

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А. И. ГЕРЦЕНА»

институт информационных технологий и технологического образования
кафедра информационных технологий и электронного обучения

Основная профессиональная образовательная программа
Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Направленность (профиль) «Технологии разработки программного обеспечения»
форма обучения – очная

Курсовая работа

по дисциплине «Информационные технологии в физике»

Вычислительный эксперимент по изучению переходных характеристик
заряженного конденсатора

Обучающейся 1 курса
Леонтьевой Анны Викторовны

Руководитель:
д.п.н, профессор
_____ Власова Е.З.

«_____» _____ 2020 г.

Санкт-Петербург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Теоретическая часть.....	4
Общие сведения о конденсаторе	4
Математическая модель. Рассмотрение вывода формулы энергии заряженного конденсатора.....	5
Практическая часть	9
Разработка программы.....	9
Руководство пользователя.....	13
Пример решения задачи	13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	15
ЛИТЕРАТУРА	16

ВВЕДЕНИЕ

Такое устройство, как конденсатор, очень распространено. Конденсатор используется во всех сферах электротехники, в радиотехнике, в качестве элемента памяти или устройства хранения электрической энергии. Таким образом, приходится говорить о необходимости изучения переходных характеристик заряженного конденсатора.

Один из параметров заряженного конденсатора – энергия. Обычно энергия конденсатора не превышает сотен джоулей, то есть он не может использоваться как аккумулятор. Но конденсатор обладает свойством, которое широко применяется на практике: конденсаторы отдают накопившуюся энергию мгновенно. Самый простой и повседневный пример: вспышка фотокамеры. [10]

Объектом исследования является плоский конденсатор. Предмет исследования – энергия заряженного конденсатора.

При изучении той или иной темы человек зачастую прибегает к использованию онлайн-калькуляторов для проверки своих вычислений. Автором не было найдено удобного калькулятора для вычисления энергии заряженного конденсатора. Из этого вытекает и цель данной курсовой работы.

Цель работы: создание калькулятора для вычисления энергии заряженного конденсатора решения задач при изучении переходных характеристик.

Для достижения цели работы необходимо выполнить следующие задачи:

- Изучить общие сведения о конденсаторе
- Рассмотреть вывод математической модели, а именно – формул для вычисления энергии заряженного конденсатора
- Разработать программу для вычисления энергии заряженного конденсатора
- Решить задачу с помощью разработанной программы

Теоретическая часть

Общие сведения о конденсаторе

Система проводников с большой емкостью называется конденсатором. Он представляет собой два проводника, которые разделяются слоем диэлектрика. Толщина диэлектрика мала в сравнении с толщиной проводников. В таком случае проводники называются обкладками конденсатора. Самый простой вид конденсатора – плоский.

Плоский конденсатор – физическое упрощение, взявшее начало из ранних исследований электричества, представляющее собой конструкцию, где обкладки носят форму плоскостей и в любой точке параллельны. [1,125 с]

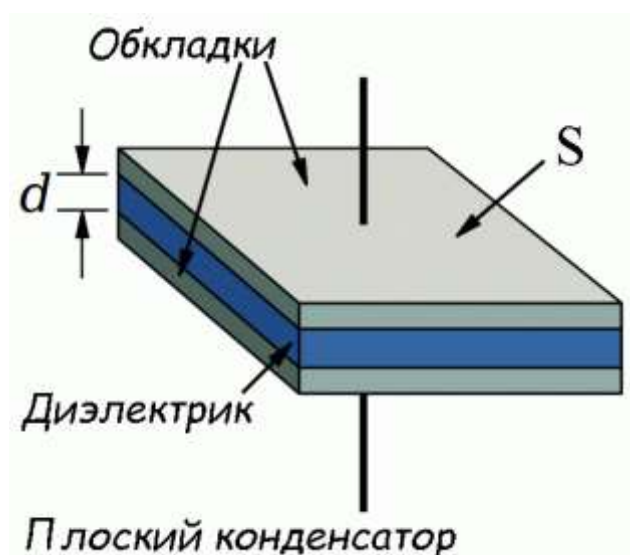


Рисунок 1.2. Конструкция плоского конденсатора.

На рисунке 1:
 d - расстояние между пластинами.
 S – площадь пластин.

