



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Радиоэлектроника»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению учебной практики

Авторы

Шокова Ю.А.,

Звездина М.Ю.

Ростов-на-Дону, 2016

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

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

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

$$\begin{array}{ll} \underline{B}_0 = 4 & \underline{C}_{0,1} = 0 \end{array}$$

Для указания нижнего индекса необходимо нажать горячую клавишу [

MathCad позволяет задавать функциональную зависимость от нескольких аргументов, например:

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

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 стро-

- кой 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).

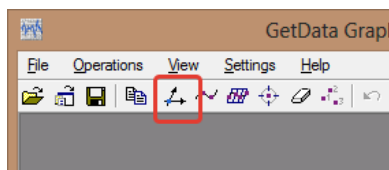


Рисунок 2 – Кнопка задания осей

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

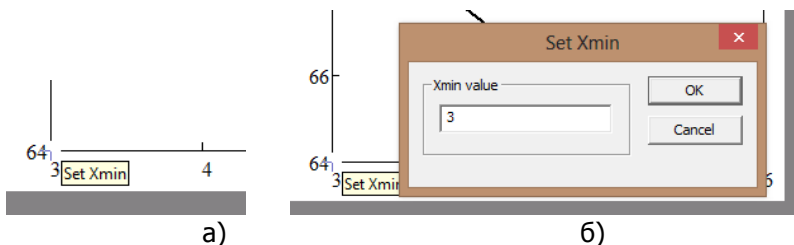


Рисунок 3 – Задание минимального значения по оси абсцисс

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

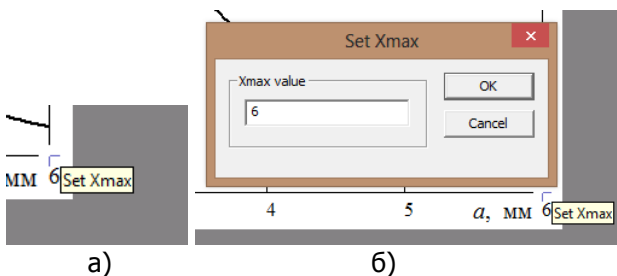


Рисунок 4 – Задание максимального значения по оси абсцисс

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).

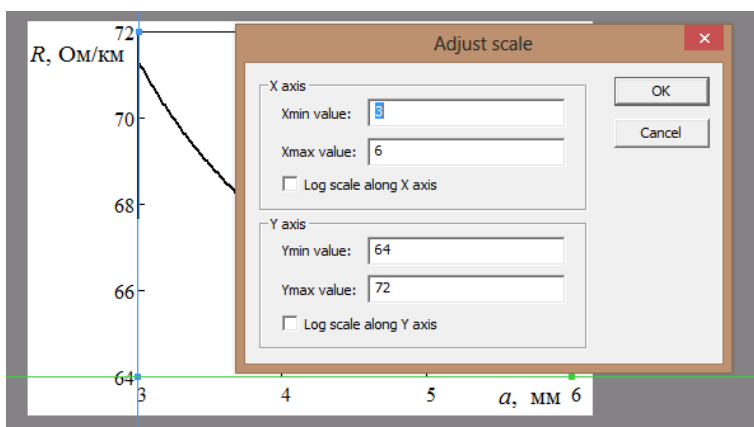


Рисунок 5 – Окно корректировки значений

Учебная практика

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

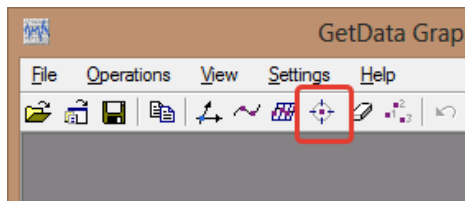


Рисунок 6 – Кнопка оцифровки графика

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.

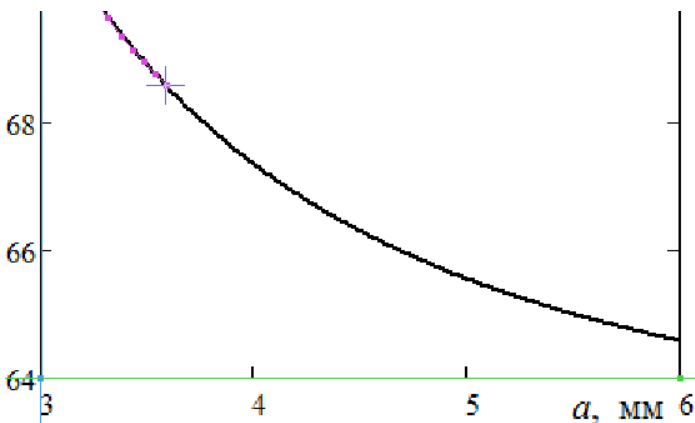


Рисунок 7 – Расстановка точек графика

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

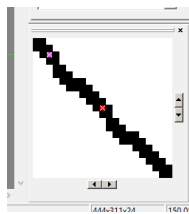


Рисунок 8 – Окно с увеличением области под курсором

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.

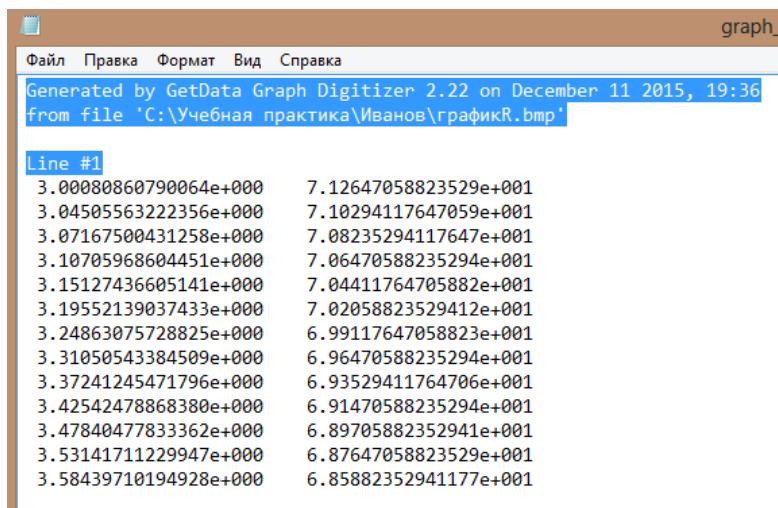


Рисунок 9 – Результат оцифровки данных

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 @.

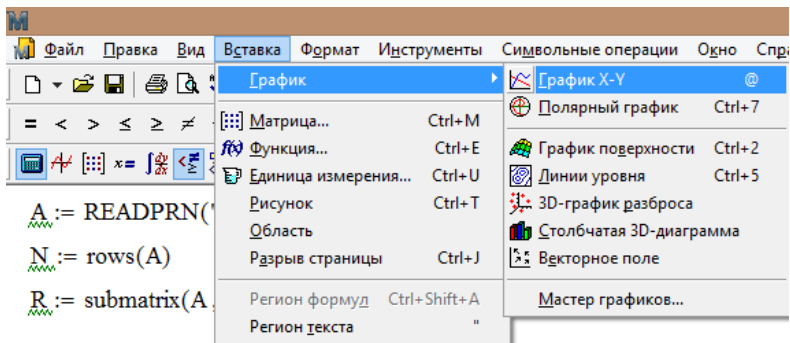


Рисунок 10 – Вставка графика в декартовой системе координат

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.

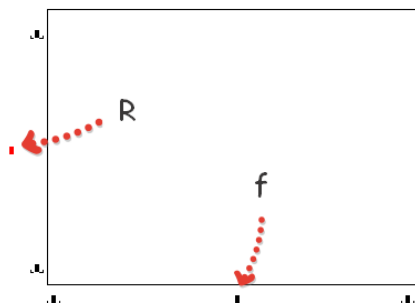


Рисунок 11 – Задание осей

Местозаполнители в начале и конце оси можно оставить пу-

стыми, 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).

