

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. С. Глазырин, Д. Ю. Ляпунов, И. В. Слащёв, С. В. Ляпушкин

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебное пособие. Часть 1

Под общей редакцией
кандидата технических наук А. С. Глазырина

Издательство Томского политехнического университета
Томск 2007

УДК 681.3.06

Глазырин А. С., Ляпунов Д. Ю., Слащёв И. В., Ляпушкин С. В.
Методы и средства автоматизации профессиональной деятельности.
Ч. 1: Учебное пособие / Под общ. ред. А. С. Глазырина. – Томск:
Изд. ТПУ, 2007. – 200 с.

В учебном пособии содержится описание программных средств, позволяющих решать технические задачи, распространённые в электротехнике, электромеханике, электроэнергетике. Каждый раздел включает в себя необходимый теоретический материал, примеры решения типовых задач с применением прикладных программных средств и варианты самостоятельных заданий. Предлагаемые практические работы, проводящиеся в специально оборудованных компьютерных классах, позволяют получить навыки, необходимые в дальнейшей профессиональной деятельности. В первую часть учебного пособия включены программы «Electronics Workbench», «Mathcad», «Microsoft Office Excel», «Elcut».

УДК 681.3.06

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУРа
В. А. Бейнарович

Кандидат технических наук, доцент,
директор фирмы «Эрмис+»
А. Р. Свендровский

© Томский политехнический университет, 2007

© Оформление. Издательство ТПУ, 2007

© Глазырин А. С., Ляпунов Д. Ю., Слащёв И. В., Ляпушкин С. В., 2007

Содержание

	Стр.
РАЗДЕЛ 1. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ В ПРОГРАММЕ «ELECTRONICS WORKBENCH».....	6
Глава 1. Интерфейс программы «Electronics Workbench»....	6
Глава 2. Исследование ВАХ полупроводниковых приборов.	17
Глава 3. Схемы на транзисторах.....	21
Глава 4. Решение типовых электротехнических задач в программе «Electronics Workbench».....	32
Глава 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. «Моделирование типовых электронных схем в программе «Electronics Workbench».....	42
РАЗДЕЛ 2. «ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ «MATHCAD» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ».....	48
Глава 1. Интерфейс программы «MathCAD».....	48
Глава 2. Простейшие электротехнические расчёты.....	50
Глава 3. Символьные вычисления с использованием встроенных операторов пакета MathCAD.....	51
Глава 4. Операции с матрицами.....	58
Глава 5. Задачи оптимизации.....	59
Глава 6. Системы линейных алгебраических уравнений.....	64
Глава 7. Графическое и численное решение системы нелинейных уравнений.....	68
Глава 8. Прямое преобразование Лапласа и операторные передаточные функции.....	74
Глава 9. Обратное преобразование Лапласа и переходные функции.....	77
Глава 10. Построение и анализ частотных характеристик в MathCAD.....	82
Глава 11. Разложение в ряд Фурье и анализ сигналов в MathCAD.....	89
Глава 12. Численное решение дифференциальных уравнений в MathCAD.....	97
Глава 13. Интерполяция и регрессия экспериментальных	

	данных в MathCAD.....	100
Глава 14.	Загрузка экспериментальных данных из внешнего файла в MathCAD.....	103
Глава 15.	ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. Применение программы «MathCAD» для решения численных и аналитических задач.....	105
РАЗДЕЛ 3.	РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОГРАММЕ «MICROSOFT OFFICE EXCEL».....	133
Глава 1.	Интерфейс программы «Excel».....	133
Глава 2.	Графическое решение СИСТЕМ уравнений.....	134
Глава 3.	Расчёт линейных цепей постоянного и переменного тока.....	142
Глава 4.	Построение частотных характеристик электротехнических устройств в программе Excel.....	157
Глава 5.	Анализ динамики электротехнических устройств в программе Excel.....	160
Глава 6.	Построение характеристик в программе Excel, загружаемых из внешних файлов.....	169
Глава 7.	ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. «Решение типовых электротехнических задач в программе Excel».....	175
РАЗДЕЛ 4.	РЕШЕНИЕ ДВУХМЕРНЫХ ПОЛЕВЫХ ЗАДАЧ В ПРОГРАММЕ «ELCUT».....	180
Глава 1.	Использованию пакета Elcut для выполнения расчётов электрических полей.....	180
Глава 2.	ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. «Расчёт электрических полей электротехнических устройств при помощи программы «Elcut-4.2».....	193
	Библиографический список	196

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии содержится описание программных средств, позволяющих решать технические задачи, распространённые в электротехнике, электромеханике, электроэнергетике. Предлагаемые практические работы, проводящиеся в специально оборудованных компьютерных классах, позволяют получить навыки, необходимые в дальнейшей профессиональной деятельности. Каждая работа включает в себя необходимый теоретический материал, примеры решения типовых задач с применением прикладных программных средств и варианты самостоятельных заданий. В первую часть учебного пособия включены программы «Electronics Workbench», «Mathcad», «Microsoft Office Excel» и «Elcut».

Дисциплина «Методы и средства автоматизации профессиональной деятельности» предназначена для подготовки бакалавров по образовательной программе «Электротехника» (Electrical Engineering), интегрирующая направления 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и 140200 "Электроника". Изучение курса «Методы и средства автоматизации профессиональной деятельности» включает в себя проведение семи практических работ с применением распространённых программных средств «Electronics Workbench», «Microsoft Office Excel», «Mathcad», «T-Flex CAD», «MATLAB/Simulink», «P-CAD», «ELCUT». Общей целью работ является изучение интерфейса и пользовательских настроек применяемых программных средств и получение практических навыков решения типовых инженерных задач. Наряду с аудиторными занятиями изучение курса предусматривает самостоятельную работу по решению типовых инженерных задач с применением вышеупомянутых программных средств. К каждому заданию для самостоятельной работы предлагается десять вариантов исходных данных. Вариант определяется по последней цифре номера зачётной книжки студента.

По выполнении цикла практических работ, представленных в данном пособии, студент получает необходимую теоретическую и практическую подготовку, необходимую для успешного применения современных прикладных программных средств автоматизации инженерной деятельности.

РАЗДЕЛ 4 РЕШЕНИЕ ДВУХМЕРНЫХ ПОЛЕВЫХ ЗАДАЧ В ПРОГРАММЕ «ELCUT»

ГЛАВА 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПАКЕТА ELCUT ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЁТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Программа ELCUT позволяет производить решение двухмерных полевых задач методом конечных элементов.

В качестве примера, достаточно наглядного и простого для усвоения студентами, рассмотрим расчёт электрического поля электротехнического устройства.

Пусть необходимо средствами программы ELCUT рассчитать электростатические характеристики конденсатора с параллельными обкладками (рис. 4.1).

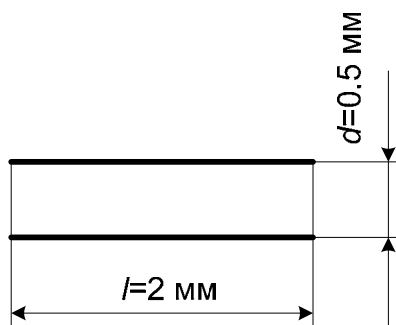


Рис. 4.1

Разность потенциалов между обкладками 200 В.

