кГц}$	10	50	90	130	170	210	250	290
$R, \text{Ом/км}$	46,135	60,608	79,803	95,91	107,366	119,243	126,771	136,686
$L, \text{мГн/км}$	0,859	0,85	0,838	0,827	0,819	0,813	0,808	0,804
$f, \text{кГц}$	330	370	410	450	490	530	570	
$R, \text{Ом/км}$	145,484	155,36	163,211	170,592	175,978	184,175	191,362	
$L, \text{мГн/км}$	0,802	0,8	0,798	0,796	0,794	0,793	0,791	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



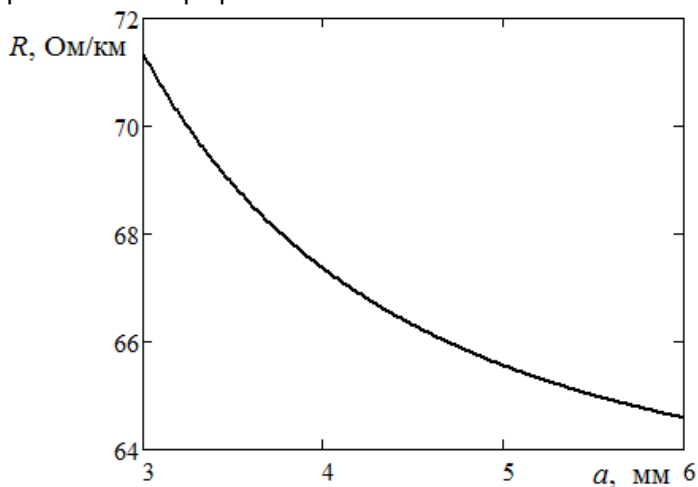
Вариант 2

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

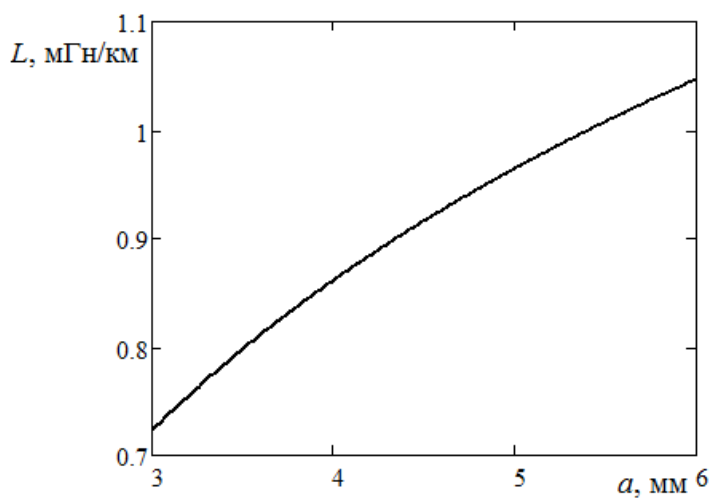
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4
R, Ом/км	71,444	70,595	69,437	68,498	67,513	67,237	66,788	66,627
L, мГн/км	0,702	0,735	0,787	0,81	0,836	0,86	0,877	0,895
a, мм	4,6	4,8	5	5,2	5,4	5,6	5,8	
R, Ом/км	66,831	65,679	66,074	65,25	65,258	64,839	64,312	
L, мГн/км	0,923	0,934	0,961	0,993	0,98	1,01	1,044	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



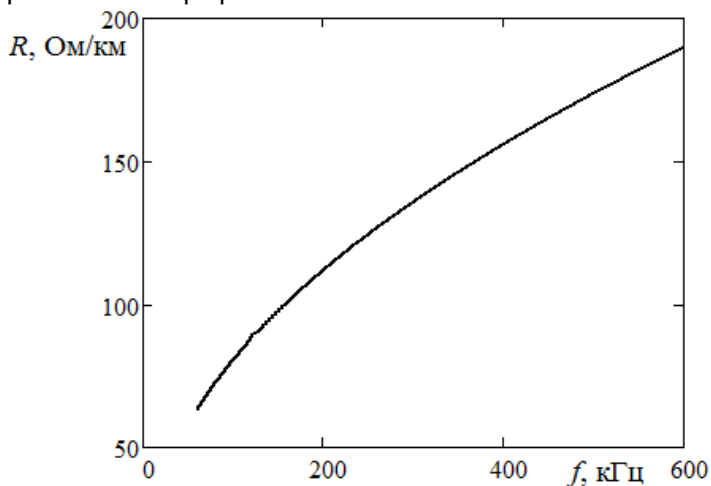
Вариант 3

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

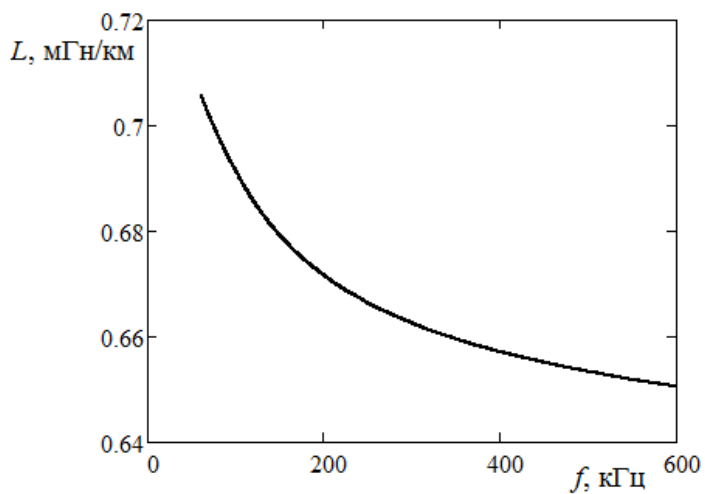
Таблица 1 - Экспериментальные данные

$f, \text{кГц}$	60	96	132	168	204	240	276	312
$R, \text{Ом/км}$	63,605	77,934	99,105	108,118	115,542	118,699	131,11	146,94
$L, \text{мГн/км}$	0,7	0,689	0,69	0,677	0,669	0,663	0,661	0,664
$f, \text{кГц}$	348	384	420	456	492	528	564	
$R, \text{Ом/км}$	146,643	151,734	162,335	163,431	170,137	187,282	186,203	
$L, \text{мГн/км}$	0,662	0,651	0,659	0,659	0,653	0,649	0,655	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