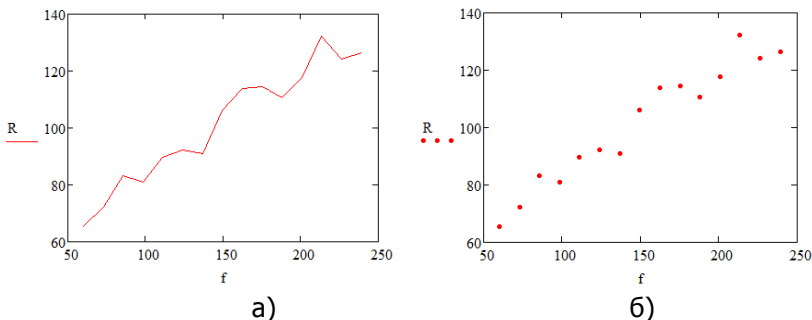


Рисунок 12 – График в MathCad а) линией; б) точками

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

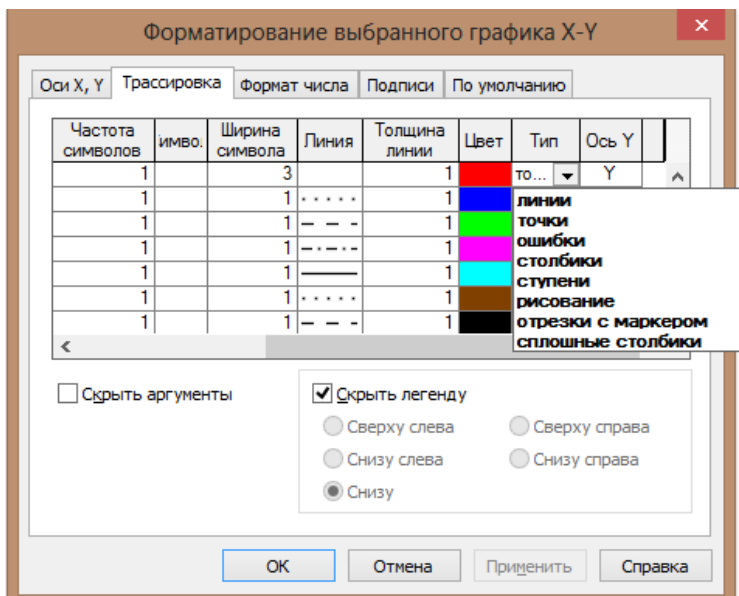


Рисунок 13 – Настройка формата графика

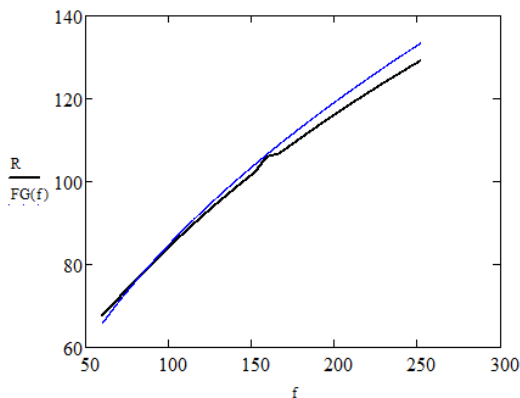


Рисунок 14 – Два набора данных на одном графике

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.

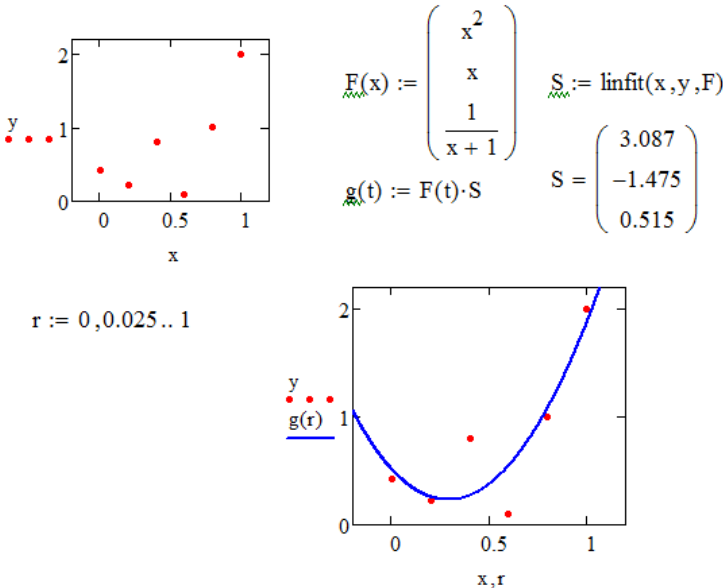


Рисунок 15 – Пример применения функции linfit

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

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

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

Функция $\text{linfit}(x, y, F)$ возвращает вектор, содержащий неизвестные коэффициенты a_0, a_1, a_2 линейной комбинации функций из F . Этот вектор записывается в переменную S . Линейная комбинация задается функцией $g(t)$ путем умножения вектора F на век-

Учебная практика

тор 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

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

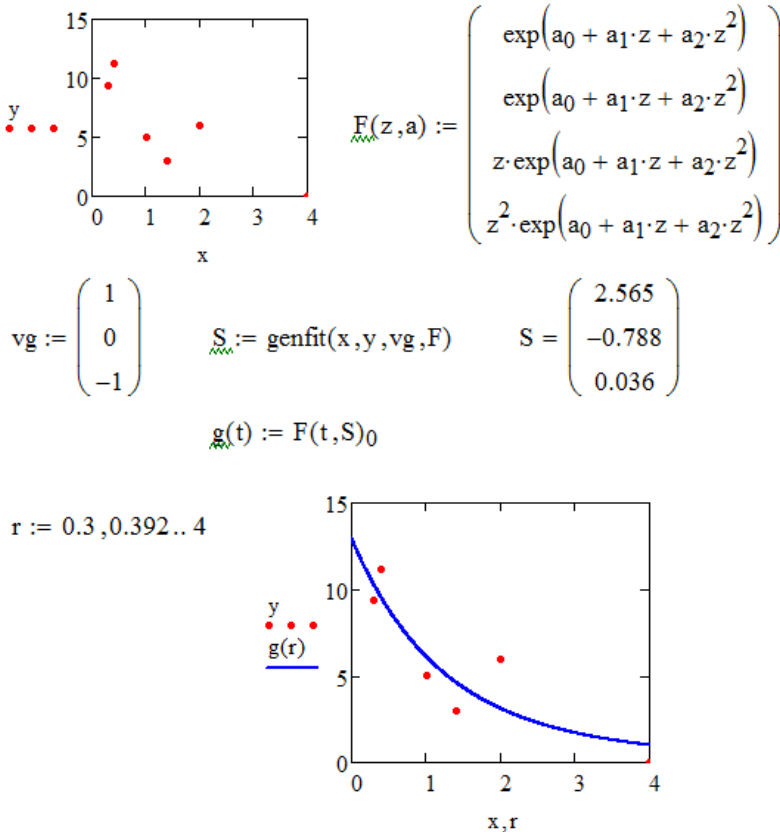
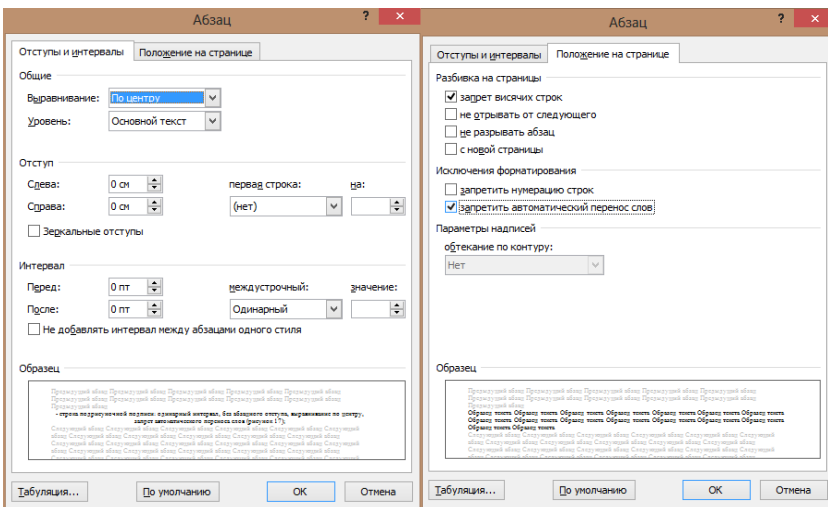