Если заряды на пластинах равны по модулю и противоположны по знаку, то силовые линии электрического поля начинаются на положительно заряженной обкладке и оканчиваются на отрицательно заряженной. Поэтому электрическое поле конденсатора сосредоточено именно между пластин и является однородным. Стоит отметить, что электрические поля других тел практически не проникают внутрь конденсатора, а значит на разность потенциалов между его обкладками не влияют. [5]

Как и любая система заряженных тел конденсатор обладает энергией. Стоит, отметить, что энергией обладает не сам конденсатор, а электрическое поле между его пластин. Так как оно однородное, то вычислить энергию довольно просто. [3,246 с.]

Для вывода формулы удобно будет смоделировать следующую ситуацию. Одна пластина плоского конденсатора заряжена положительно, а другая -отрицательно. Заряды пластин равны по модулю. [2, 244 с.]

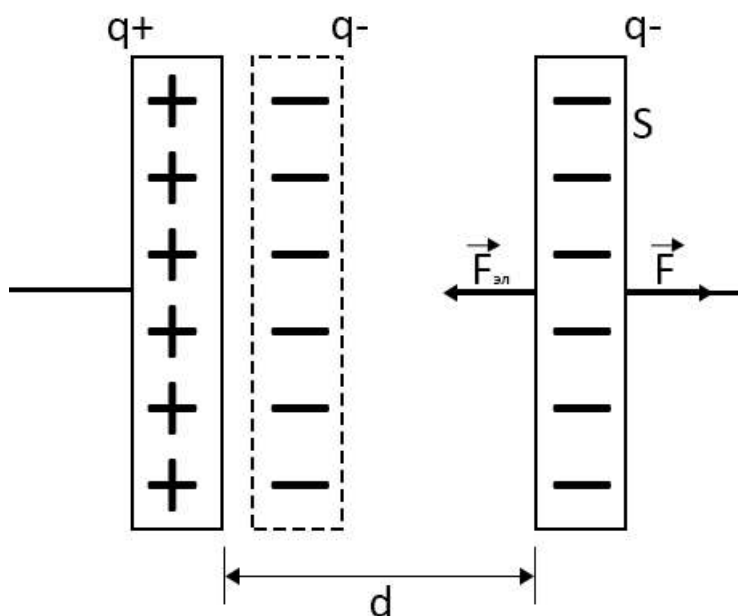


Рисунок 1.2

Отрицательно заряженная пластина располагается почти вплотную к положительно заряженной. На рисунке 2 начально положение отрицательно заряженной пластины показано пунктирной линией.

Можно представить, что отрицательно заряженную пластину отодвигают на расстояние d . Стоит отметить, что отодвигать необходимо медленно и равномерно, чтобы не передавать отрицательно заряженной пластине скорость. Так как пластины имеют заряды противоположные по знаку, можно сделать вывод, что они притягиваются. Чтобы найти с какой силой они притягиваются, будем считать, что левая пластина – источник электрического поля, а правую – заряженным телом, которое в этом поле находится. Тогда напряженность поля, создаваемое этой пластиной может быть найдено по следующей формуле:

$$E_1 = \frac{\sigma}{2 * \epsilon * \epsilon_0} , \quad (1)$$

где:

- ε – диэлектрическая проницаемость среды¹
- ε_0 – диэлектрическая постоянная (или диэлектрическая проницаемость вакуума)²
- σ – поверхностная плотность заряда (отношение заряда на всей пластине к площади этой пластины или:

$$\sigma = \frac{q}{S} \quad (2)$$

Так как правая пластина находится в электрическом поле, создаваемом левой пластиной, но нее действует сила $F_{эл}$ (рис.2). Чтобы ее отодвигать, необходимо прикладывать внешнюю силу F , равную по модулю силе $F_{эл}$ (рис.2). При этом:

$$F_{эл} = q * E_1 \quad (3)$$

После подстановки формул 2 и 3 в формулу 1 было получено:

$$F_{эл} = \frac{q^2}{2 * \varepsilon * \varepsilon_0 * S} \quad (4)$$

Так как пластина отодвигается очень медленно и равномерно, то кинетическая энергия ей не сообщается. Поэтому по 3 закону Ньютона $F = F_{эл}$. Тогда:

$$F = \frac{q^2}{2 * \varepsilon * \varepsilon_0 * S} \quad (5)$$

Перемещение пластины означает, что совершается работа, которая равна:

$$A = F * d \quad (6)$$

Так как перемещение сонаправлено с прилагаемой силой, \cos можно не учитывать. После подстановки формулы 5 в формулу 6, было получено:

¹ Диэлектрическая проницаемость – это величина, характеризующая поляризацию диэлектриков под действием электрического поля напряжённостью E . [8]

² $\varepsilon_0 = 8,854187817 * 10^{-12}$ Ф/м [8]

$$A = \frac{q^2 * d}{2 * \varepsilon * \varepsilon_0 * S} \quad (7)$$

Легко заметить, что в формулу 7 можно подставить емкость плоского конденсатора, которая равна:

$$C = \frac{\varepsilon * \varepsilon_0 * S}{d} \quad (8)$$

Тогда:

$$A = \frac{q^2}{2 * C} \quad (9)$$

После того, как работа была совершена, между пластинами было создано электрическое поле в большей области пространства. [7] Это значит, что работа пошла на создание электрического поля, которое обладает энергией $W_{эл} = A$. Тогда:

$$W_{эл} = \frac{q^2}{2 * C} \quad (10)$$

Но заряд на пластинах конденсатора измерять неудобно. Поэтому есть смысл воспользоваться формулой емкости конденсатора через разность потенциалов, откуда можно выразить заряд пластины:

$$C = \frac{q}{U} \rightarrow q = C * U \quad (11)$$

Подставив формулу 11 в формулу 10, получим:

$$W_{эл} = \frac{C * U^2}{2} \quad (12)$$

Задачи с плоским конденсатором очень распространены в школьной программе, так как именно на этой модели конденсатора проще всего объяснить принцип работы данного устройства. В данной теоретической части курсовой работы были рассмотрены строение

плоского конденсатора и вывод математической модели, а именно: формул 10 и 12. Именно с этими формулами будет проходить работа в практической части.

Практическая часть

Разработка программы

Любое изучение теоретического материала предполагает применение теории на практике. Чаще всего во время решений задач по физике человек пользуется специальными калькуляторами, чтобы проверить свои вычисления. Автором данной работы не было найдено удобного калькулятора по данной теме в открытом доступе. [9] Поэтому целью работы стало создание удобного калькулятора для вычисления энергии заряженного конденсатора, в котором пользователь сможет сам выбрать нужную ему формулу.

Для реализации программы был выбран язык Pascal и компилятор ABC Pascal.

После объявления переменных и начала программы пользователю должно быть предложено выбрать формулу для вычисления:

```
program Wkond;
var
  num: integer;
  C, U, q, W, d: real;
begin
  writeln('Введите номер формулы, по которой необходимо
  вычислить энергию');
  writeln('1.  $W = C \cdot U^2 / 2$ ');
  writeln('2.  $W = q^2 / 2 \cdot C$ ');
```

Далее реализуется итерационный циклический вычислительный процесс. Сделано это для того, чтобы пользователь не мог ввести значение больше 2:

```
repeat
  readln(num);
until num < 3;
```

С помощью условного оператора if-else происходит запрос значений у пользователя и вычисление по выбранной формуле. Сначала программа проверяет правдивость выражения $num = 1$. Если введенное пользователем значение удовлетворяет равенству, то программа запрашивает значения переменных и происходит вычисление по первой формуле:

```
if num = 1 then begin
  writeln('Введите значение емкости конденсатора C в
  микрофарадах ( $10^{-6}$ )');
```

```

        readln(C);
        writeln('Введите значение разности потенциалов U в
вольтах');
        readln(U);
        W:=C*power(10,-3)*U*U/2;
        end

```

Если введенное пользователем значение не удовлетворяет равенству $num=1$, то программа переходит на следующий шаг и выполняет вычисления по второй формуле, предварительно запрашивая у пользователя необходимые значения. Если значение емкости C равно нулю, то значению энергии W присваивается значение 0, чтобы при делении на ноль пользователю не выводилось значение $W=\infty^3$. Также вводится промежуточная переменная d для оптимизации вычислений:

```

else begin
    writeln('Введите значение емкости конденсатора C в
микрофарадах (10^(-6))');
    readln(C);
    writeln('Введите значение заряда пластин q в Кл*10^(-2)');
    readln(q);
    d:=q*(1/(10*10));
    if C=0 then W:=0
    else
        W:=(d*d)/(2*C*power(10,-6));
    end;

    В конце пользователю выводится значение W и программа завершается:
    writeln('Энергия конденсатора W = ', W, ' Дж');

end.