§1. Этапы решения задачи

Запускаем программу ELCUT. В меню «Файл» выбираем пункт «Создать». В появившемся окне «Создание нового документа» выбрать пункт «Задача ELCUT» и нажать кнопку «ОК» (рис. 4.2).

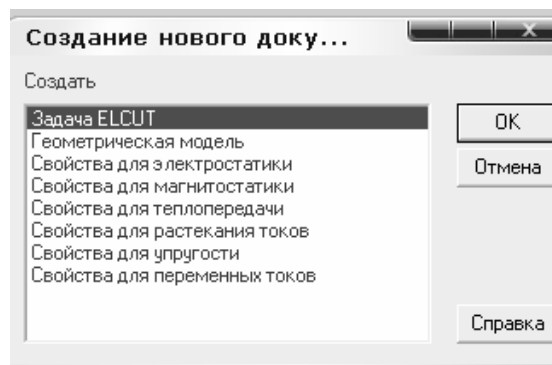


Рис. 4.2

В окне «Создание задачи» ввести имя файла задачи в соответствующей строке (рис. 4.3).

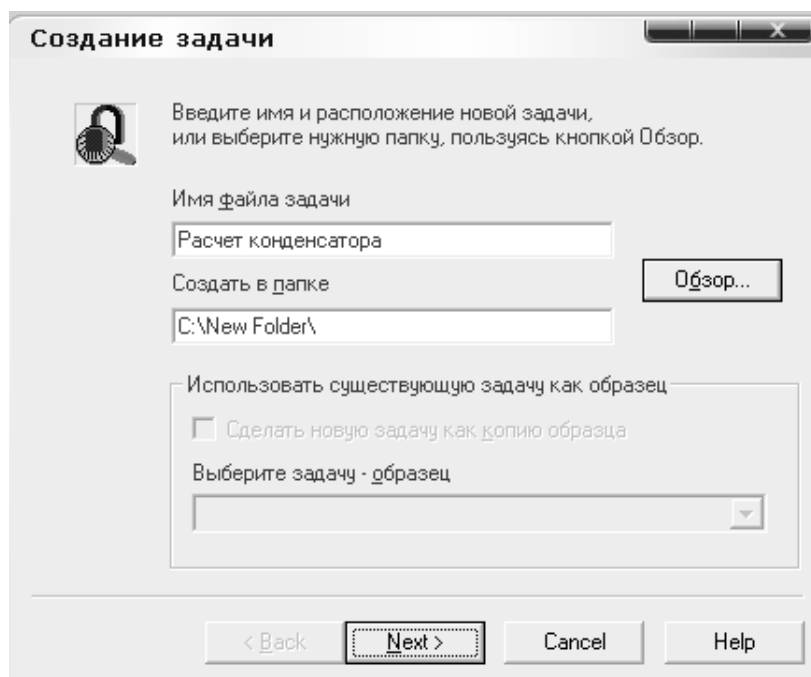


Рис. 4.3

Нажать кнопку «Далее». В следующем окне выбрать тип задачи «Электростатика», класс модели «плоская» и параметр расчета «обычный» (рис. 4.4).

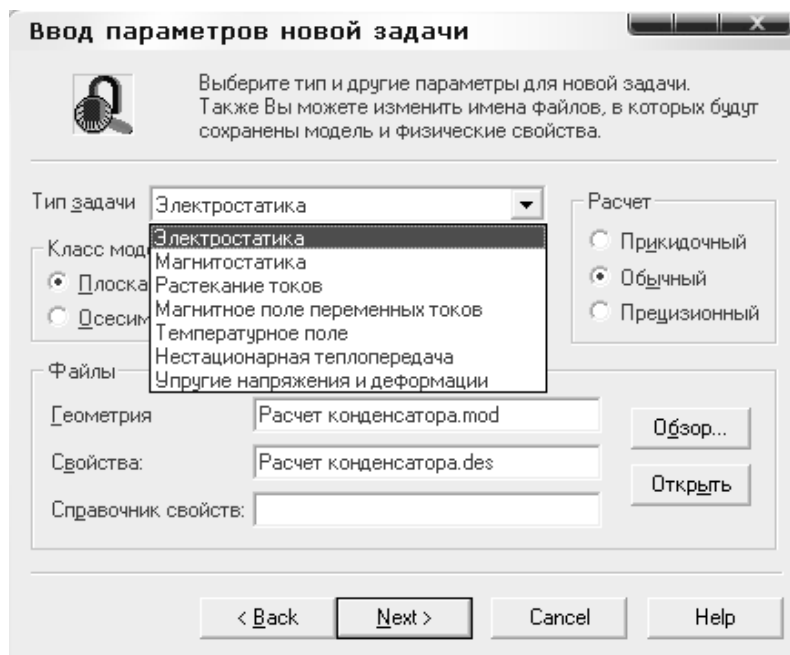


Рис. 4.4

Нажать кнопку «Далее». В следующем окне выбрать единицы длины «миллиметры», систему координат «декартовы координаты» (рис. 4.5).

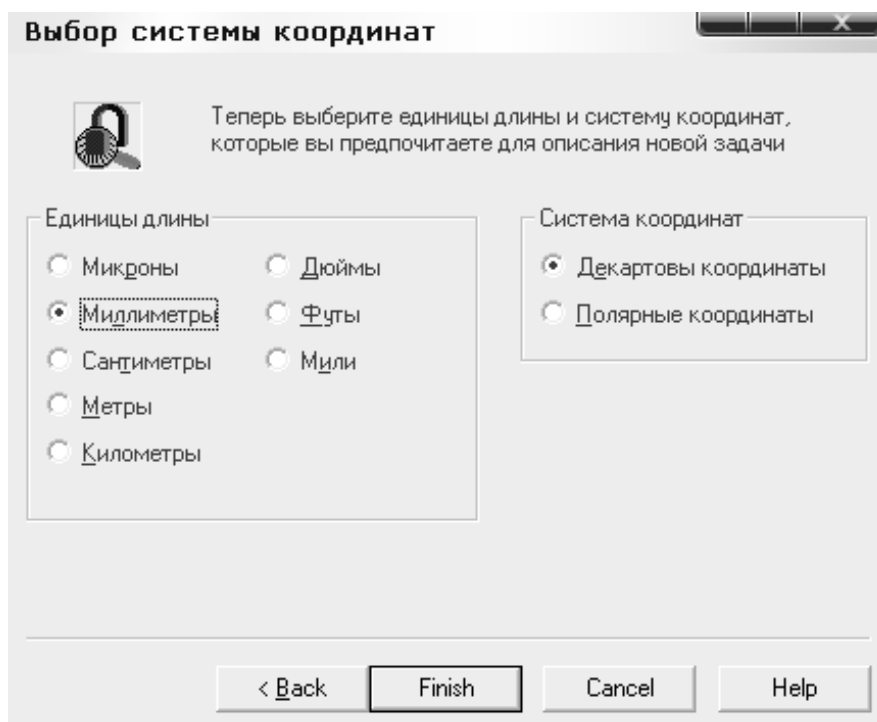


Рис. 4.5

Нажать кнопку «Готово». Интерфейс программы будет выглядеть следующим образом (рис. 4.6).