Рисунок 16 - - Пример применения функции genfit

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);



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

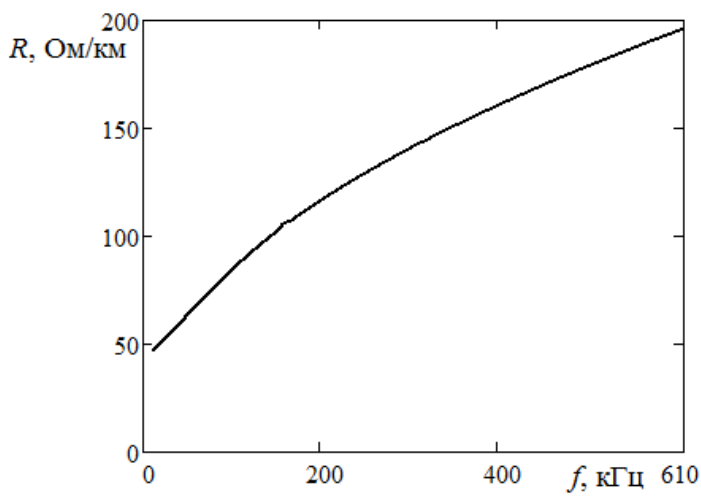


Рисунок 18 – Пример подписи осей

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

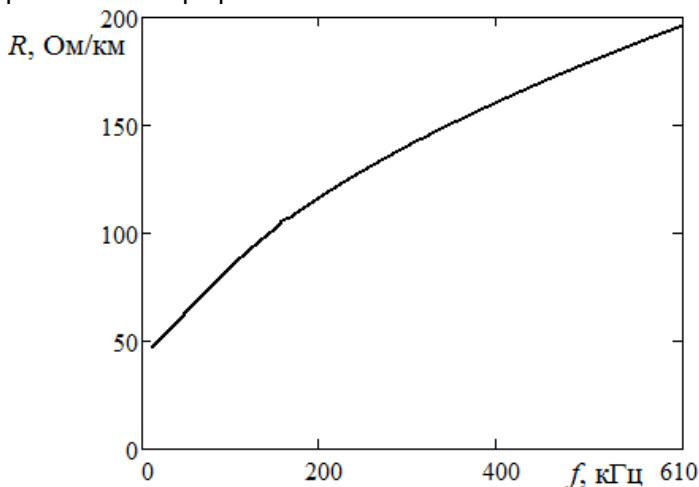
Вариант 1

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.

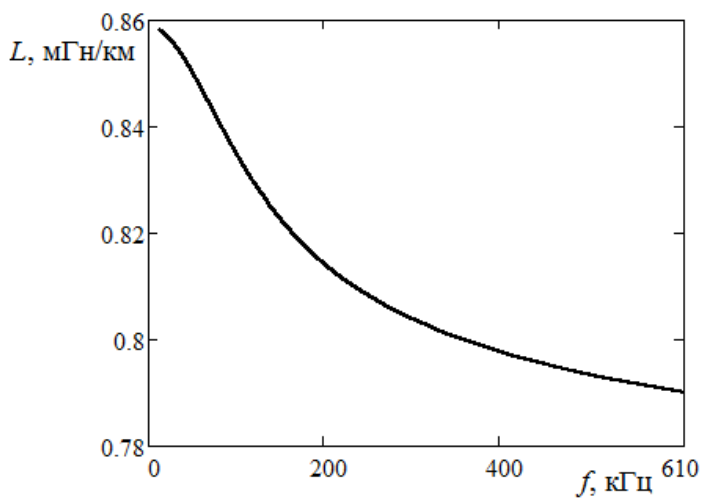
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| f_j , кГц | 10 | 50 | 90 | 130 | 170 | 210 | 250 | 290 |
| R , Ом/км | 46,135 | 60,608 | 79,803 | 95,91 | 107,366 | 119,243 | 126,771 | 136,686 |
| L , мГн/км | 0,859 | 0,85 | 0,838 | 0,827 | 0,819 | 0,813 | 0,808 | 0,804 |
| f_j , кГц | 330 | 370 | 410 | 450 | 490 | 530 | 570 | |
| R , Ом/км | 145,484 | 155,36 | 163,211 | 170,592 | 175,978 | 184,175 | 191,362 | |
| L , 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



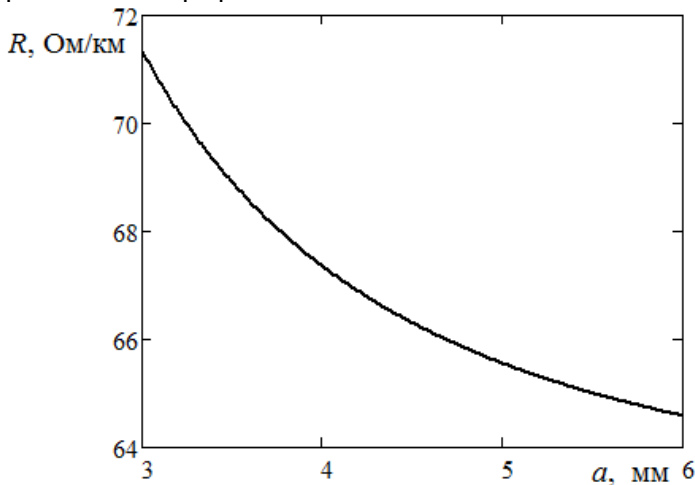
Вариант 2

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.

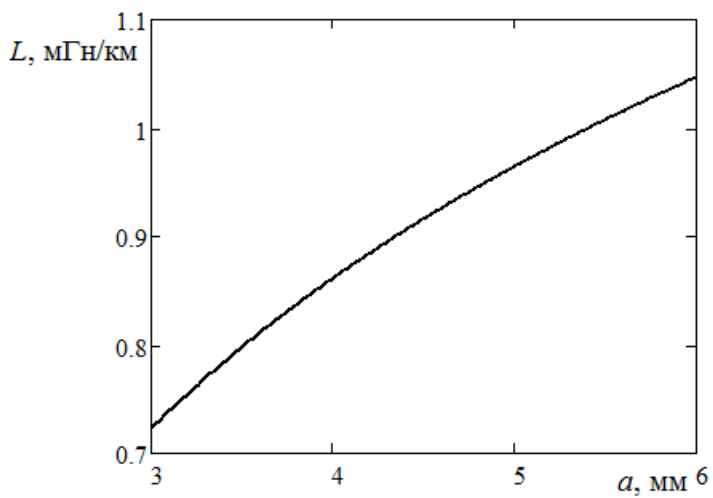
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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



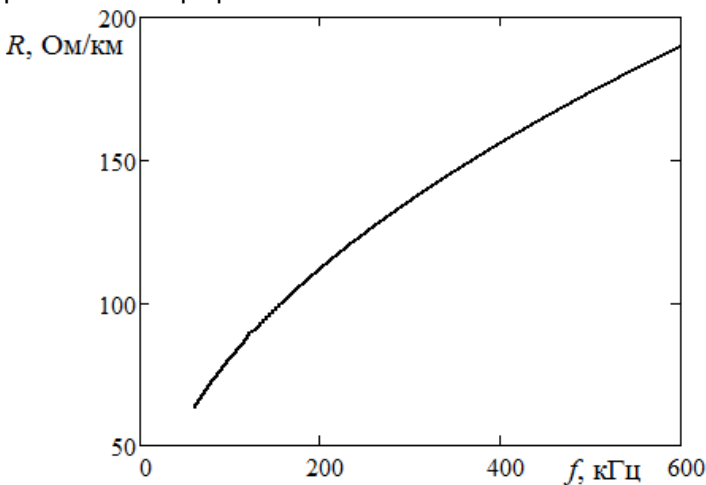
Вариант 3

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.

