

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ-УПИ

РЕШЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ
ПРОГРАММЫ ELCUT 4.2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по дисциплине “Математическое моделирование
электротехнологических установок”
для студентов всех форм обучения специальности 180500
«Электротехнологические установки и системы»*

Екатеринбург

2002

УДК 681.3

Составитель: И.В.Черных

РЕШЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ ELCUT 4.2

Методические указания по дисциплине “Математическое моделирование электротехнологических установок”/ И.В.Черных. Екатеринбург: Изд-во УГТУ - УПИ, 2002. 23 с.

В методических указаниях приведено описание пакета **ELCUT 4.2** (версия 4.2). Дано описание общего подхода при решении полевой задачи, пошаговая инструкция для создания расчетной модели (на примере магнитостатической задачи), а также рекомендации по обработке полученных результатов.

Предназначены для студентов всех форм обучения специальности 180500 «Электротехнологические установки и системы».

Подготовлено кафедрой «Электротехника и электротехнологические системы».

© Уральский государственный
технический университет - УПИ, 2002

Введение

ELCUT - это мощный современный комплекс программ для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов.

ELCUT позволяет решать двумерные плоские и осесимметричные задачи следующих типов:

- Электростатика.
- Линейная и нелинейная магнитостатика.
- Магнитное поле переменных токов (квазистатическая задача для фиксированной частоты источника поля).
- Линейная и нелинейная теплопроводность (статическая задача).
- Линейный анализ напряженно - состояния (статическая задача).
- Связанные (мультидисциплинарные статические) задачи.

В комплексе использован принцип визуального программирования, в соответствии с которым пользователю не требуется записывать системы уравнений и программировать методы их решения, а достаточно лишь создать в графическом редакторе геометрическую модель рассчитываемого устройства, а также задать свойства и параметры решаемой задачи. В результате в десятки раз сокращаются временные затраты на решение полевых задач, а получаемые результаты являются достаточно точными и весьма наглядными.

1. Обобщенная методика решения полевой задачи

Решение полевой задачи сводится к нескольким последовательным шагам:

1. Выбор типа решаемой задачи (электростатика, магнитостатика и т.п.).
2. Выбор класса задачи (плоская или осесимметричная). Осесимметричная задача выбирается, если моделируемый объект является телом вращения (цилиндрическая заготовка, труба, соленоид и т.п.). При этом, решая задачу в двумерной постановке, решение фактически находится для трехмерной задачи.
3. Создание геометрической модели (своего рода чертежа объекта).
4. Задание свойств материалов (электропроводность, магнитная проницаемость, теплопроводность и т.д.).
5. Задание нагрузок (величины токов, мощности тепловыделения и т.д.).
6. Задание граничных условий (величины потенциалов поля на границах расчетной области, значения температур на границах и т.д.).
7. Построение сетки конечных элементов.
8. Решение задачи.
9. Обработка результатов решения (построение цветовых карт, графиков изменения переменной по какому-либо контуру, расчет интегральных значений и т.п.)

Перечисленные шаги являются общими для решения полевых задач и мало отличаются при использовании разных программных средств.

2. Главное окно программы

Главное окно программы на этапе создания модели представлено на рис. 1. Окно содержит заголовок с названием программы и именем файла модели, меню со списком команд для управления работой программы, панель инструментов (кнопки соответствующие наиболее часто используемым командам меню). Ниже панели инструментов расположены два окна. В левом окне отображается структура задачи, а в правом - геометрия решаемой задачи (после

решения задачи в правом окне выводятся результаты расчета). В нижней части основного окна находится строка состояния, в которой отображаются сообщения программы.