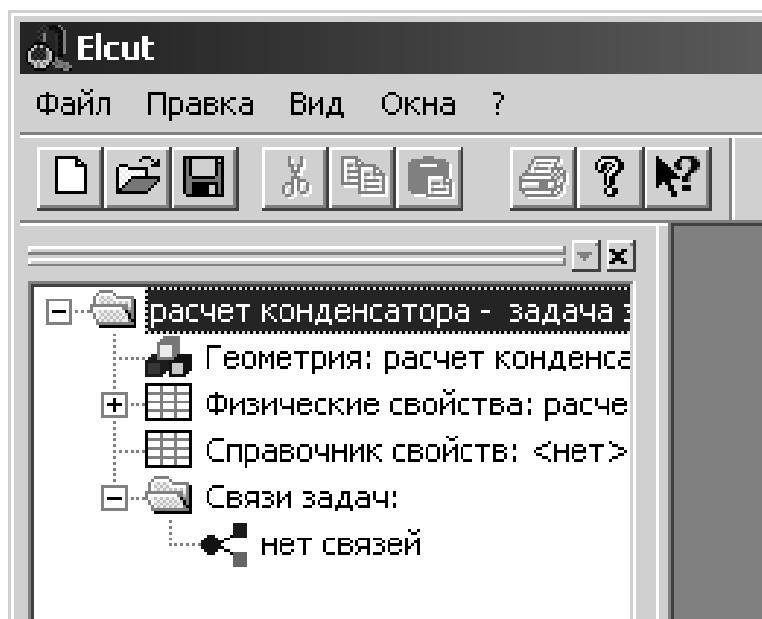


Рис. 4.6

Раскрыть при помощи левой кнопки мыши все пункты списка в левом окне (рис. 4.7).

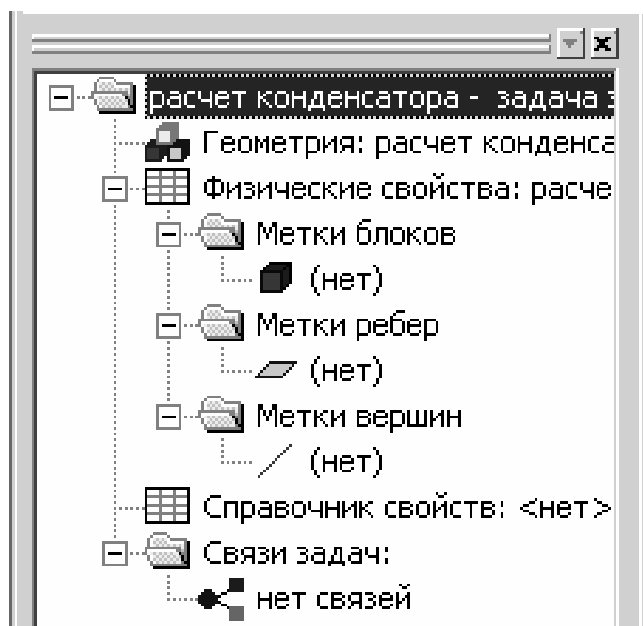


Рис. 4.7

Произвести двойной щелчок на пункте «Геометрия: расчет конденсатора.mod». При этом появится консоль с предложением (рис. 4.8).

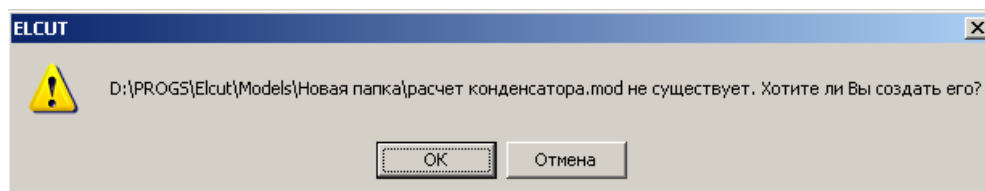


Рис. 4.8

Нажать на кнопку «ОК».

В правой части окна появится файл геометрии, который рекомендуется сохранить с расширением .mod в той же папке, где создана задача.

Приступить к рисованию плоской модели конденсатора. Для этого достаточно изобразить 2 обкладки без выводов. На панели модели нажать кнопку «Вставить вершины/ребра» (рис. 4.9).



Рис. 4.9

Протягивая при помощи левой кнопки мыши линию, изобразить две обкладки конденсатора. Геометрические размеры легко определить, зная текущие координаты курсора, которые указываются в нижней части файла модели. Для изменения масштаба надо использовать кнопки «увеличить» или «уменьшить» на панели модели.

Внешней оболочкой или экраном необходимо охватить всю конструкцию устройства. Данное условие связано с методом расчета, который применяется в данной программе. Это – метод конечных элементов, который требует наличия области, в которой локализовано электрическое поле (рис. 4.10).

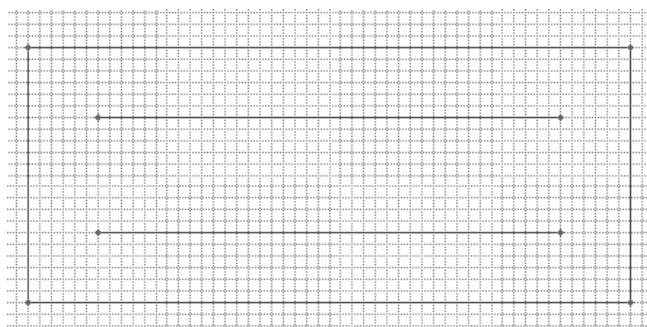


Рис. 4.10

После создания геометрии необходимо ввести свойства всех ребер, блоков и, если это необходимо, вершин.

Для создания метки блока необходимо нажать на панели модели кнопку «Выделение объектов». После этого сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши внутри области расчета (рис. 4.11).

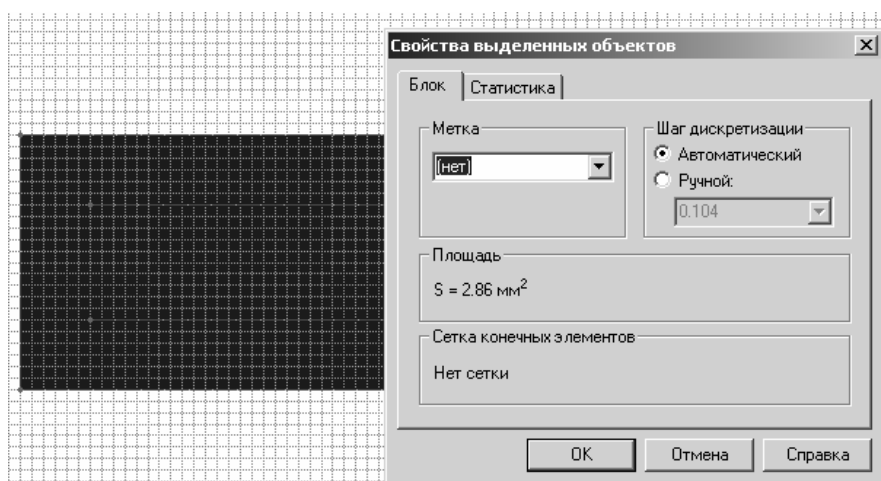


Рис. 4.11

В разделе «Метка» написать «воздух» (рис. 4.12).