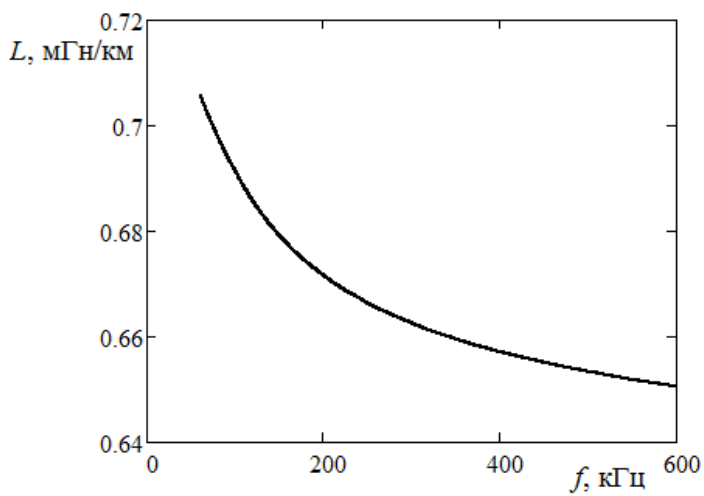
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| f_i , кГц | 60 | 96 | 132 | 168 | 204 | 240 | 276 | 312 |
| R_i , Ом/км | 63,605 | 77,934 | 99,105 | 108,118 | 115,542 | 118,699 | 131,11 | 146,94 |
| L_i , мГн/км | 0,7 | 0,689 | 0,69 | 0,677 | 0,669 | 0,663 | 0,661 | 0,664 |
| f_i , кГц | 348 | 384 | 420 | 456 | 492 | 528 | 564 | |
| R_i , Ом/км | 146,643 | 151,734 | 162,335 | 163,431 | 170,137 | 187,282 | 186,203 | |
| L_i , 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



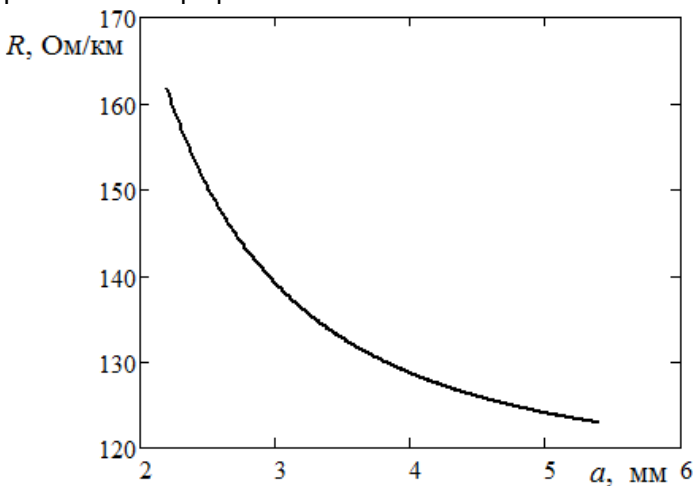
Вариант 4

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.

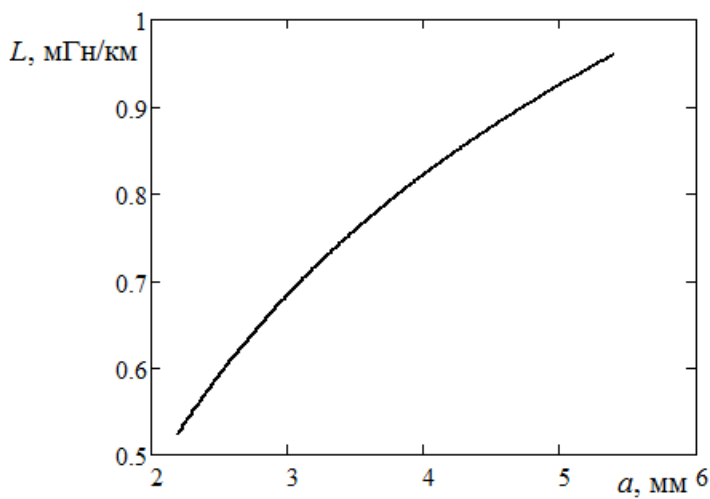
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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



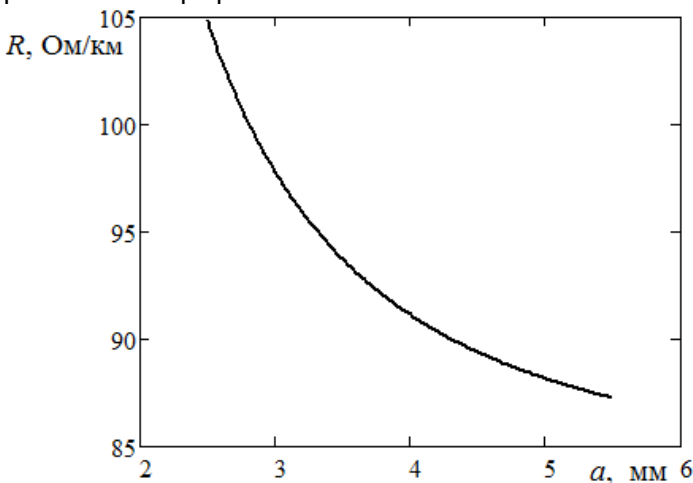
Вариант 5

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.

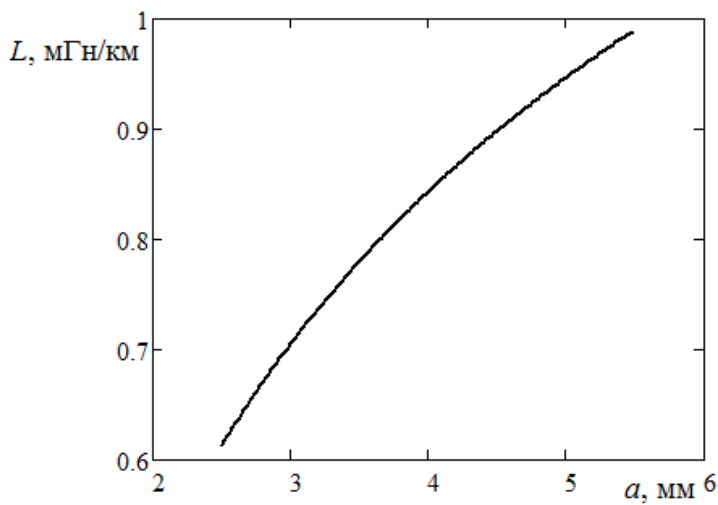
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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



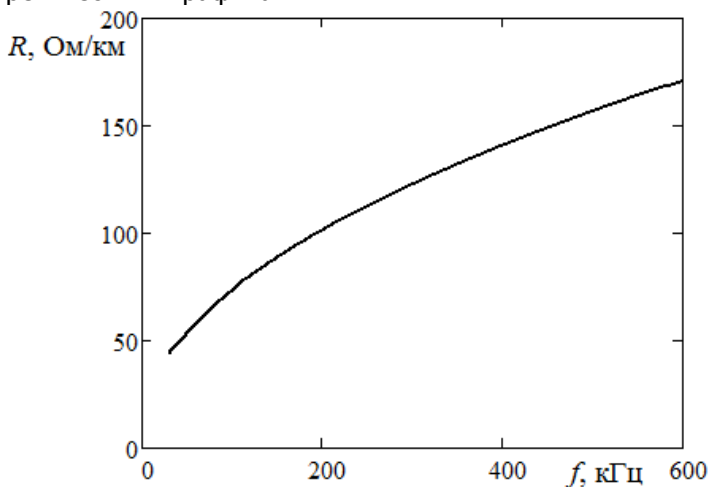
Вариант 6

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.