```

Стоит отметить, что значение переходных характеристик запрашивается в определенном значении (пример: 'Введите значение заряда пластин q в Кл*10^(-2)'), чтобы избежать ввода некорректных значений пользователем.

Далее приведена блок-схема программы (рисунок 2.1), список идентификаторов (таблица 1), полный код программы и пример работы программы (рисунок 2.2):

³ Если значение $C=0$, это значит, что электрического поля между пластинами нет, так как для него, как минимум, нет пространства. Следовательно энергии у него быть не может.

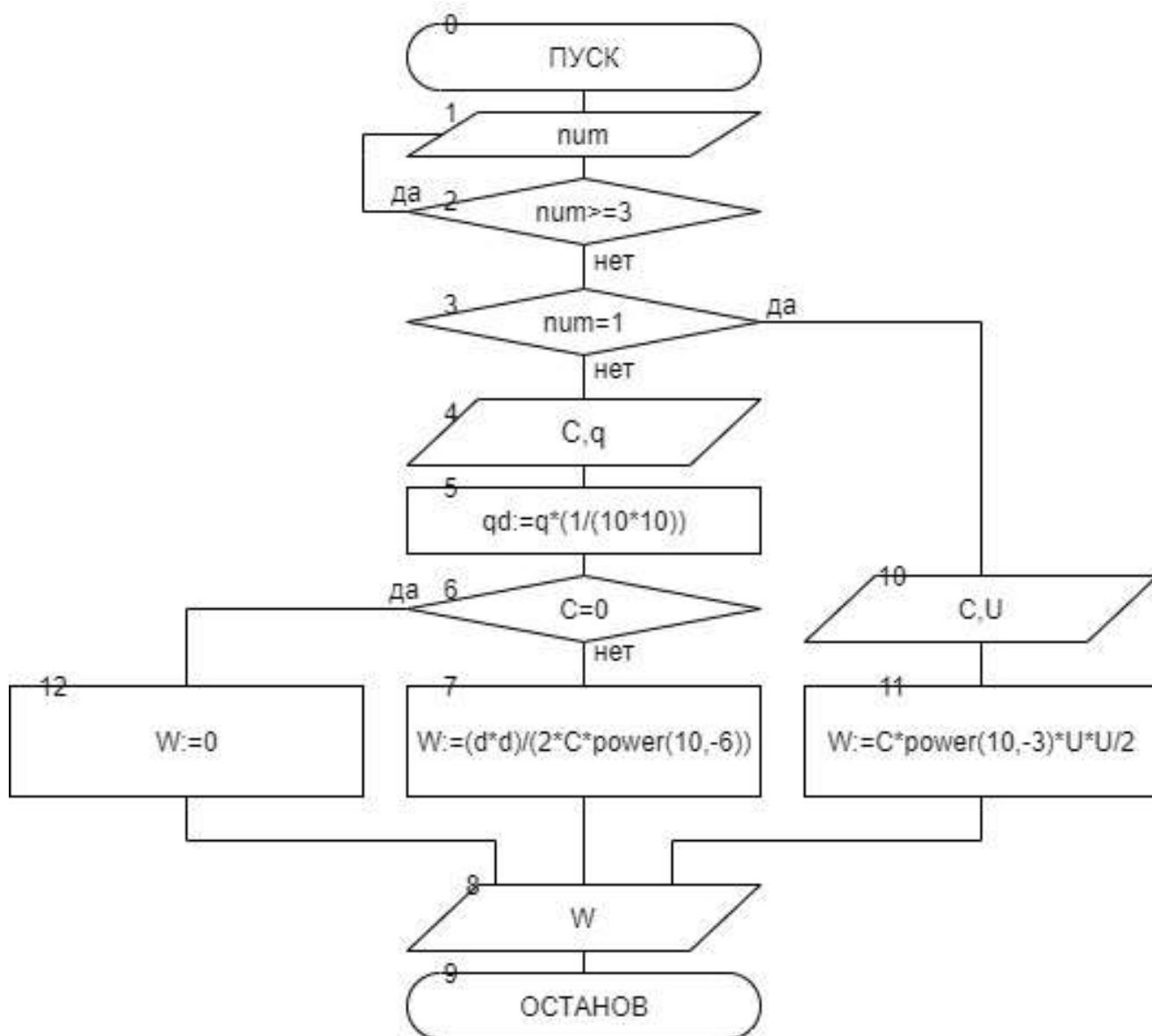


Рисунок 2.1

СПИСОК ИДЕНТИФИКАТОРОВ

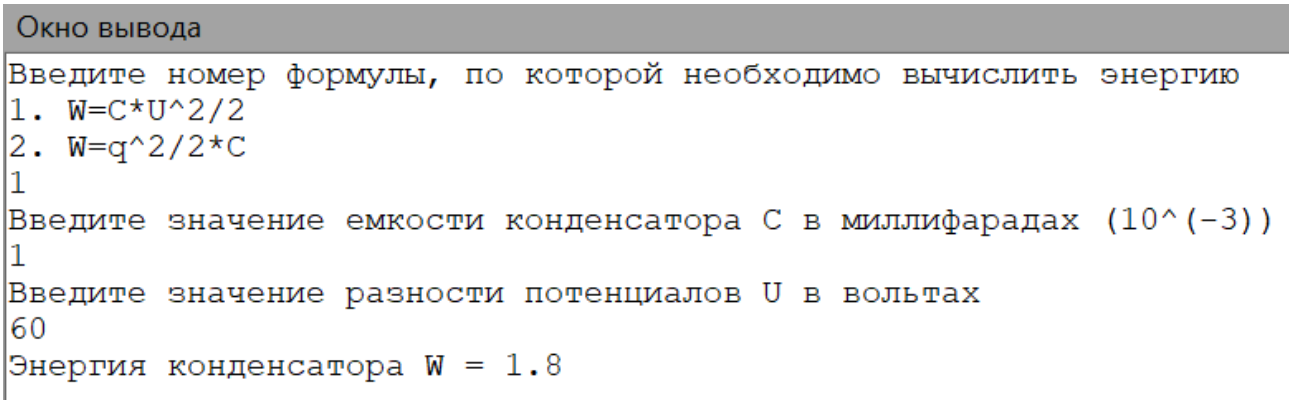
Таблица 1

Имя	Тип	Смысл
num	integer	номер формулы
C	real	емкость конденсатора
U	real	разность потенциалов
q	real	заряд пластин конденсатора
W	real	искомое значение энергии конденсатора
d	real	промежуточная переменная

Код программы:

```
program Wkond;
var num:integer;
C, U, q, W, d: real;
begin
    writeln('Введите номер формулы, по которой необходимо
вычислить энергию');
    writeln('1. W=C*U^2/2');
    writeln('2. W=q^2/2*C');
    repeat
        readln(num);
    until num<3;
    if num=1 then begin
        writeln('Введите значение емкости конденсатора C в
миллифарадах (10^(-3))');
        readln(C);
        writeln('Введите значение разности потенциалов U в
вольтгах');
        readln(U);
        W:=C*power(10,-3)*U*U/2;