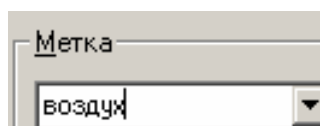


Рис. 4.12

При этом в правой части окна программы появится метка «воздух» в разделе «Метки блоков» (рис. 4.13).

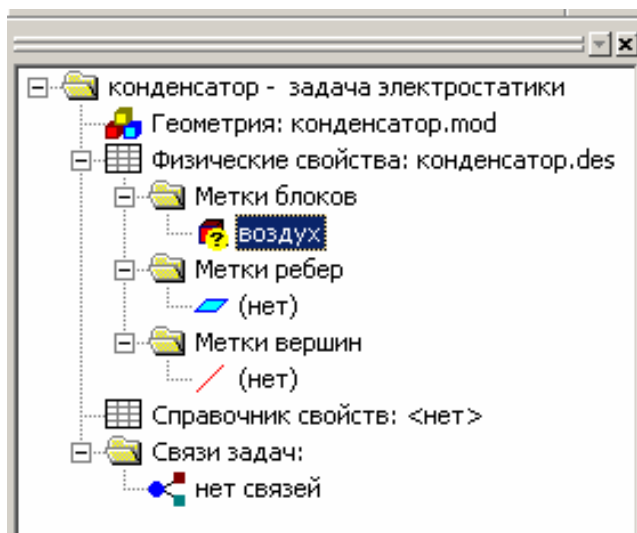


Рис. 4.13

Делаем двойной щелчок левой кнопки мыши по метке «воздух» в браузере и вводим параметр «относительная диэлектрическая проницаемость», равный 1. Диэлектрик изотропный, т.е. его свойства не зависят от координаты (рис. 4.14).

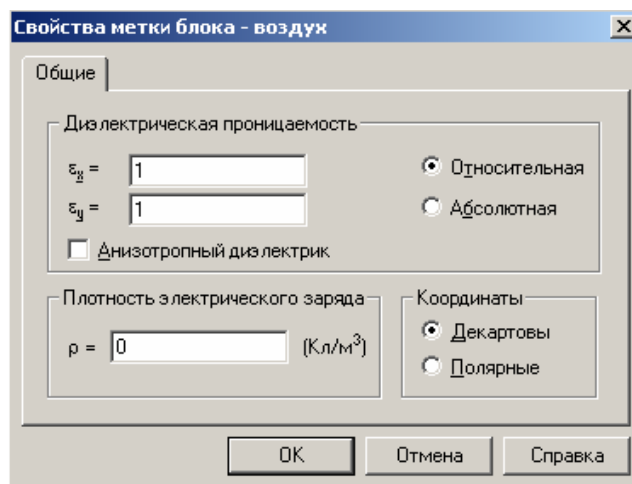


Рис. 4.14

Как видно, рассматриваемая геометрия системы состоит из 6 ребер. Для корректного расчета полей необходимо обозначить все блоки и ребра. Для связи меток ребер и блоков с файлом геометрии, на каждом элементе конденсатора произвести щелчок правой кнопкой мыши и выбрать пункт «свойства», либо двойной щелчок левой кнопкой мыши (рис. 4.15).

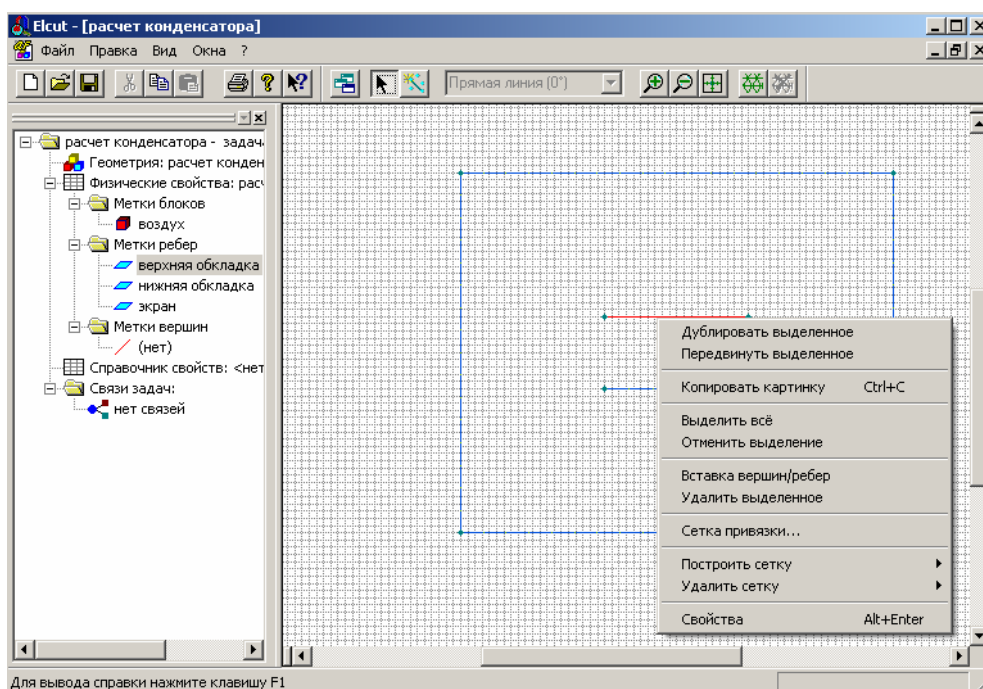


Рис. 4.15

В разделе «Метка» выставить необходимую метку блока, ребра или вершины. Выпадающее меню, необходимое для настройки свойств выделенных объектов выглядит следующим образом (рис. 4.16).

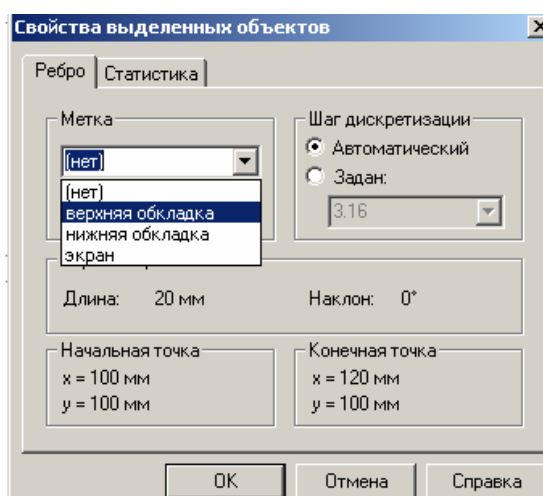


Рис. 4.16

Свойства остальных объектов настраиваются аналогично.

Для построения сетки в области расчета необходимо нажать на предпоследнюю кнопку панели инструментов (рис. 4.17).