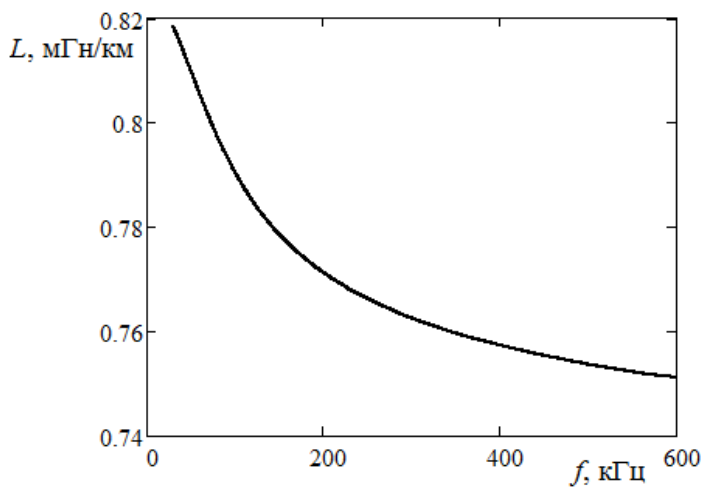
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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



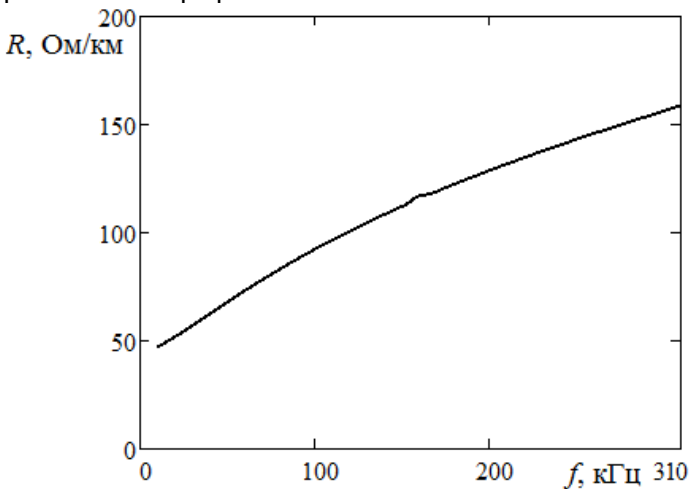
Вариант 7

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.

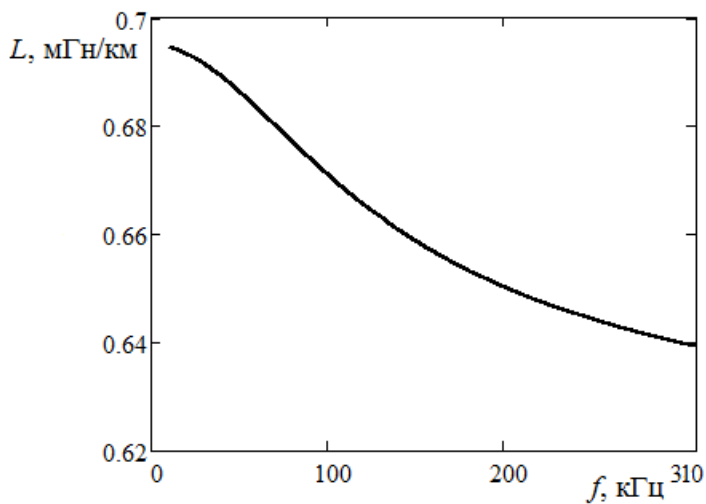
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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



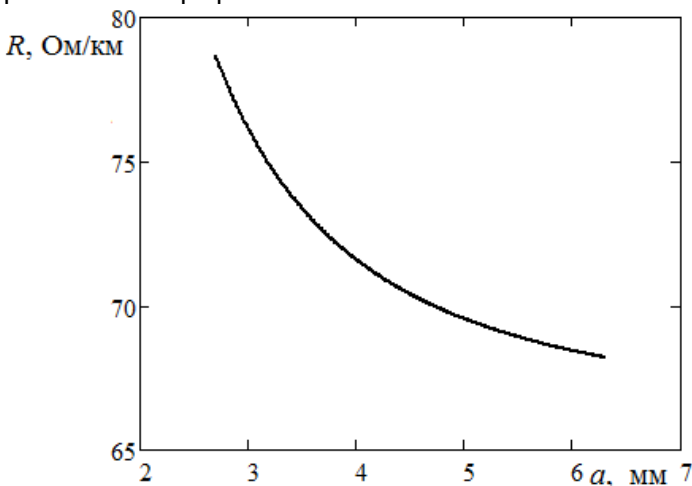
Вариант 8

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.

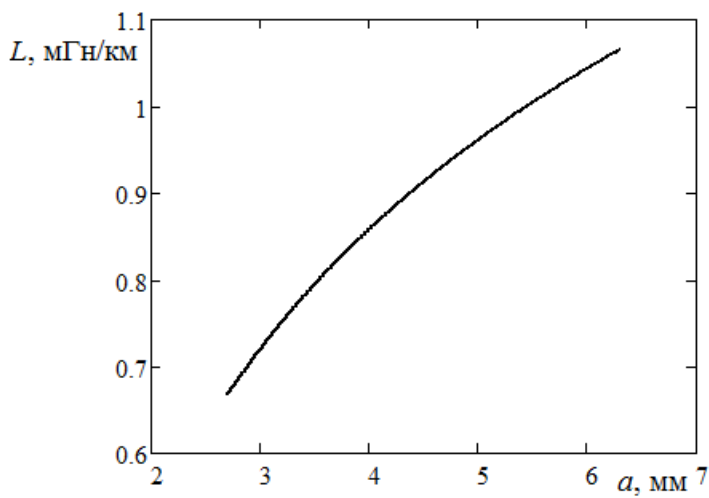
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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



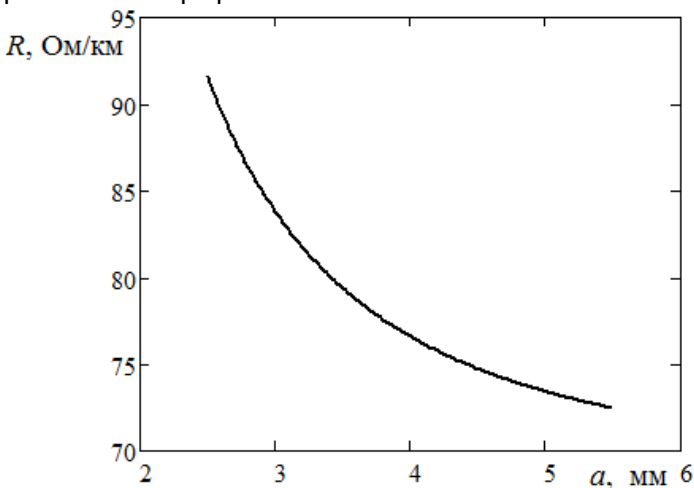
Вариант 9

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.

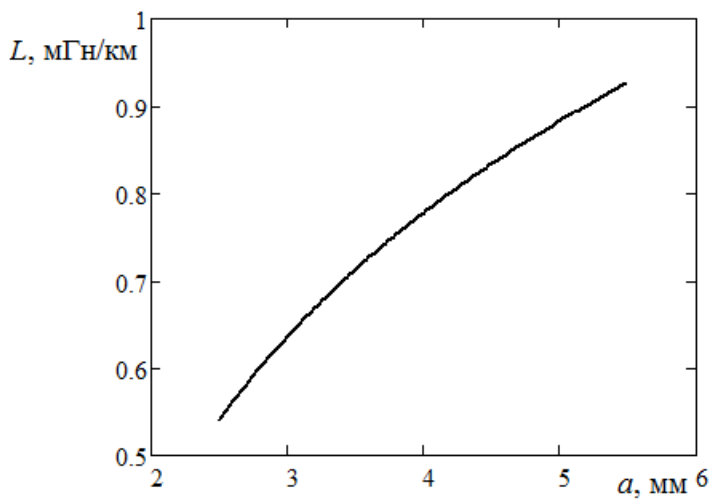
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 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



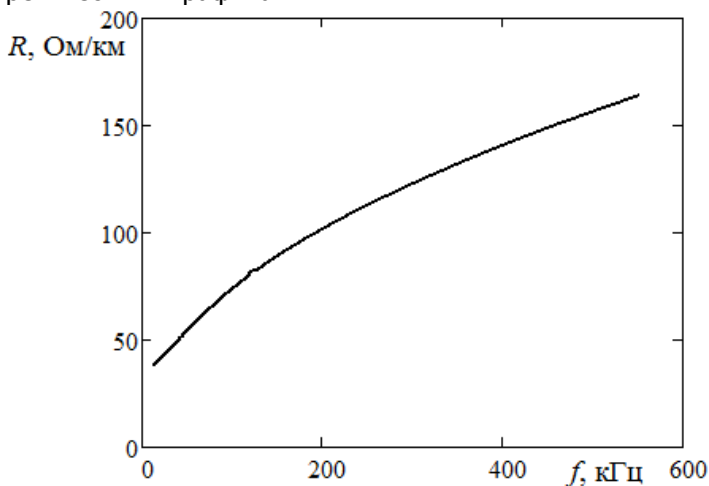
Вариант 10

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.

