

Группа М3216

К работе допущен \_\_\_\_\_

Студент Орлов Владимир

Работа выполнена \_\_\_\_\_

Преподаватель Тимофеева Эльвира  
Олеговна

Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по моделированию №1

### Задание 2 (4 балла). "Оптимизация соленоида"

#### 1. Задание моделирования.

Из провода длиной  $L$  и диаметром  $d$  требуется намотать катушку на цилиндрический каркас диаметром  $D$  и длиной  $l$ , таким образом, чтобы получить максимальную индукцию магнитного поля на оси катушки в центре. Число витков  $N$  должно быть одинаково по всей длине катушки. Определите индуктивность получившейся катушки. Параметры должны задаваться. Построить график зависимости  $B=f(l)$ .

#### 2. Рабочие формулы и исходные данные.

##### 1. Оптимальная длина катушки:

$$l_{opt} = \frac{L * d}{\pi * D}$$

Минимальная длина, при которой провод длиной  $L$  может быть плотно намотан на каркас диаметром  $D$ .

- $L \cdot d$ : Общая площадь провода в сечении.
- $\pi \cdot D$ : Длина одного витка.

(Формула обеспечивает плотную укладку витков.)

## 2. Число витков:

$$N_{opt} \equiv \frac{L}{\pi \cdot (D + d)}$$

Учитывает диаметр провода  $d$  при расчете эффективной длины витка:

- $D+d$ : Эффективный диаметр (каркас + провод).
- $\pi \cdot (D+d)$ : Длина одного витка.
- $L/(\pi \cdot (D+d))$ : Общее число витков.

## 3. Площадь сечения катушки:

$$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Площадь круга диаметром  $D$ :

- $\frac{D}{2}$ : Радиус каркаса.
- $\pi \cdot r^2$ : Стандартная формула площади круга.

## 4. Индуктивность катушки:

$$L_{ind} = \frac{\mu_0 \cdot N_{opt}^2 \cdot A}{l_{opt}}, \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

Формула индуктивности соленоида:

- $N^2$ : Зависимость от квадрата числа витков.
- $A$ : Площадь сечения.
- $l_{opt}$ : Длина катушки.
- $\mu_0$ : Магнитная постоянная.

## 5. Магнитная индукция на оси катушки:

$$B(l) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot L}{2\pi \cdot D \cdot \sqrt{l^2 + D^2}}$$

Учет конечной длины соленоида:

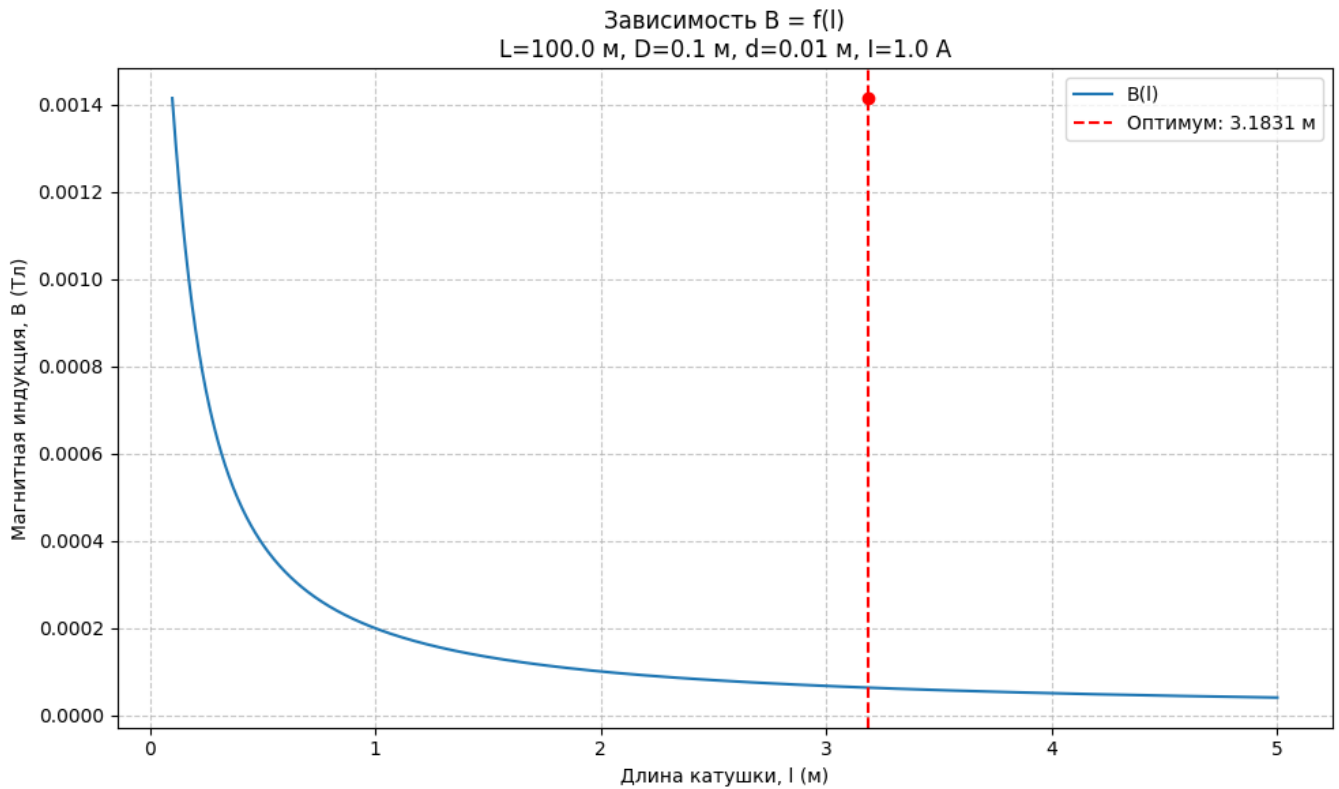
- $\mu_0 \cdot I \cdot L$ : Основной множитель, пропорциональный току и длине провода.
- $2\pi \cdot D$ : Нормировка на диаметр.
- $\sqrt{l^2 + D^2}$ : Поправка на геометрию (уменьшение поля при увеличении  $l$ ).

3. Код программы можно найти по ссылке, реализация на python/C#

<https://github.com/AkihiroKano/Physics-4-sem-models.git>

#### 4. Графики.

График зависимости  $B = f(l)$ :



Входные и выходные данные:

```
Введите параметры катушки:  
Длина провода, L (м): 100  
Диаметр каркаса, D (м): 0.1  
Диаметр провода, d (м): 0.01  
Ток в катушке, I (А): 1  
  
Оптимальная длина катушки: 3.1831 м  
Индуктивность при  $l = 3.1831$  м: 2.5964e-04 Гн  
  
Задайте диапазон длин катушки:  
Минимальная длина (м): 0.1  
Максимальная длина (м): 5
```