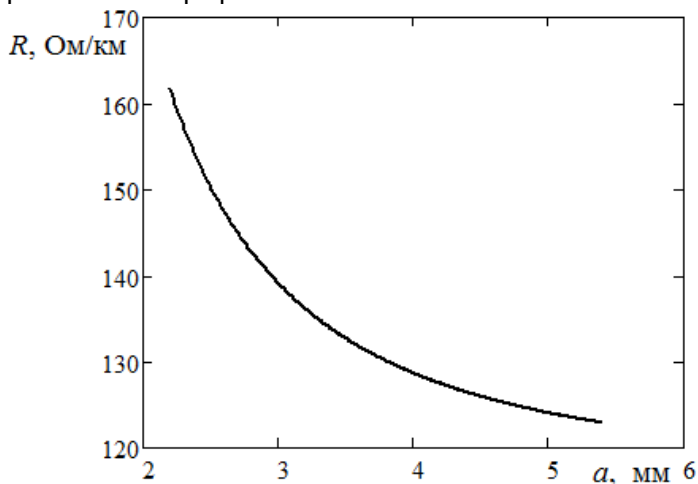
Вариант 4

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

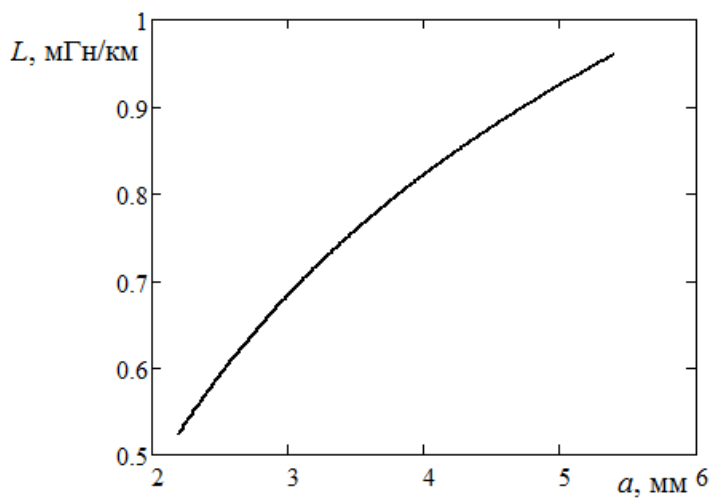
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	2,2	2,41	2,62	2,83	3,04	3,25	3,46	3,67
R, Ом/км	159,686	151,698	146,542	141,911	140,521	134,33	132,181	130,843
L, мГн/км	0,539	0,587	0,585	0,66	0,714	0,701	0,755	0,774
a, мм	3,88	4,09	4,3	4,51	4,72	4,93	5,14	
R, Ом/км	133,053	127,894	126,242	125,092	122,508	125,175	125,198	
L, мГн/км	0,805	0,853	0,809	0,872	0,896	0,917	0,938	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



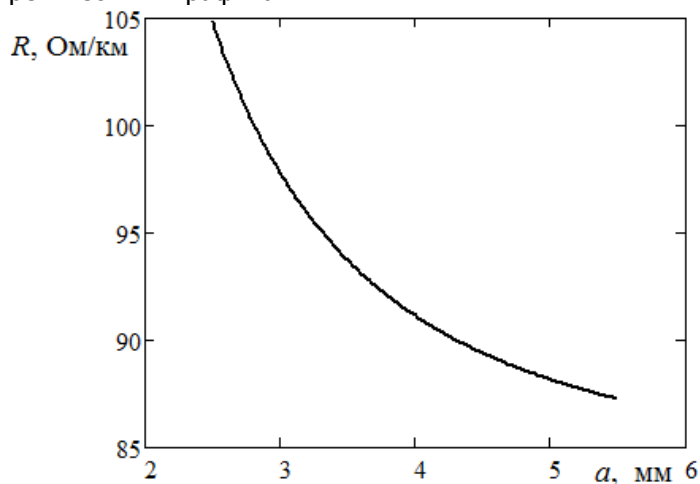
Вариант 5

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

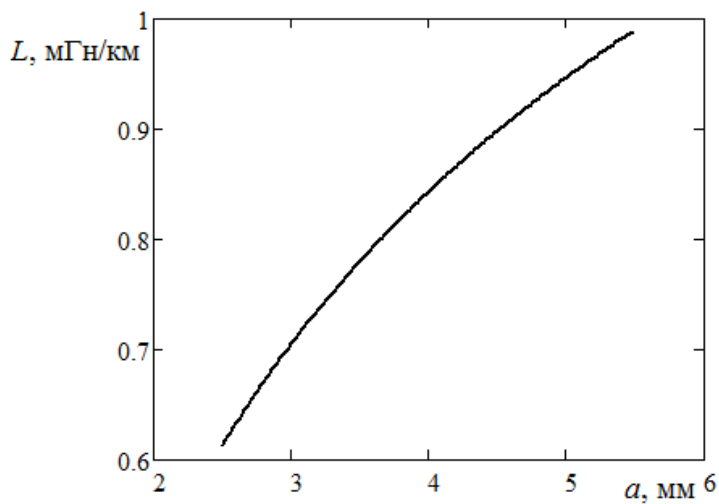
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9
R, Ом/км	104,271	101,696	98,605	96,974	95,304	94,275	92,161	91,461
L, мГн/км	0,602	0,637	0,665	0,726	0,741	0,784	0,817	0,839
a, мм	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	
R, Ом/км	90,741	90,029	88,95	89,133	88,582	88,468	87,991	
L, мГн/км	0,841	0,895	0,889	0,93	0,93	0,97	0,972	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