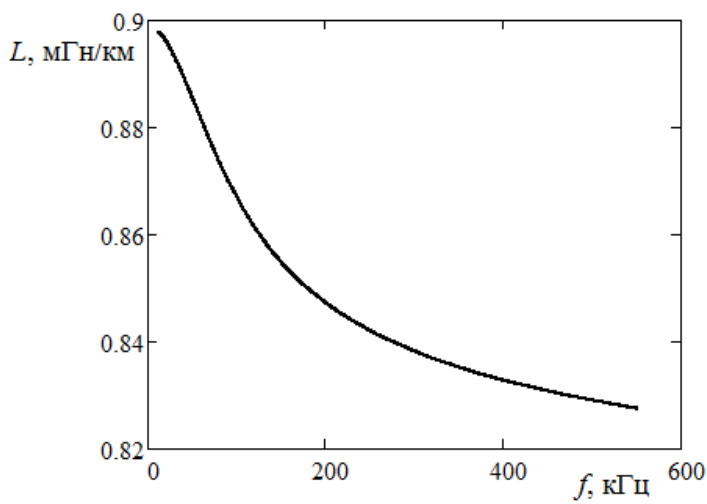
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| 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



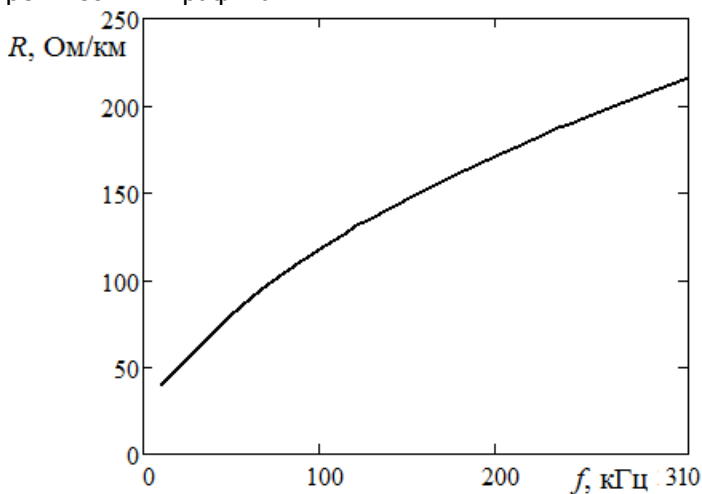
Вариант 11

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.

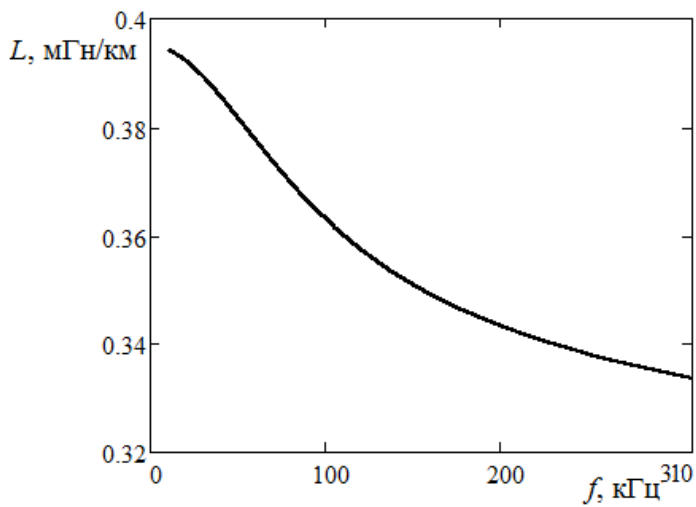
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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:



Учебная практика



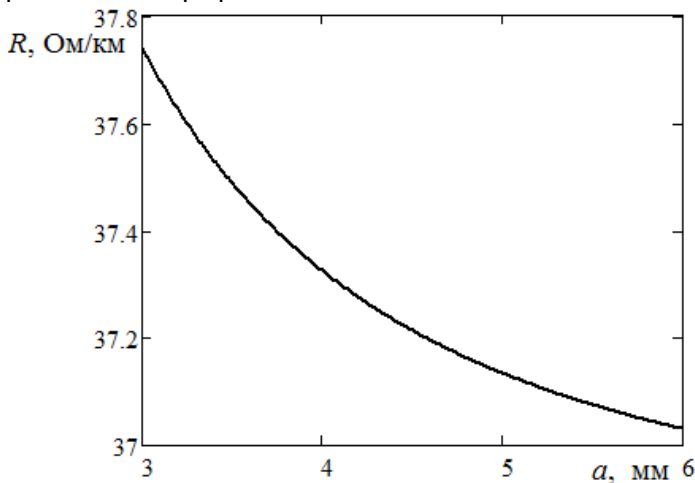
Вариант 12

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.

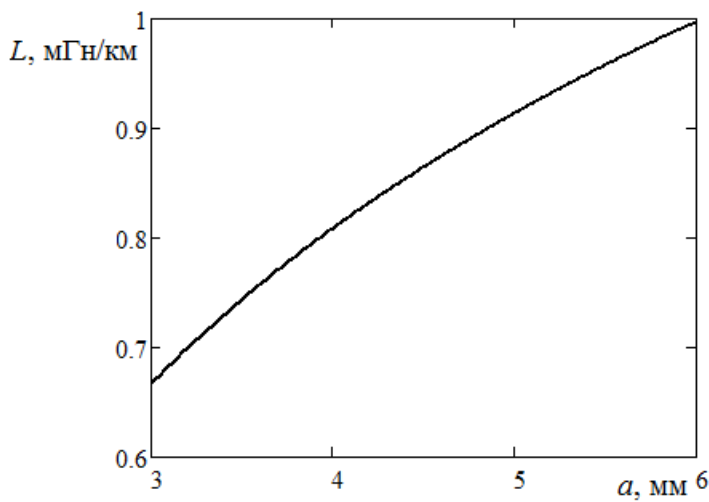
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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:



Учебная практика



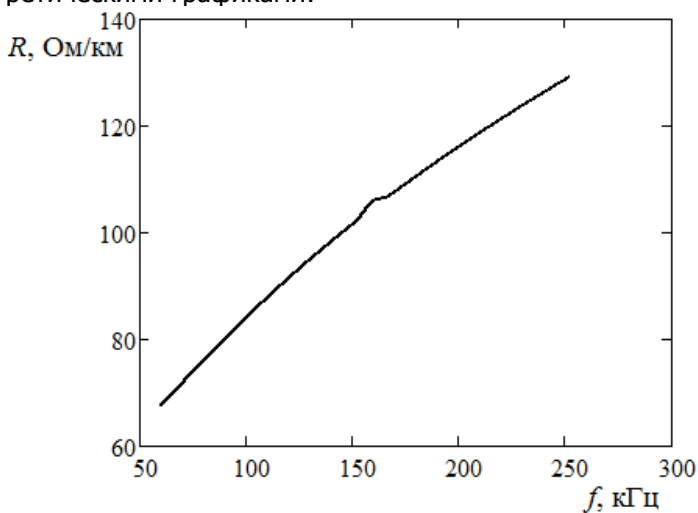
Вариант 13

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.