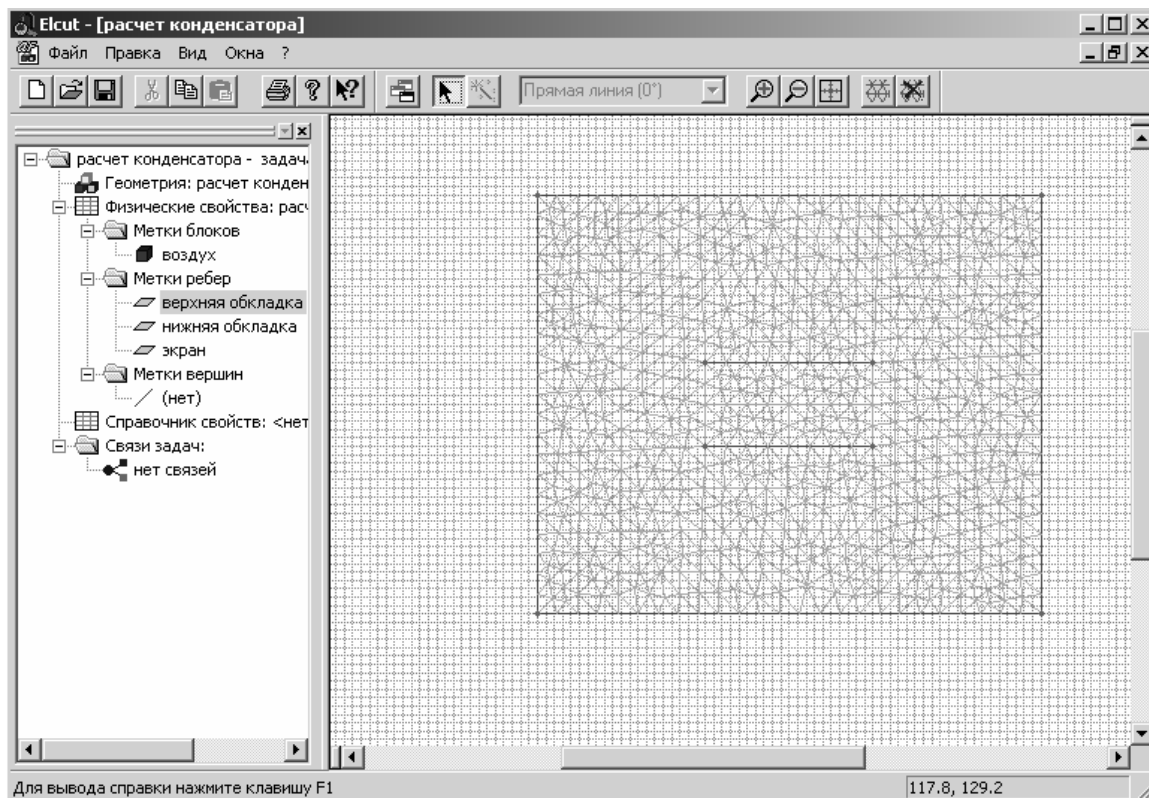


Рис. 4.17

Далее можно приступить к расчету, для этого в меню правка выбрать «Решить задачу» (рис. 4.18).

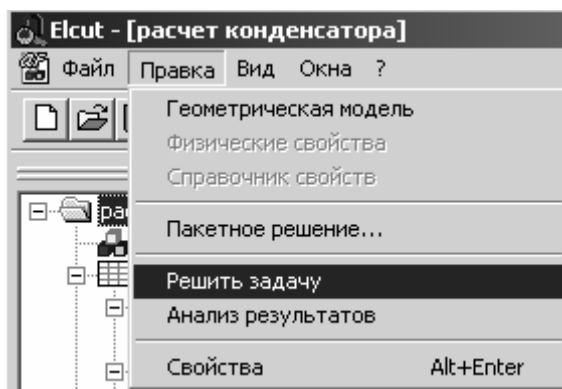


Рис. 4.18

Далее приведём результаты моделирования. Изолинии потенциала представлены на рис. 4.19.

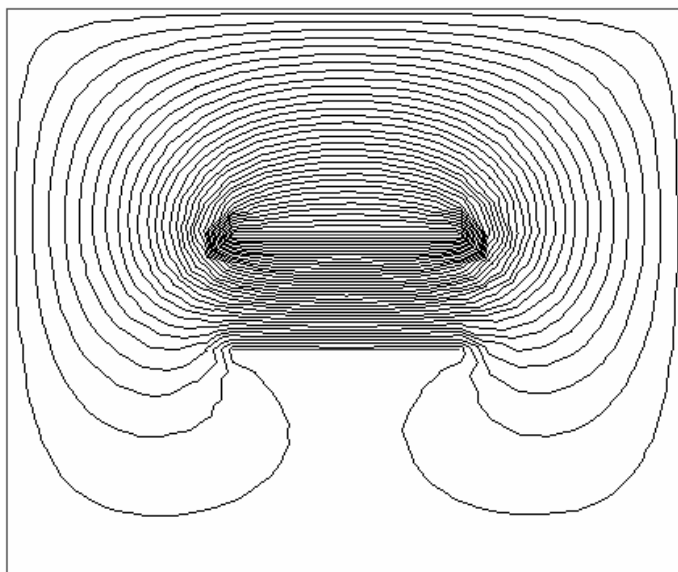


Рис. 4.19

Векторное поле напряженности электрического поля представлено на рис. 4.20.

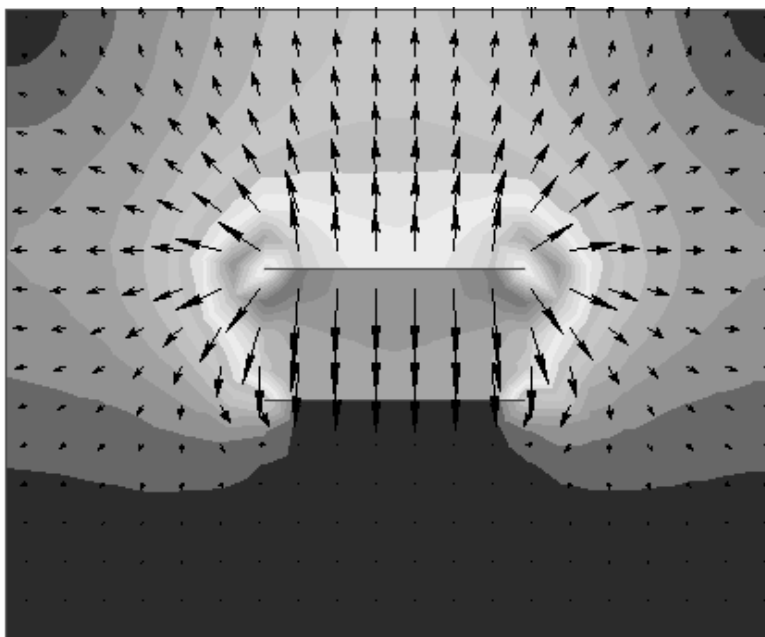


Рис. 4.20

Векторное поле электрического смещения представлено на рис. 4.21.