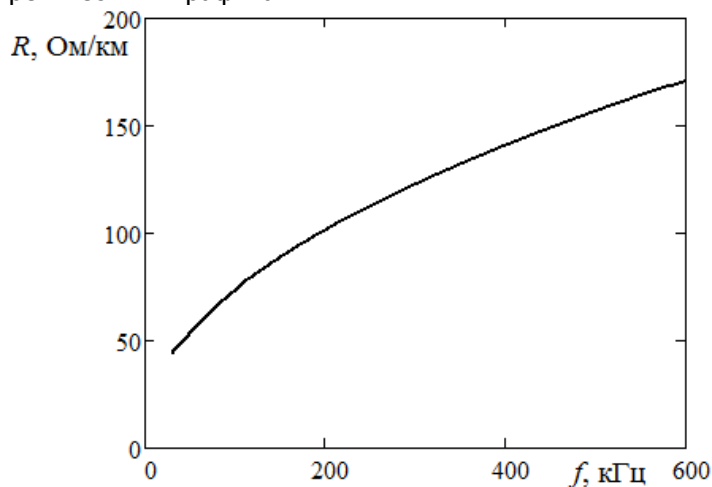
Вариант 6

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

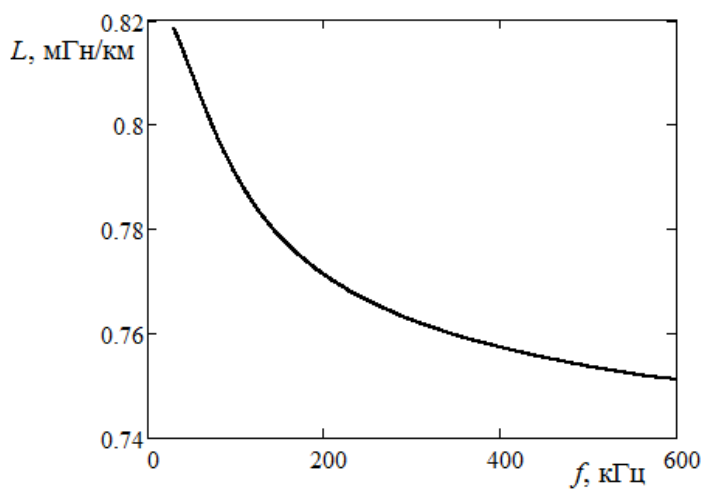
Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	30	68	106	144	182	220	258	296
R , Ом/км	45,829	58,561	66,636	92,338	97,865	106,656	120,364	122,767
L , мГн/км	0,811	0,804	0,793	0,78	0,772	0,773	0,763	0,768
f , кГц	334	372	410	448	486	524	562	
R , Ом/км	119,813	140,651	146,754	134,304	153,864	163,331	167,71	
L , мГн/км	0,77	0,757	0,755	0,762	0,754	0,752	0,759	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



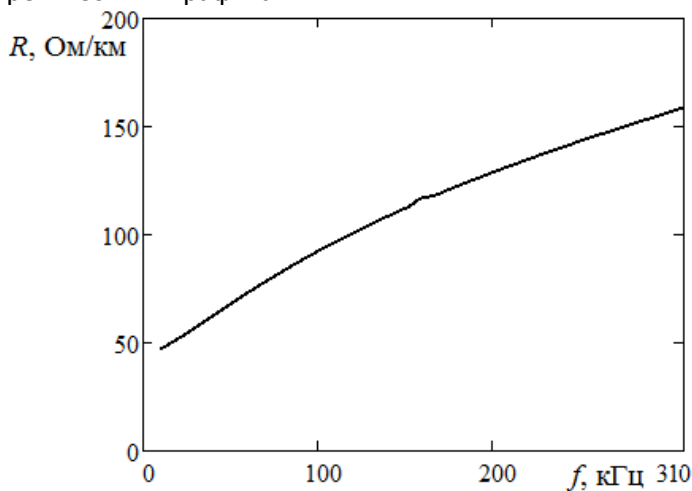
Вариант 7

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

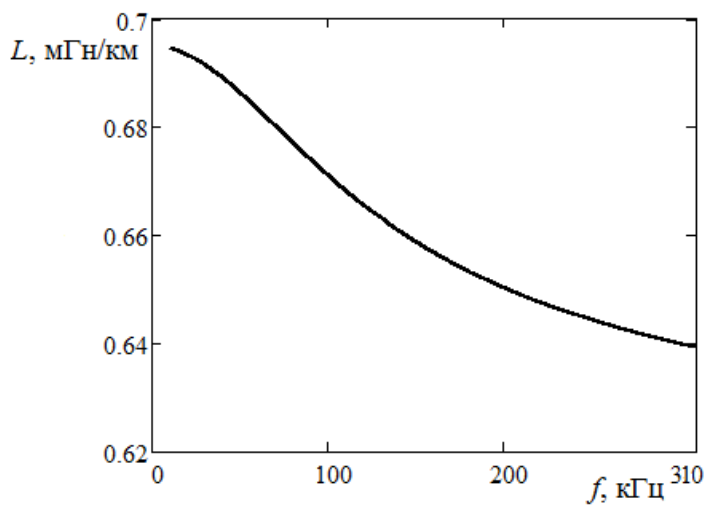
Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	10	30	50	70	90	110	130	150
R , Ом/км	46,462	56,015	65,012	77,991	87,156	97,254	105,235	112,187
L , мГн/км	0,693	0,691	0,686	0,681	0,674	0,669	0,664	0,659
f , кГц	170	190	210	230	250	270	290	
R , Ом/км	118,36	125,605	131,744	138,113	140,675	148,541	151,894	
L , мГн/км	0,655	0,652	0,65	0,647	0,644	0,643	0,641	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



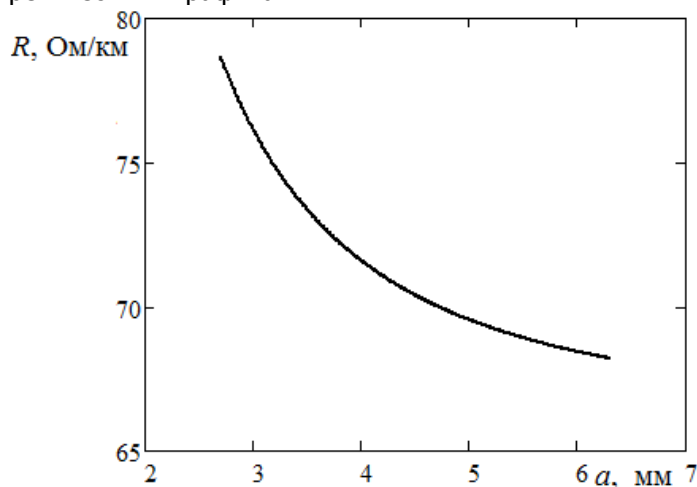
Вариант 8

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

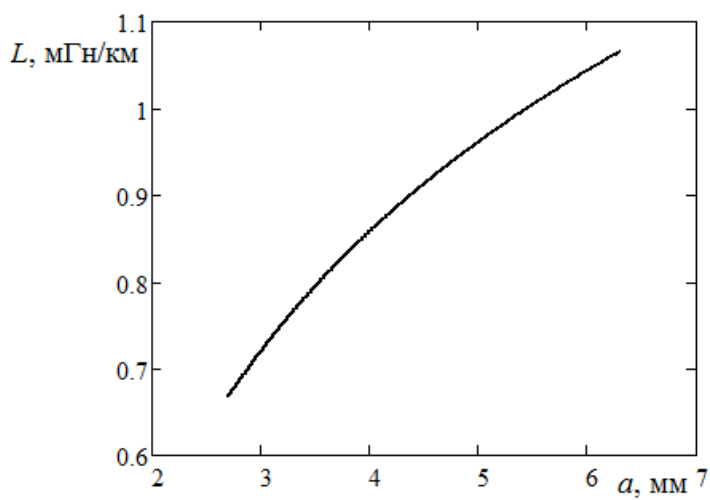
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	2,7	2,93	3,16	3,39	3,62	3,85	4,08	4,31
R, Ом/км	79,047	77,363	76,357	74,78	74,625	70,956	70,688	71,303
L, мГн/км	0,663	0,725	0,74	0,822	0,769	0,841	0,913	0,871
a, мм	4,54	4,77	5	5,23	5,46	5,69	5,92	
R, Ом/км	69,998	69,935	70,144	68,824	69,503	69,729	66,629	
L, мГн/км	0,912	0,948	0,941	1,002	0,999	1,016	1,039	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