    end
    else begin
        writeln('Введите значение емкости конденсатора C в
микрофарадах (10^(-6))');
        readln(C);
        writeln('Введите значение заряда пластин q в Кл*10^(-2)');
        readln(q);
        d:=q*(1/(10*10));
        if C=0 then W:=0
        else
            W:=(d*d)/(2*C*power(10,-6));
        end;
        writeln('Энергия конденсатора W = ', W, ' Дж');
    end.
```

Результат работы программы:



```
Окно вывода
Введите номер формулы, по которой необходимо вычислить энергию
1. W=C*U^2/2
2. W=q^2/2*C
1
Введите значение емкости конденсатора C в миллифарадах (10^(-3))
1
Введите значение разности потенциалов U в вольтгах
60
Энергия конденсатора W = 1.8
```

Рисунок 2.2

После запуска программы пользователю предлагается ввести номер формулы, по которой необходимо вычислить значение энергии W (рисунок 2.3):

Введите номер формулы, по которой необходимо вычислить энергию
1. $W=C*U^2/2$
2. $W=q^2/2*C$

Рисунок 2.3

Если будет введено число, которое не предполагалось для ввода, программа продолжит запрашивать ввод номера формулы до тех пор, пока пользователь этого не сделает (рисунок 2.4):

Введите номер формулы, по которой необходимо вычислить энергию
1. $W=C*U^2/2$
2. $W=q^2/2*C$
3
45
7
1
Введите значение емкости конденсатора C в миллифарадах (10^{-3})

Рисунок 2.4

Далее пользователю необходимо ввести запрашиваемые значения и нажать Enter.