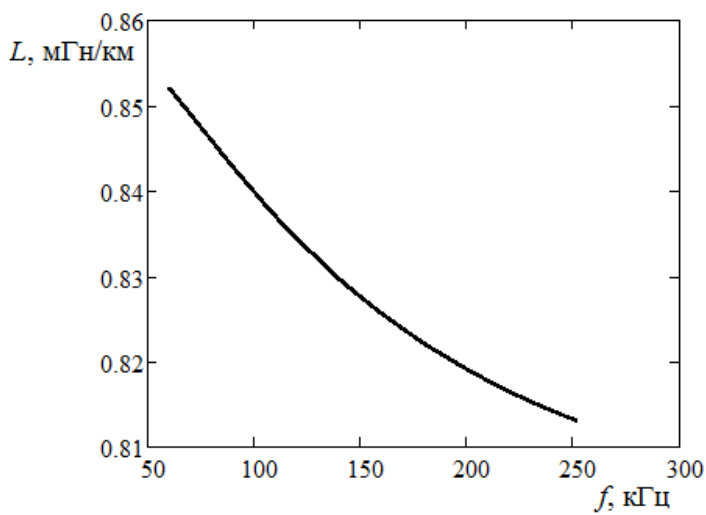
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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



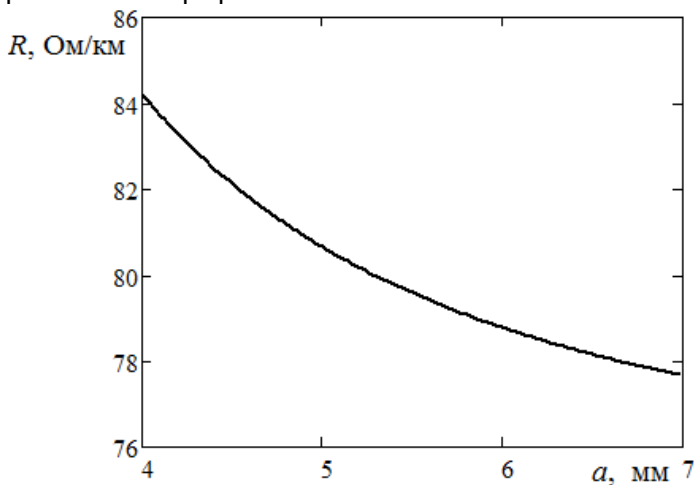
Вариант 14

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.

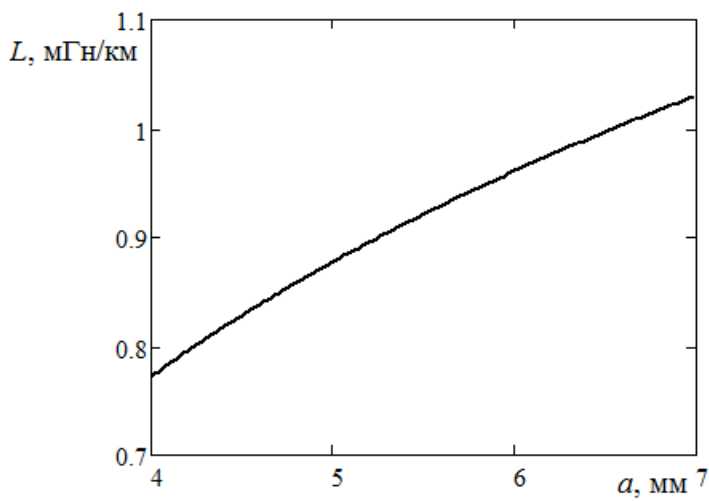
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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



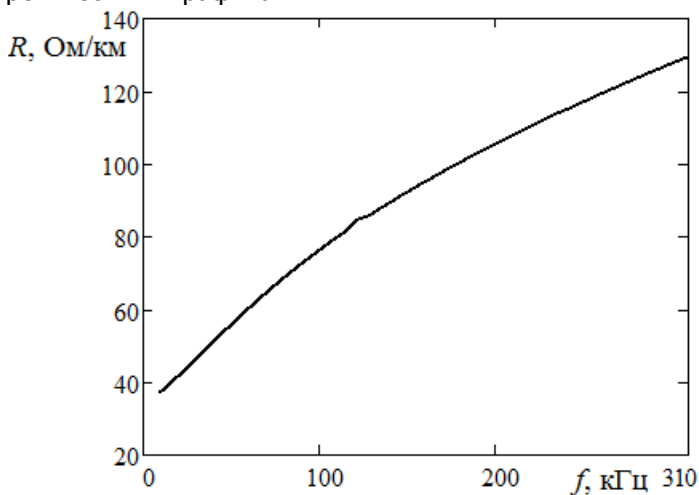
Вариант 15

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.

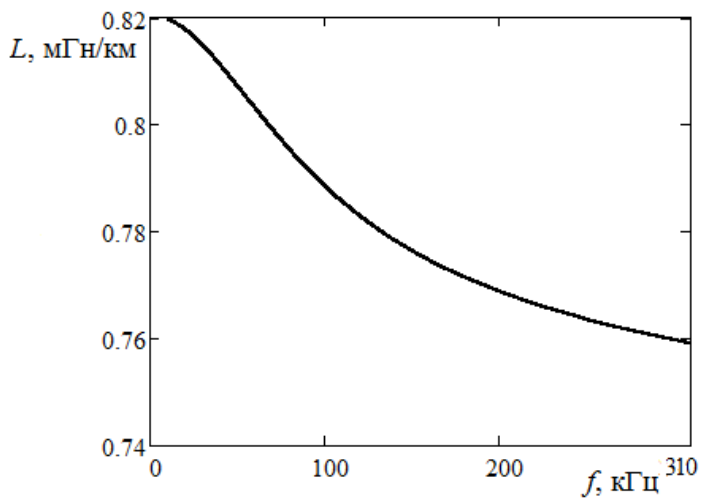
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 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



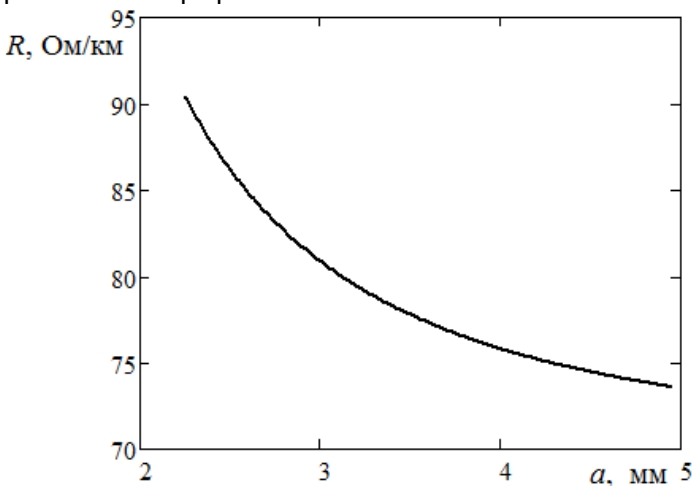
Вариант 16

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.