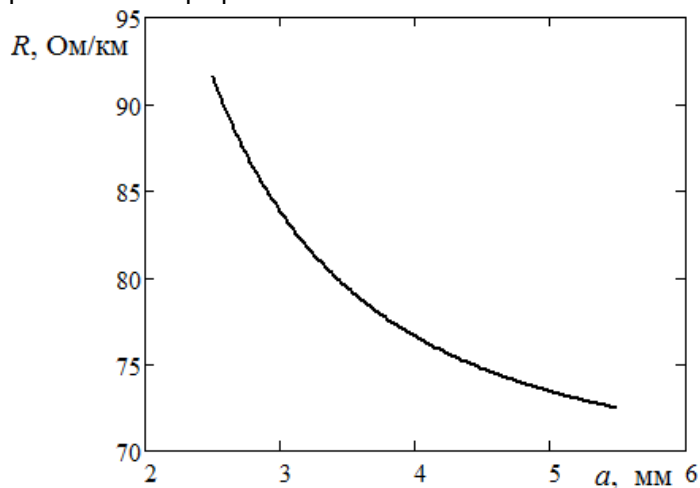
Вариант 9

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

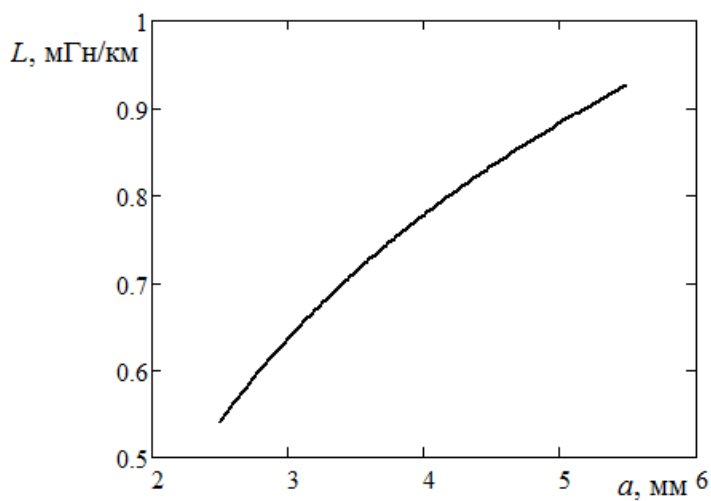
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9
R, Ом/км	91,316	88,276	85,523	82,93	81,223	79,157	78,086	76,51
L, мГн/км	0,568	0,569	0,622	0,649	0,686	0,686	0,755	0,773
a, мм	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	
R, Ом/км	75,87	74,972	75,021	73,777	72,785	73,159	73,066	
L, мГн/км	0,789	0,814	0,85	0,855	0,891	0,883	0,93	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



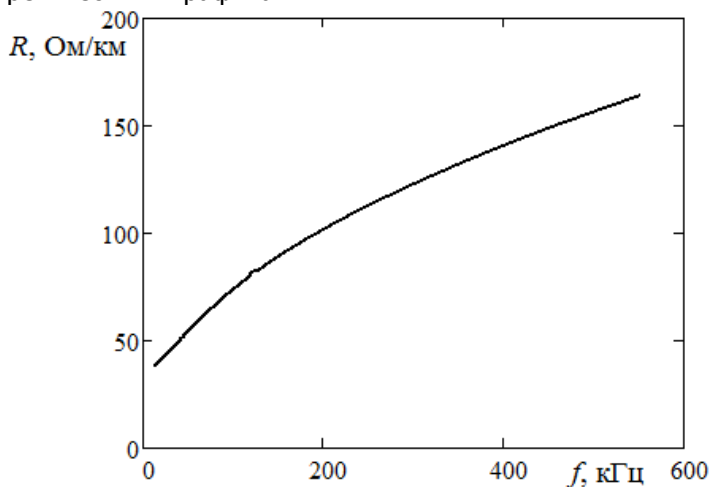
Вариант 10

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

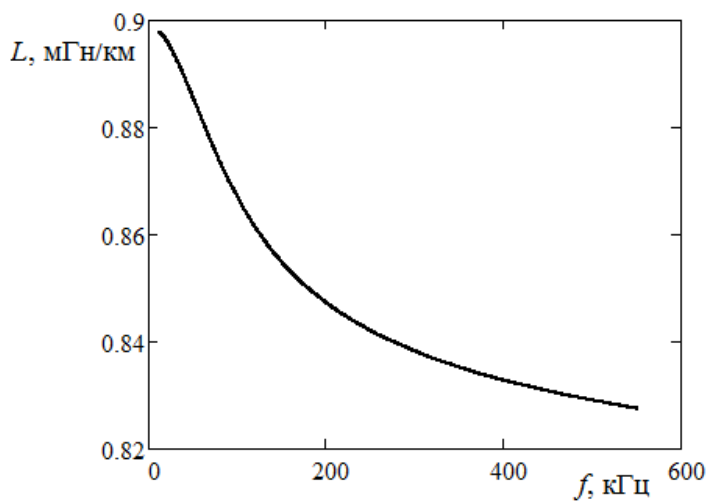
Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	12	48	84	120	156	192	228	264
R , Ом/км	41,361	47,106	60,827	97,945	79,093	99,129	118,187	109,673
L , мГн/км	0,892	0,882	0,87	0,858	0,854	0,842	0,847	0,842
f , кГц	300	336	372	408	444	480	516	
R , Ом/км	117,135	122,626	122,56	134,924	151,235	144,09	159,324	
L , мГн/км	0,836	0,839	0,835	0,834	0,827	0,83	0,825	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