Будет выведено искомое значение W в джоулях (рисунок 2.5):

Введите номер формулы, по которой необходимо вычислить энергию
1. $W=C*U^2/2$
2. $W=q^2/2*C$
1
Введите значение емкости конденсатора C в миллифарадах (10^{-3})
1
Введите значение разности потенциалов U в вольтах
100
Энергия конденсатора $W = 5$ Дж

Рисунок 2.5

Пример решения задачи

Для проверки программы на корректность работы, была взята задача из сборника А.П. Рымкевича «Задачник. Физика. 10-11 класс» [4, 113 с.]. Формулировка задачи представлена ниже:

769(762). Конденсатору емкостью 10 мкФ сообщили заряд 4 мкКл. Какова энергия заряженного конденсатора?

Рисунок 2.6. Условие задачи из сборника

Так как в задачи предлагаются значения емкости и заряда, необходимо выбрать вторую формулу. После этого были введены исходные данные и получен результат (рисунок 2.7):

```
Окно вывода
Введите номер формулы, по которой необходимо вычислить энергию
1.  $W = C \cdot U^2 / 2$ 
2.  $W = q^2 / 2 \cdot C$ 
2
Введите значение емкости конденсатора C в микрофарадах ( $10^{-6}$ )
10
Введите значение заряда пластин q в Кл* $10^{-2}$ 
0.0004
Энергия конденсатора W = 8E-07 Дж
```

Рисунок 2.7

Полученный результат $W = 8E-07$ Дж = $8 \cdot 10^{-7}$ Дж сходится с ответом из решебника ($W = 8 \cdot 10^{-7}$ Дж = 800 нДж), что позволяет сделать вывод о том, что программа работает корректно.

В ходе выполнения практической части курсовой работы была реализован калькулятор для вычисления энергии заряженного конденсатора и решена задача (рисунок 2.6) из сборника А.П.Рымкевича. Результаты, полученные в ходе выполнения программы позволяют говорить о корректности ее работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе лабораторной работы были выполнены следующие задачи:

- Были изучены общие сведения о конденсаторе
- Был рассмотрен вывод математической модели, а именно – формул для вычисления энергии заряженного конденсатора
- Была разработана программа для вычисления энергии заряженного конденсатора
- Решена задача с помощью разработанной программы

Все поставленные задачи были выполнены, что позволяет говорить о достижении цели курсовой работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.С.Ландсберг. II том // Элементарный учебник физики // М: Наука, 1973. - 374 с.
2. Мякишев Г.Я. // Физика. Классический курс. 10 класс. // 19-е изд. - М: Просвещение, 2010. - 366 с.
3. Трофимова Т.И. // Курс физики. // 11-е изд. - М: АCADEMA, 2006. - 560 с.
4. Рымкевич А.П. //Физика. Задачник. 10-11 класс. // - 17-е изд. - М: Дрофа, 2013. - 188 с.
5. Плоский конденсатор // Ваш техник URL: <https://vashtehnik.ru/enciklopediya/ploskij-kondensator.html> (дата обращения: 02.12.2020).
6. Электродинамика. Электрическое поле. // Физикон URL: <https://physics.ru/> (дата обращения: 02.12.2020).
7. Электрическая ёмкость. Конденсатор. // Российская электронная школа. URL: <https://resh.edu.ru/> (дата обращения: 05.12.2020).
8. Диэлектрическая постоянная // Physical Bog URL: <http://www.bog5.in.ua/index.php> (дата обращения: 12.12.2020).
9. Физика // All calc URL: <https://allcalc.ru/taxonomy/term/4> (дата обращения: 12.12.2020).
10. Энергия заряженного конденсатора // Вся Физика URL: <https://sfiz.ru/> (дата обращения: 09.12.2020).