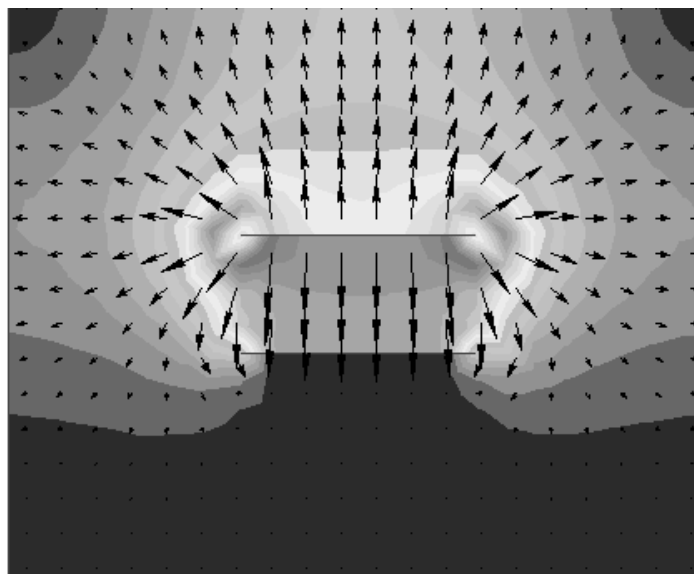


Рис. 4.21

Векторное поле плотности энергии представлено на рис. 4.22.

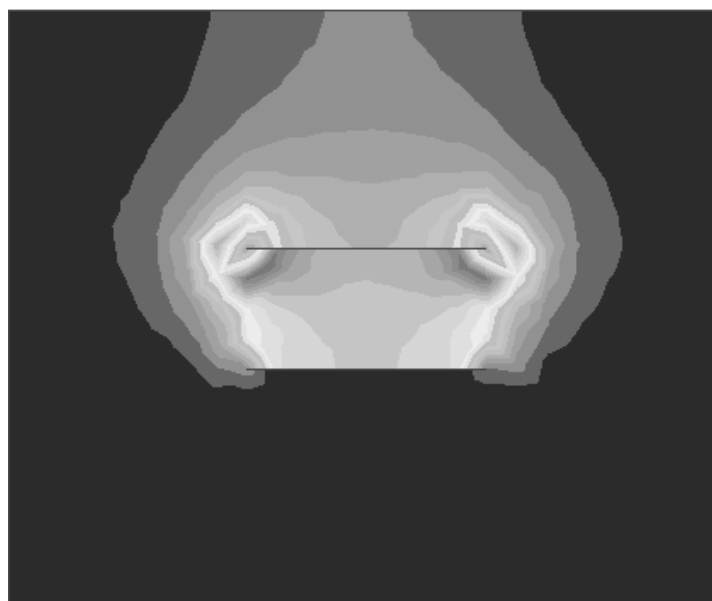


Рис. 4.22

Для построения картины полей необходимо произвести щелчок правой кнопкой мыши на полученном рисунке и выбрать необходимую физическую величину, распределение которой требуется получить (рис. 4.23).

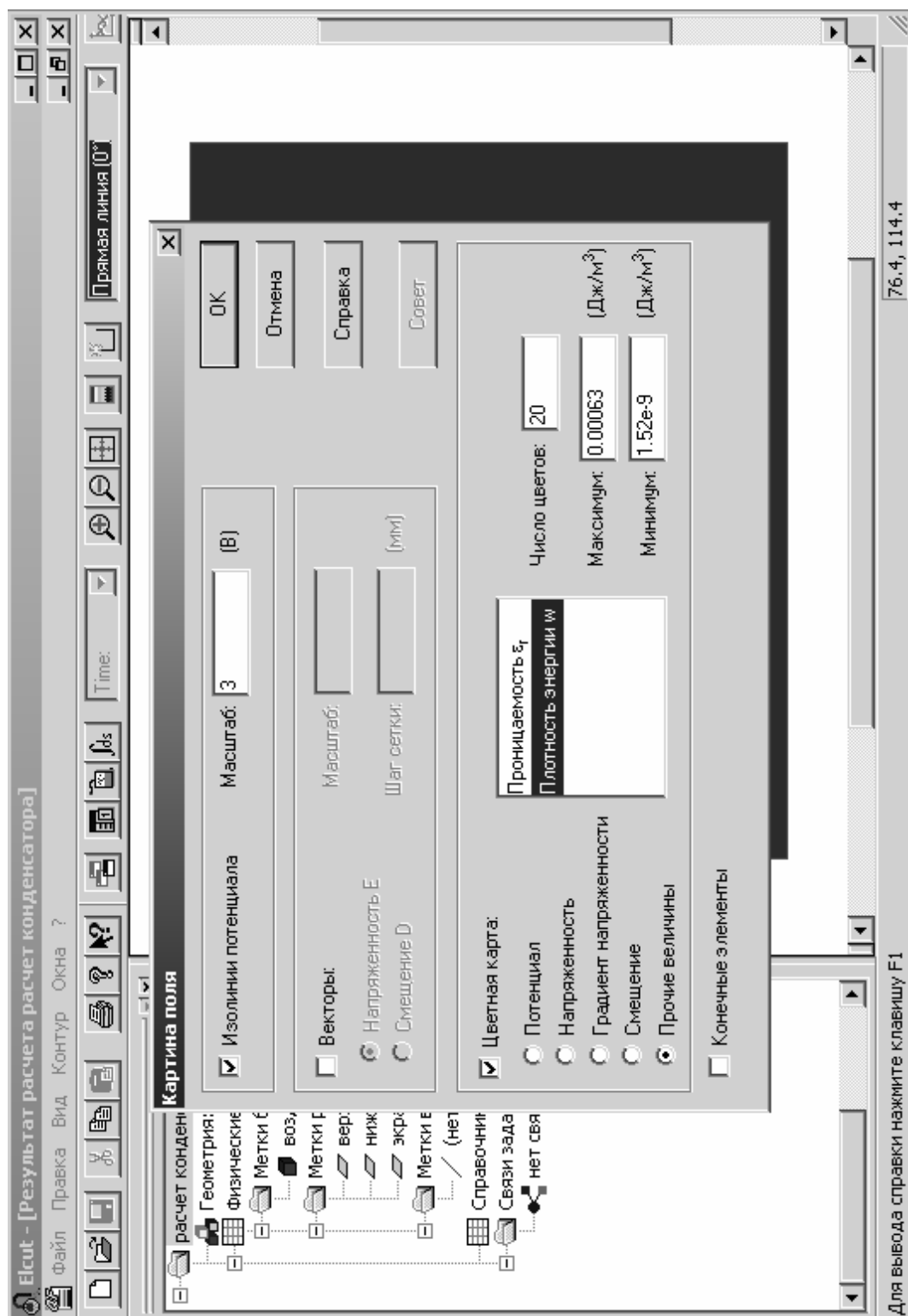


Рис. 4.23

Используя инструмент «локальные значения», можно получить информацию о значениях физических величин в любой точке (рис. 4.24).