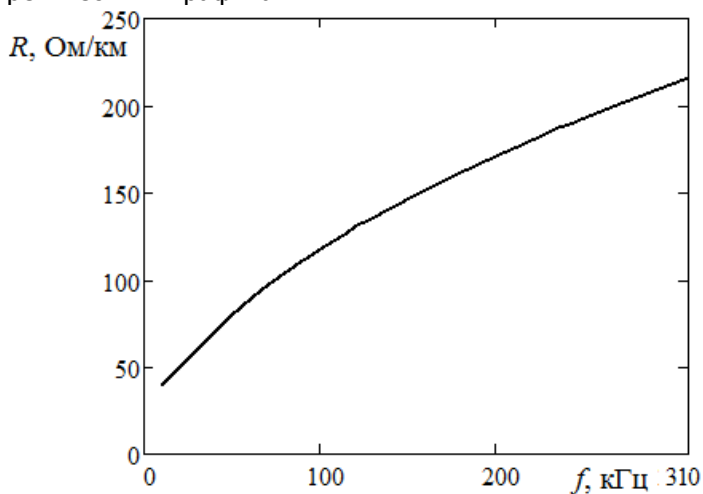
Вариант 11

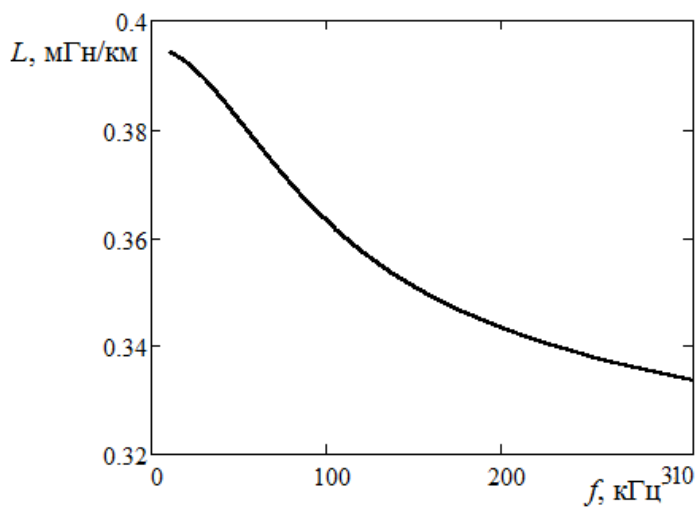
Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	10	30	50	70	90	110	130	150
R , Ом/км	38,744	59,355	79,596	95,691	110,213	123,411	137,257	146,442
L , мГн/км	0,394	0,389	0,382	0,374	0,367	0,361	0,355	0,351
f , кГц	170	190	210	230	250	270	290	
R , Ом/км	155,747	165,129	176,229	182,718	191,314	197,641	207,806	
L , мГн/км	0,347	0,345	0,341	0,341	0,337	0,336	0,335	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:





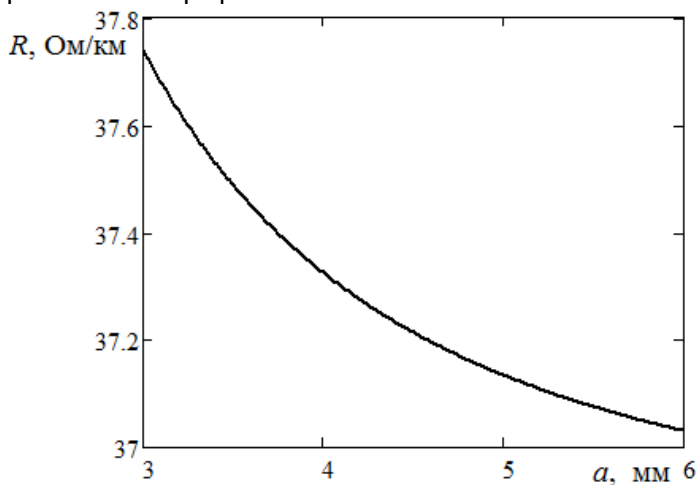
Вариант 12

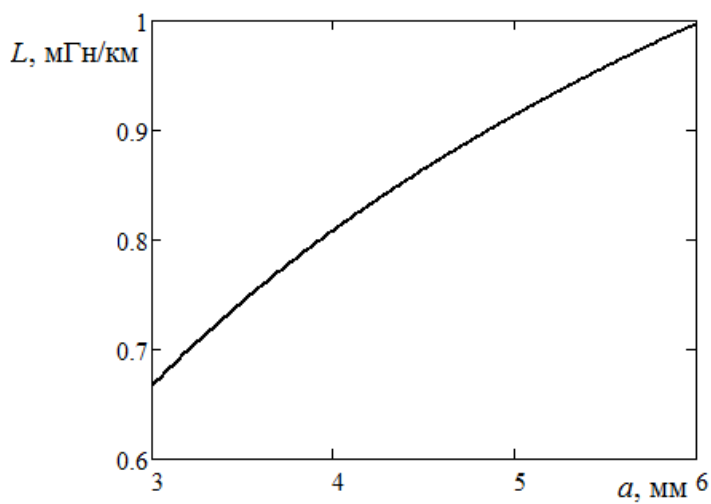
Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4
R, Ом/км	37,685	37,634	37,56	37,44	37,385	37,305	37,252	37,223
L, мГн/км	0,679	0,706	0,727	0,748	0,787	0,802	0,826	0,842
a, мм	4,6	4,8	5	5,2	5,4	5,6	5,8	
R, Ом/км	37,22	37,129	37,151	37,084	37,093	37,093	37,039	
L, мГн/км	0,865	0,892	0,922	0,934	0,941	0,958	0,988	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:





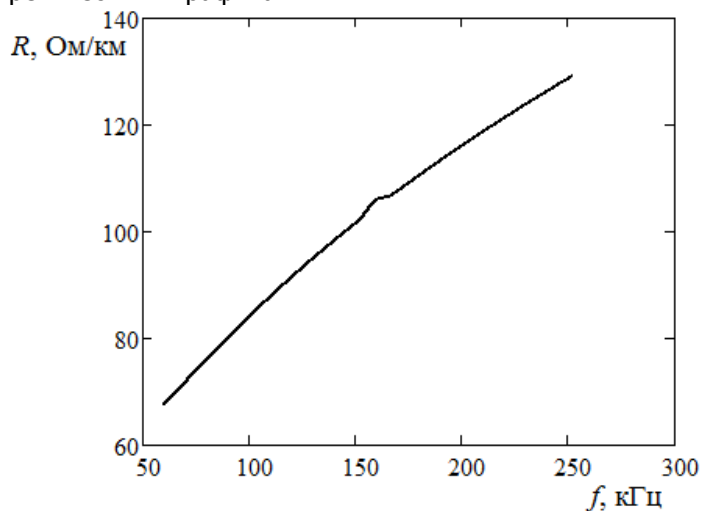
Вариант 13

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

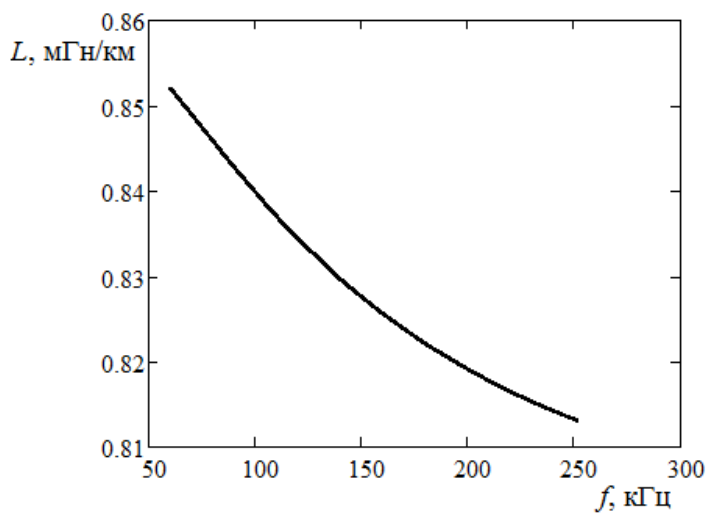
Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	60	72,8	85,6	98,4	111,2	124	136,8	149,6
R , Ом/км	68,626	72,198	78,317	78,908	86,693	87,888	97,354	104,517
L , мГн/км	0,851	0,849	0,846	0,838	0,833	0,827	0,83	0,824
f , кГц	162,4	175,2	188	200,8	213,6	226,4	239,2	
R , Ом/км	97,798	106,343	115,491	107,357	119,466	114,745	129,511	
L , мГн/км	0,828	0,822	0,822	0,821	0,813	0,81	0,813	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



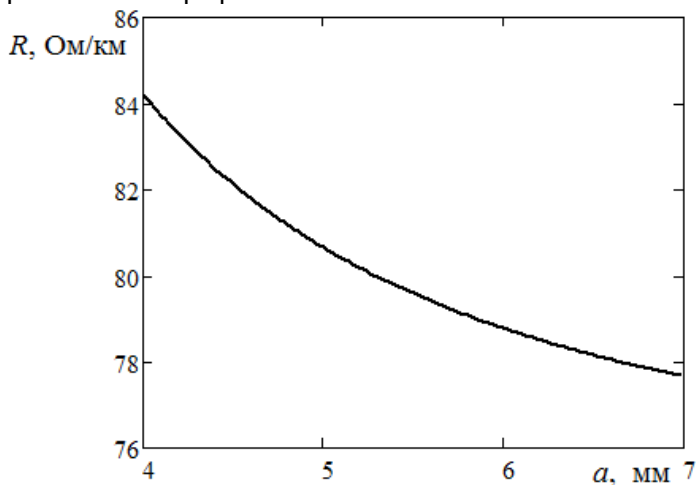
Вариант 14

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

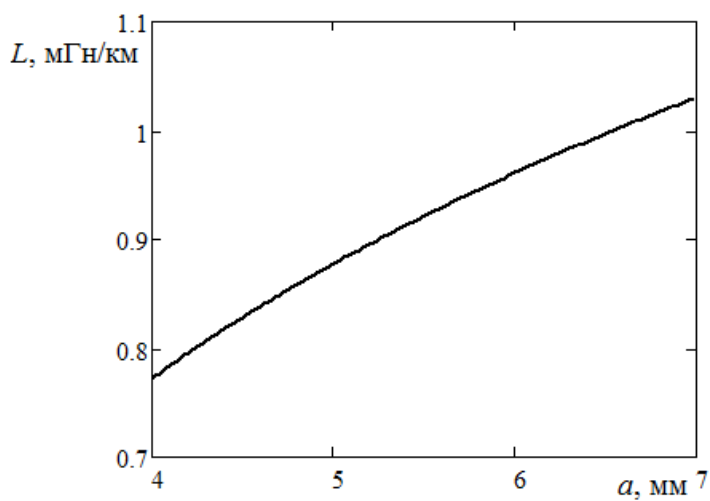
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5	5,2	5,4
R, Ом/км	84,325	82,913	82,658	82,32	81,552	81,101	80,194	79,472
L, мГн/км	0,766	0,835	0,816	0,837	0,836	0,871	0,897	0,901
a, мм	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8	
R, Ом/км	79,401	79,128	79,655	78,467	78,636	77,807	77,924	
L, мГн/км	0,934	0,988	0,965	0,984	0,96	1,012	1,016	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



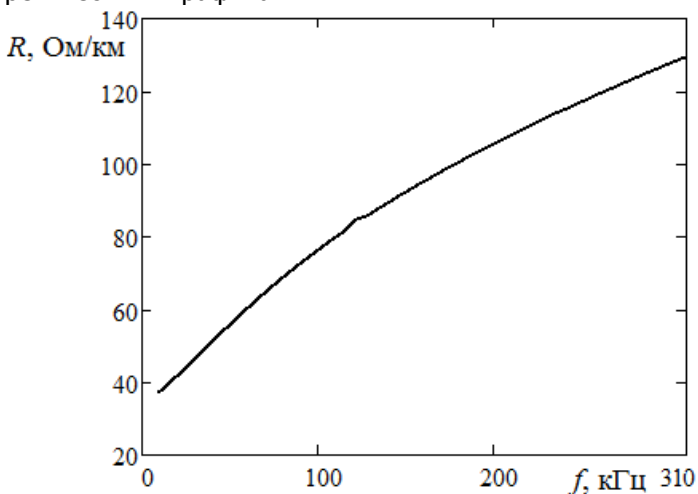
Вариант 15

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

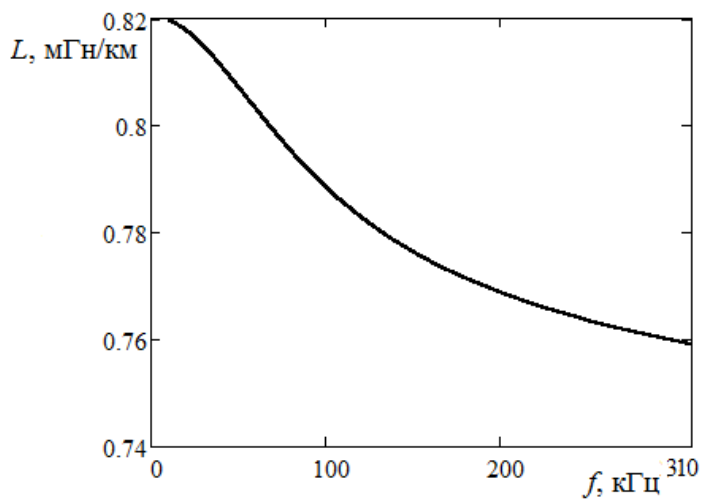
Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	10	30	50	70	90	110	130	150
R , Ом/км	38,021	48,206	55,745	62,903	73,491	76,081	87,297	92,42
L , мГн/км	0,82	0,815	0,808	0,8	0,791	0,786	0,78	0,776
f , кГц	170	190	210	230	250	270	290	
R , Ом/км	96,172	104,847	105,064	111,889	116,678	120,823	122,151	
L , мГн/км	0,773	0,771	0,767	0,765	0,763	0,762	0,761	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