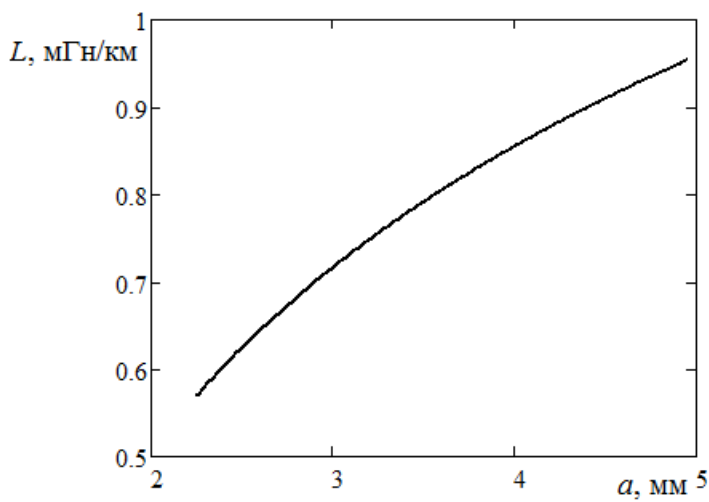
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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



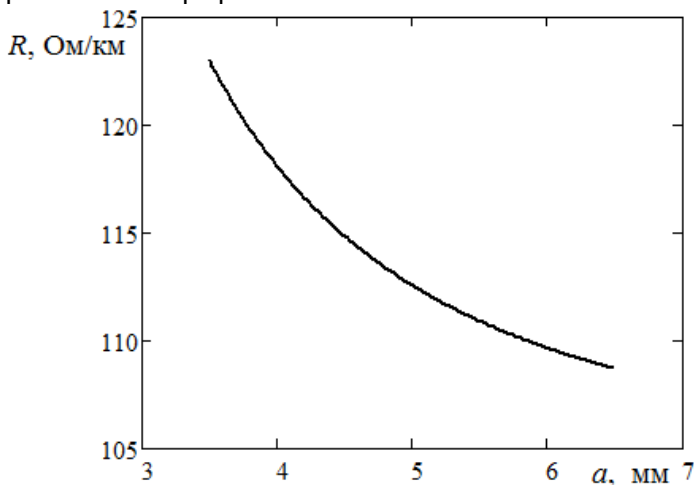
Вариант 17

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.

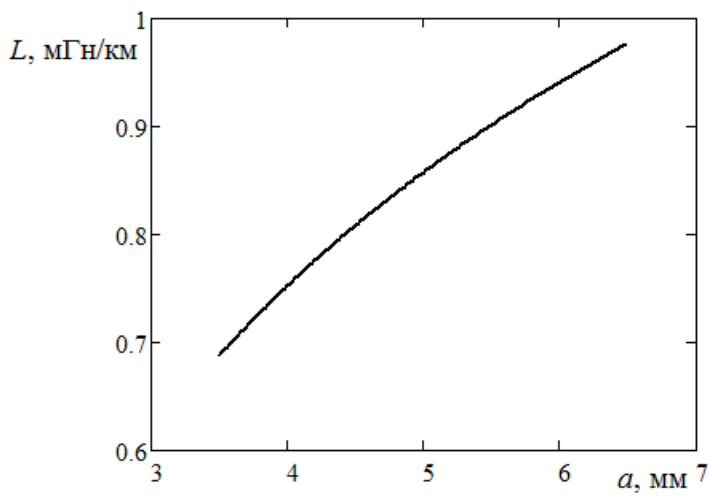
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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



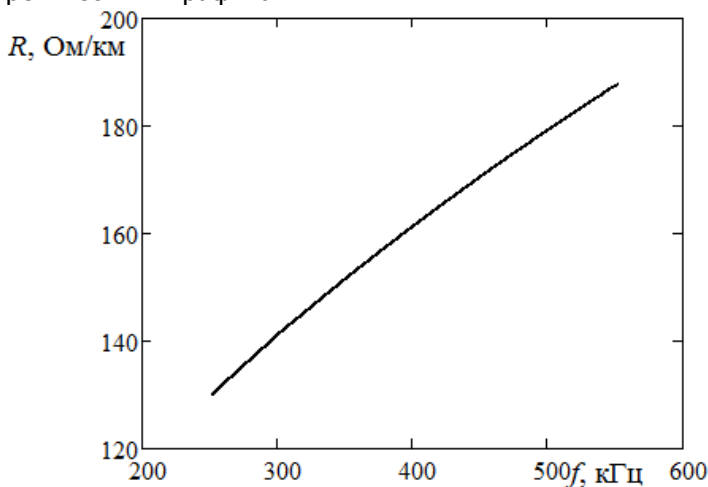
Вариант 18

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.

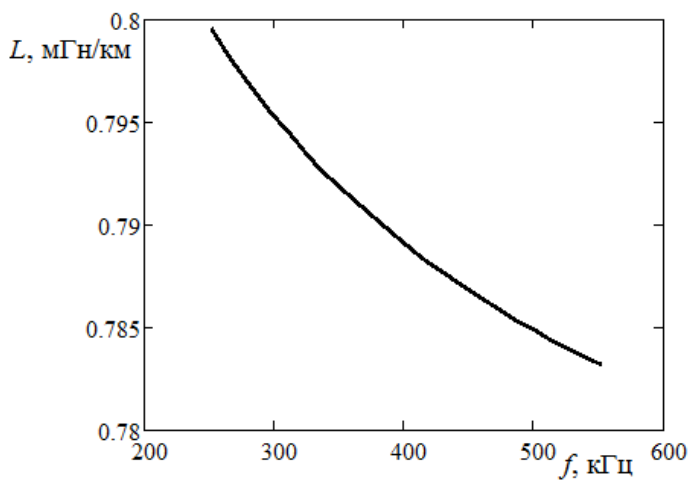
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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



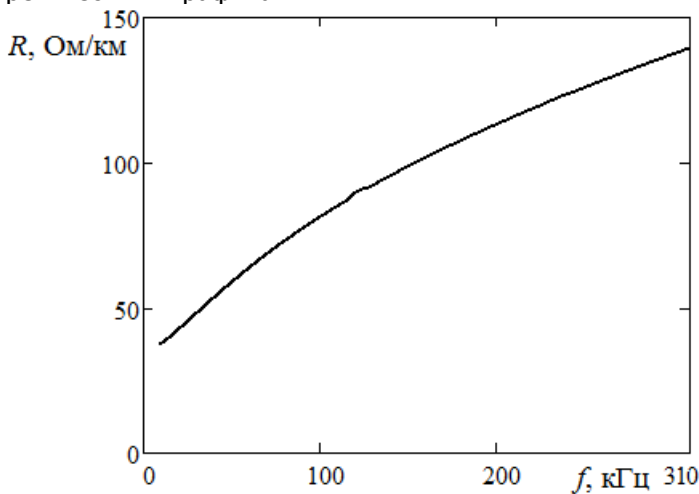
Вариант 19

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.

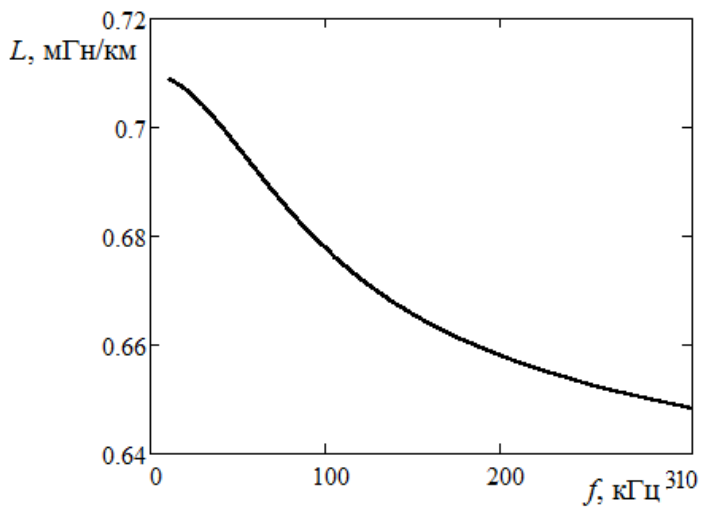
Таблица 1 - Экспериментальные данные

| | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 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:



Учебная практика



ШАБЛОН ОТЧЕТА

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**
Кафедра «Радиоэлектроника»

ОТЧЕТ

по учебной практике _____

Вариант № _____

Отчет выполнил студент курса _____ группы _____

номер

название

подпись

Фамилия И.О.

Отчет проверил _____

ученое звание, ученая должность

Фамилия И.О.

Оценка _____

оценка или отметка о сдаче

подпись

г. Ростов-на-Дону
2016

Учебная практика

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 Графики¹3.1 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.