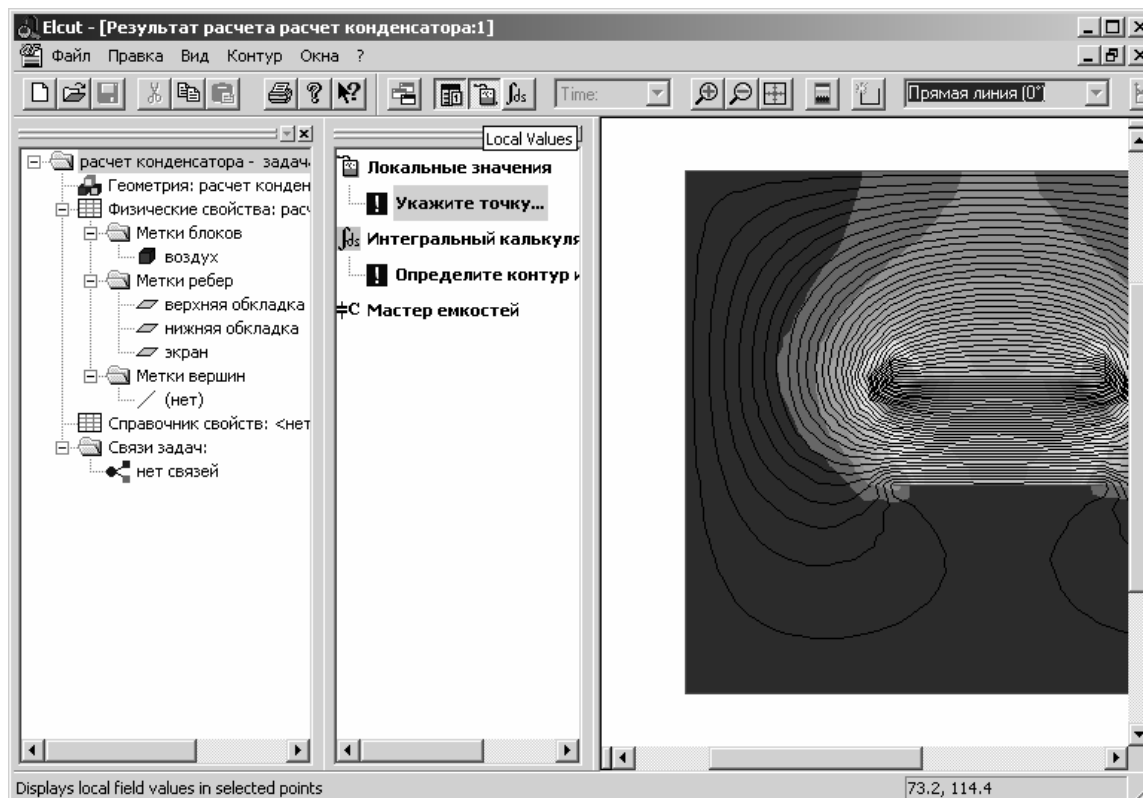


Рис. 4.24

При анализе результатов моделирования можно сравнить такие параметры электрического поля исследуемого электротехнического устройства как напряжённость, электрическое смещение, плотность энергии и другие (рис. 4.25).

На основании моделирования электрических полей можно делать выводы и рекомендации по конструктивной оптимизации электротехнических устройств.

Рекомендуем самостоятельно ознакомиться с расчётом двумерных магнитных полей по методике, подобной рассмотренной выше.

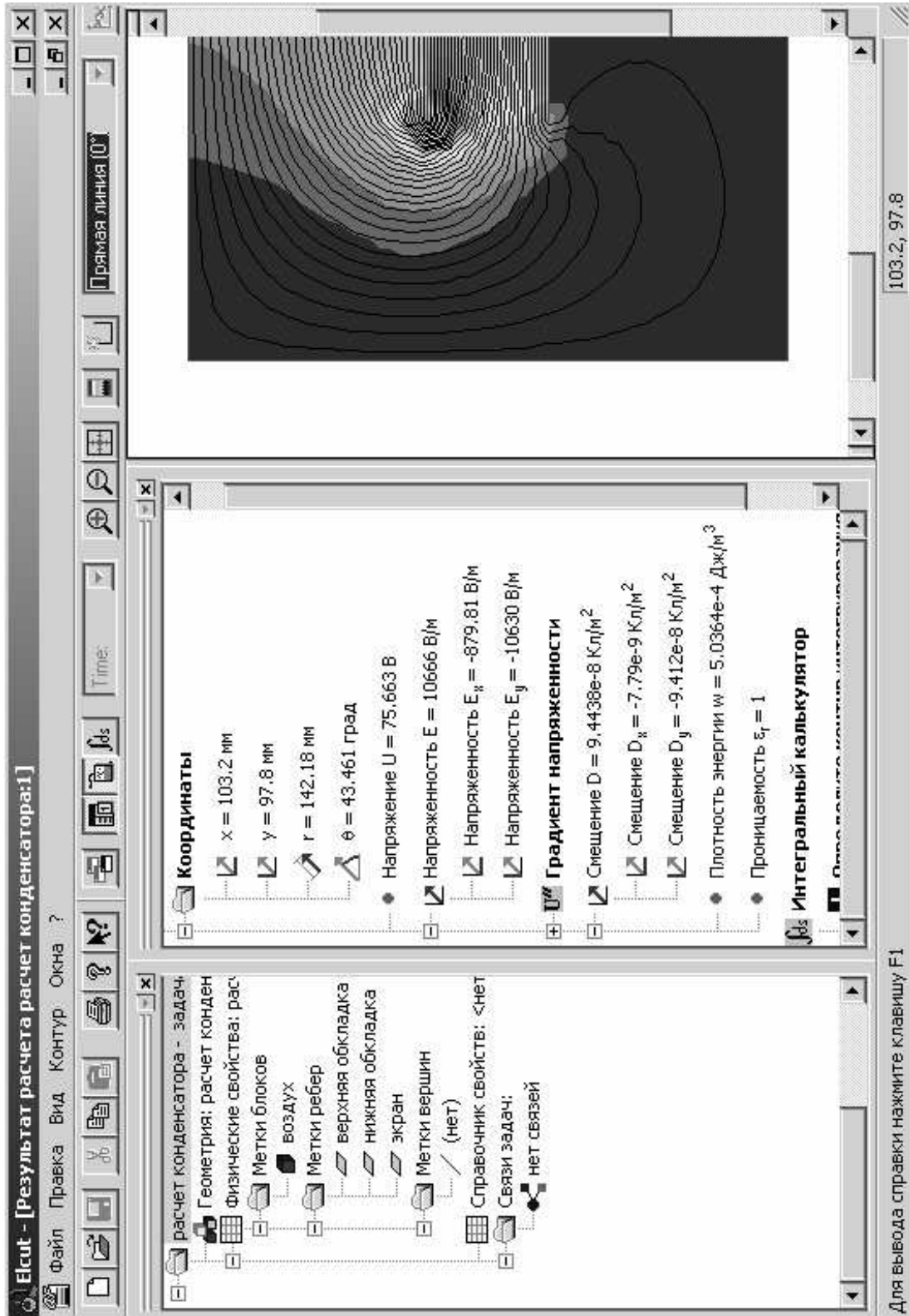


Рис. 4.25

ГЛАВА 2.
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА.
«РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ «ELCUT-4.2»»

Цель работы – получение знаний и практических навыков по использованию пакета ELCUT для выполнения расчётов электрических полей с применением метода конечных элементов.

Работа выполняется каждым студентом самостоятельно. Номер варианта определяется по последней цифре номера зачётной книжки студента.

В данной работе необходимо выполнить нижеследующие пункты заданий:

1. Построить геометрическую модель устройства в программе ELCUT.
2. Ввести физические свойства каждого элемента конструкции устройства.
3. Получить картины распределения полей и другие характеристики.