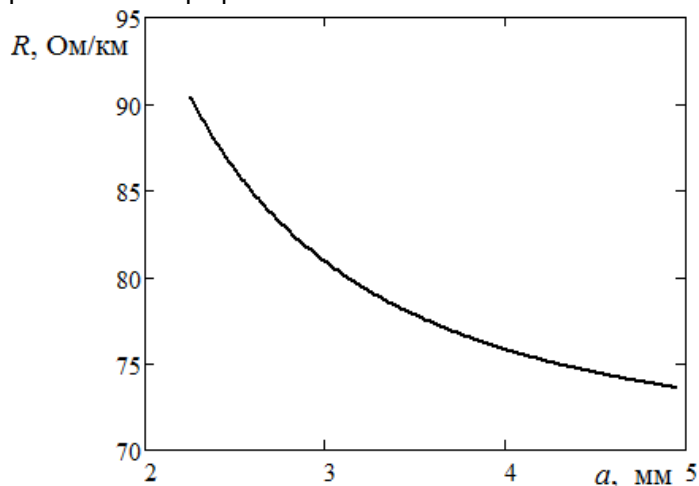
Вариант 16

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

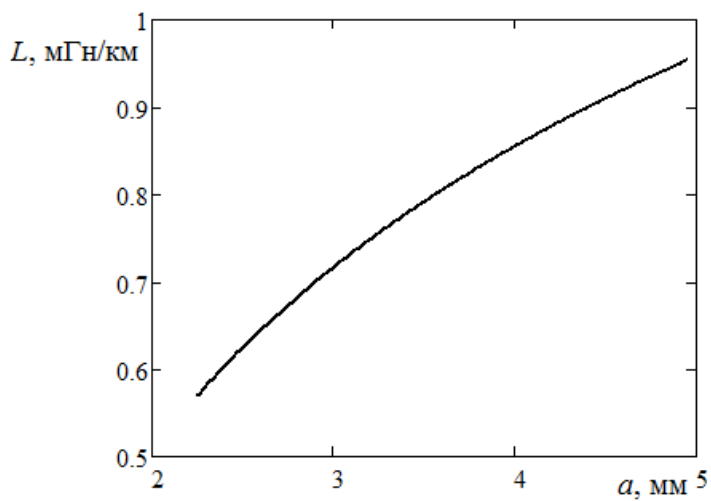
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	2,25	2,43	2,61	2,79	2,97	3,15	3,33	3,51
R, Ом/км	91,673	86,838	84,634	82,139	79,997	80,172	79,925	77,379
L, мГн/км	0,58	0,642	0,663	0,689	0,709	0,702	0,803	0,804
a, мм	3,69	3,87	4,05	4,23	4,41	4,59	4,77	
R, Ом/км	75,811	76,45	74,209	76,31	72,9	74,145	74,056	
L, мГн/км	0,79	0,854	0,929	0,901	0,914	0,91	0,891	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



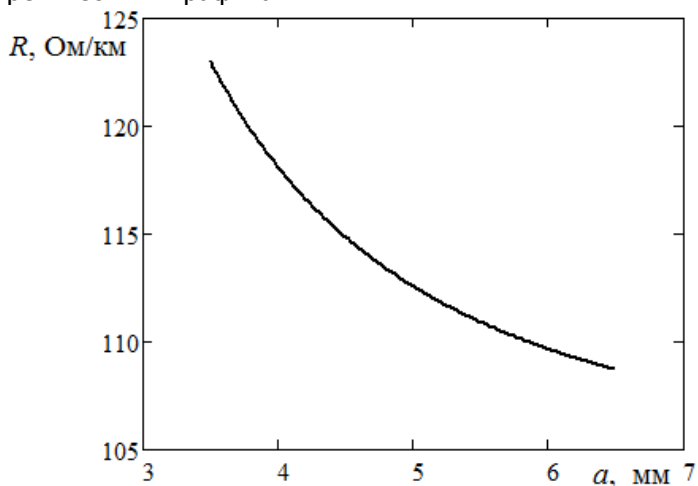
Вариант 17

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от расстояния между центрами пар проводников $y = R(a)$ и индуктивности участка кабеля от расстояния между центрами пар проводников $y = L(a)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

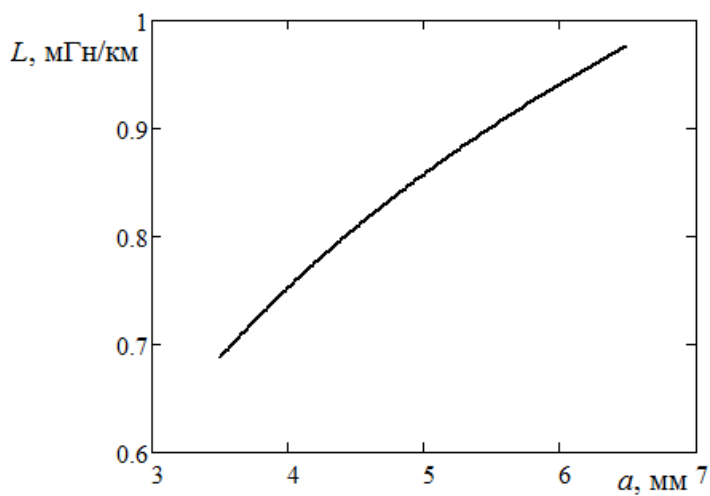
Таблица 1 - Экспериментальные данные

a, мм	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9
R, Ом/км	121,827	121,344	119,761	117,851	115,882	116,749	113,717	112,007
L, мГн/км	0,681	0,706	0,722	0,778	0,786	0,802	0,854	0,85
a, мм	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	
R, Ом/км	114,113	111,16	109,981	110,959	109,713	108,571	109,331	
L, мГн/км	0,881	0,889	0,912	0,953	0,936	0,979	0,976	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



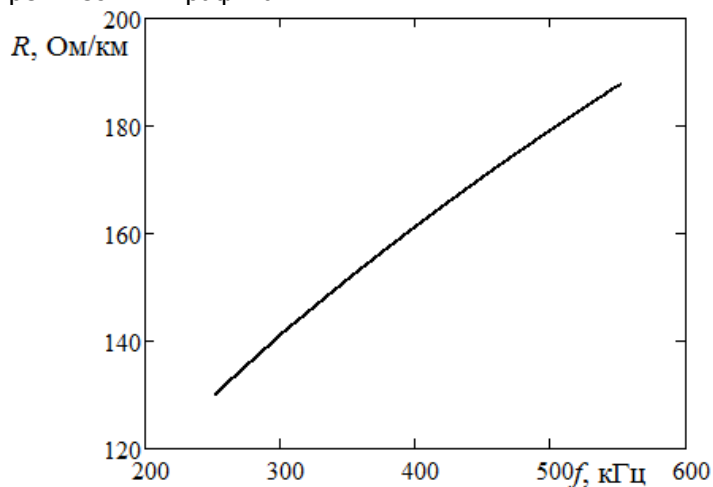
Вариант 18

Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

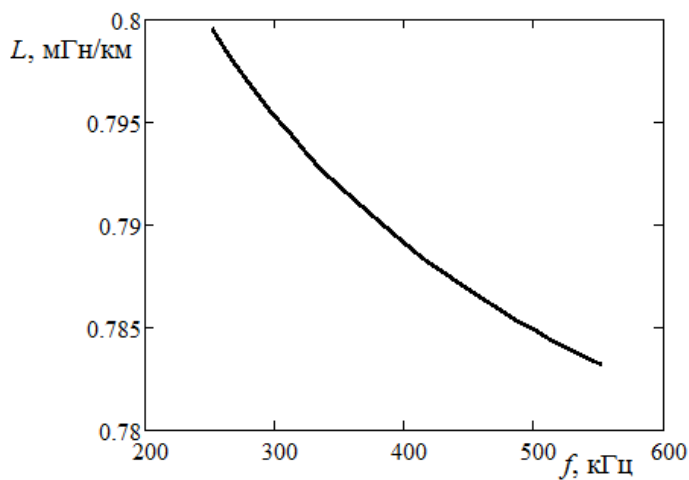
Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	252	272	292	312	332	352	372	392
R , Ом/км	126,485	142,171	140,293	141,063	146,584	158,365	154,756	155,239
L , мГн/км	0,801	0,798	0,798	0,795	0,794	0,791	0,79	0,792
f , кГц	412	432	452	472	492	512	532	
R , Ом/км	163,616	162,177	171,978	172,179	175,386	180,968	184,964	
L , мГн/км	0,789	0,788	0,787	0,787	0,786	0,784	0,784	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:



Учебная практика



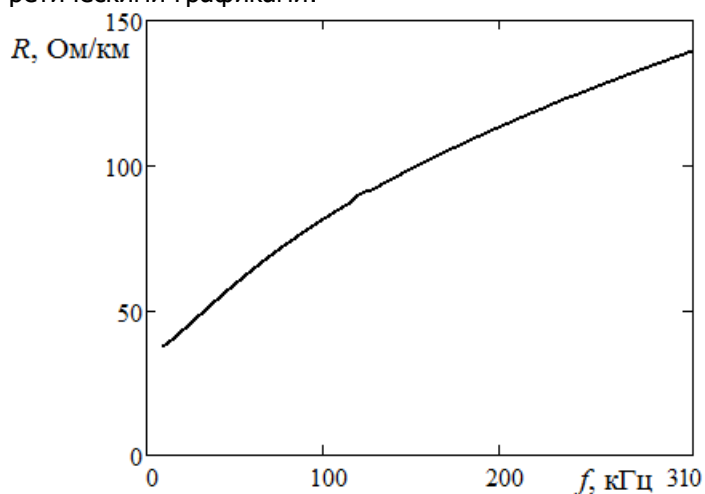
Вариант 19

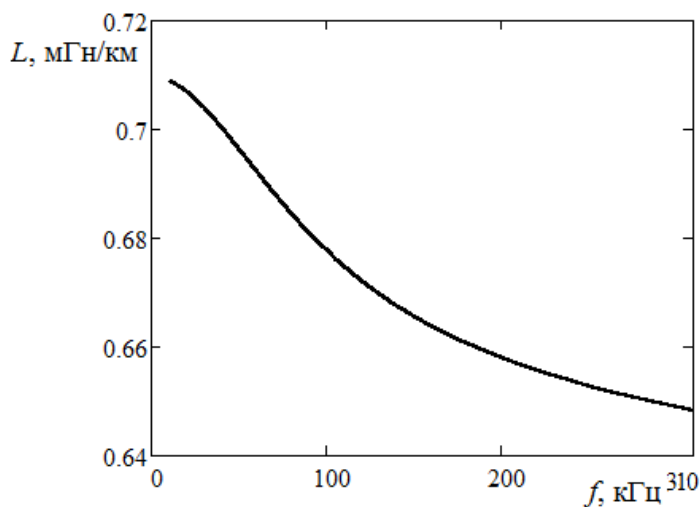
Подобрать вид функциональной зависимости сопротивления участка кабеля переменному току от частоты $y = R(f)$ и индуктивности участка кабеля от частоты тока $y = L(f)$ по данным натурального эксперимента. Данные натурального эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Экспериментальные данные

f , кГц	10	30	50	70	90	110	130	150
R , Ом/км	34,038	48,885	57,205	66,797	77,054	85,361	92,868	98,465
L , мГн/км	0,709	0,706	0,697	0,685	0,679	0,674	0,668	0,668
f , кГц	170	190	210	230	250	270	290	
R , Ом/км	104,426	112,205	112,753	123,68	123,773	129,449	133,339	
L , мГн/км	0,66	0,659	0,657	0,657	0,654	0,65	0,65	

Сравнить полученные функциональные зависимости с теоретическими графиками:





ШАБЛОН ОТЧЕТА

1 Исходные данные

R , Ом/км								
L , мГн/км								
R , Ом/км								
L , мГн/км								

2 Результат работы

2.1 Зависимость сопротивления от _____
 Функции, входящие в линейную комбинацию:

Значения коэффициентов в линейной комбинации:

Вид линейной комбинации

2.2 Зависимость индуктивности от _____
 Вид функциональной зависимости

Частные производные по неизвестным коэффициентам:

Учебная практика

Начальное приближение коэффициентов:

a_0	a_1	a_2

Найденные значения коэффициентов:

a_0	a_1	a_2

Окончательный вид функциональной зависимости:

3 Графики¹

3.1 Зависимость сопротивления от _____
и данные эксперимента.

3.2 Зависимость сопротивления от _____
и теоретическая кривая (оцифрованный график).

3.3 Зависимость индуктивности от _____
и данные эксперимента.

3.2 Зависимость индуктивности от _____
и теоретическая кривая (оцифрованный график).

¹ Графики прилагаются на следующем листе. Номера графиков совпадают с приведенными на этой странице.