Конструкции электротехнических устройств, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

№ варианта	Конструкция устройства	Краткое описание
1		<p>Два несоосно расположенных проводящих цилиндра различного диаметра. Потенциал внутреннего цилиндра 100 В, внешнего – 0. Материал диэлектрика, заполняющего пространство между цилиндрами – полипропилен (относительная диэлектрическая проницаемость 2,2)</p>

Таблица 4.1. Продолжение

№ варианта	Конструкция устройства	Краткое описание
2		<p>Два проводящих цилиндра различного диаметра. Потенциал левого цилиндра 100 В, правого – -100 В. Материал диэлектрика – воздух (относительная диэлектрическая проницаемость 1)</p>
3		<p>Конденсатор с параллельными обкладками. Поле внутри такого конденсатора однородно благодаря обкладкам специальной формы (скругления у краев). На верхнюю обкладку подан потенциал 100 В, на нижнюю – -100 В.</p>
4		<p>Два соосно расположенных проводника, один из которых имеет прямоугольное сечение (внутренний). Он находится под потенциалом 200 В. Второй проводник используется в качестве экрана. Материал диэлектрика, заполняющего пространство между проводниками – фторопласт-4 (ПТФЭ), относительная диэлектрическая проницаемость 2,1</p>

Таблица 4.1. Продолжение

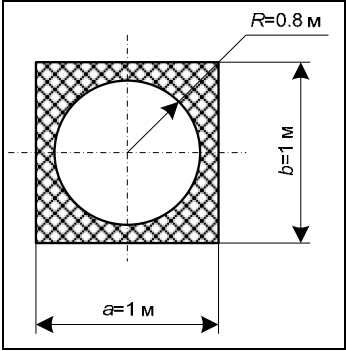
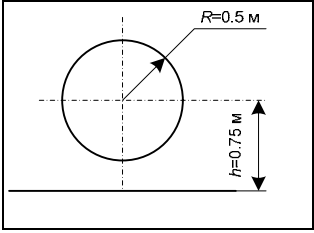
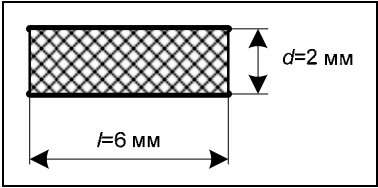
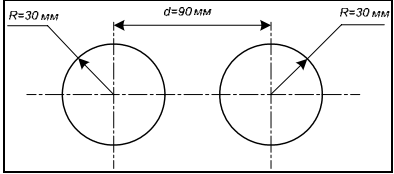
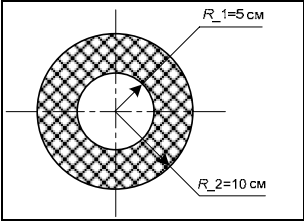
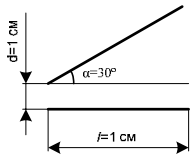
5		<p>Цилиндрический проводник (потенциал 100 В) покрыт изоляцией из полиэтилентерфталата (ПЭТФ) (относительная диэлектрическая проницаемость 3,1) и экранирован металлической оплеткой (квадратное сечение).</p>
6		<p>Система – цилиндрический проводник – плоская обкладка в воздушной среде. Проводник имеет потенциал 100 В, обкладка – 0.</p>
7		<p>Классический плоский конденсатор с материалом на основе титаната бария в качестве диэлектрика (относительная диэлектрическая проницаемость 600). Потенциал верхней обкладки 100 В, нижней – -100 В.</p>
8		<p>Два цилиндрических проводника, находящихся под потенциалами 100В (левый) и -100 В (правый) в воздушной среде.</p>
9		<p>Два соосно расположенных проводящих цилиндра различного диаметра. Потенциал внутреннего цилиндра 100 В, внешнего – 0. Материал диэлектрика, заполняющего пространство между цилиндрами – стекловолокно (относительная диэлектрическая проницаемость 10)</p>

Таблица 4.1. Продолжение

10		<p>Конденсатор, обкладки которого не параллельны. В качестве диэлектрика используется поликарбонат (относительная диэлектрическая проницаемость 2,6). $\alpha=30^\circ$</p>
----	---	--

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Конструктивный эскиз исследуемого устройства.
3. Описание методики построения полевой модели исследуемого устройства в свободной и лаконичной форме.
4. Картины напряжённости, плотности энергии и электрического смещения и другие картины поля (по указанию преподавателя).
5. Характеристики поля в трёх различных точках (по указанию преподавателя).
6. Выводы.

Библиографический список

1. Турчак Л. И. Основы численных методов: Учеб. пособие.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987,—320 с.
2. Инженерные расчеты на ЭВМ: Справочное пособие/Под ред. В. А. Троицкого. —Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. —288 с, ил.
3. Н. Н. Калиткин. Численные методы. .— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978,—512 с.
4. Р. С. Гутер, Б. В. Овчинский. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта: Учеб. пособие.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970,—432 с.
5. Мудров А. Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль. – Томск: МП «Раско», 1991. – 272 с.: ил.
6. Кравцов А.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А., Баженов Д.А., Коваль П.И. Информатика и вычислительная математика. Учебное пособие для студентов химических специальностей технических вузов. - Томск: Изд-во ТПУ, 2003 - 245 с.
7. Ракитин В.И., Первушин В.Е. Практическое руководство по методам вычислений с приложением программ для персональных компьютеров: Учеб. пособие. -М.: Высш. шк., 1998. - 383 с: ил.
8. Мальцева О. П., Кояин Н. В, Удут Л. С. Численные методы в электротехнике: Компьютерный лабораторный практикум. - Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 100 с.
9. Плис А.И., Сливина Н.А. Mathcad. Математический практикум для инженеров и экономистов: Учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Финансы и статистика, 2003. -656 с: ил.
10. Ивановский Р.И. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем MathCAD Pro: Учеб. пособие / Р.И. Ивановский. — М.: Высш. шк.,2003. — 431 с: ил.
11. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD в математике, физике и в Internet.- М.: Нолидж, 1998.-382 с.
12. Петрович В.П. Физические основы электроники: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 150 с.
13. Панфилов Д. И., Чепурин И. Н., Миронов В. Н., Обухов С. Г., Шитов В. А., Иванов В. С. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench: В 2 т. / Под общей ред. Д. И. Панфилова – Т. 2: Электроника. – М.: Додэка, 2000. – 288 с.

14. Пантелеев А. В., Якимова А. С., Босов А. В. Обыкновенные дифференциальные уравнения в примерах и задачах: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2001. – 376 с.: ил.
15. Поршнев С. В., Бленкова И. В. Численные методы на базе MathCAD. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 464 с.: ил.
16. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2001. – 317 с.: ил.

**Александр Савельевич Глазырин
Данил Юрьевич Ляпунов
Игорь Владимирович Слащёв
Сергей Викторович Ляпушкин**

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебное пособие. Часть 1

Под общей редакцией
кандидата технических наук А. С. Глазырина

Научный редактор
кандидат технических наук Ю. Н. Дементьев

Редактор Р.Д. Игнатова

Подписано к печати

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать RISO. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .

Тираж 250 экз. Заказ . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30.