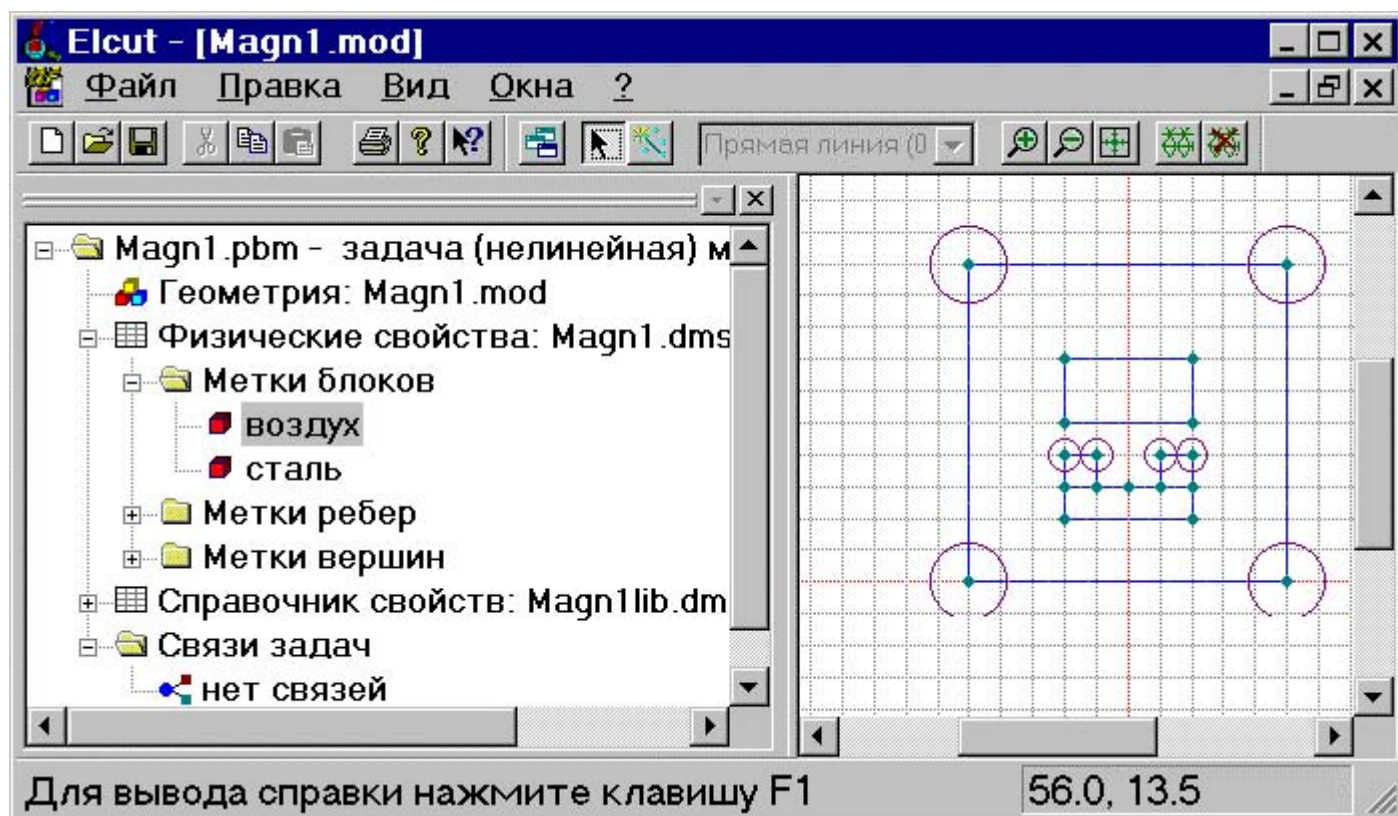


Рис. 2.1. Окно программы ELCUT на этапе создания модели

3. Основные этапы решения полевой задачи в ELCUT

Основные этапы для решения полевой задачи:

1. Создание новой, пустой задачи (**Файл/Создать/Задача ELCUT**).
2. Ввод параметров задачи (**Правка/Свойства**).
3. Задание геометрии, меток объектов и построение сетки (**Правка/Геометрическая модель**).
4. Ввод данных о материалах, нагрузках и граничных условиях (**Правка/Физические свойства**).
5. Решение задачи (**Правка/Решить задачу**).
6. Просмотр результатов и вычисление интегральных величин (**Правка/Анализ результатов**).

4. Пошаговая инструкция по решению полевой задачи в ELCUT (на примере магнито-статической задачи)

Геометрическая модель рассматриваемой задачи (постоянный магнит) приведена на рис. 4.1. Все размеры указаны в миллиметрах.

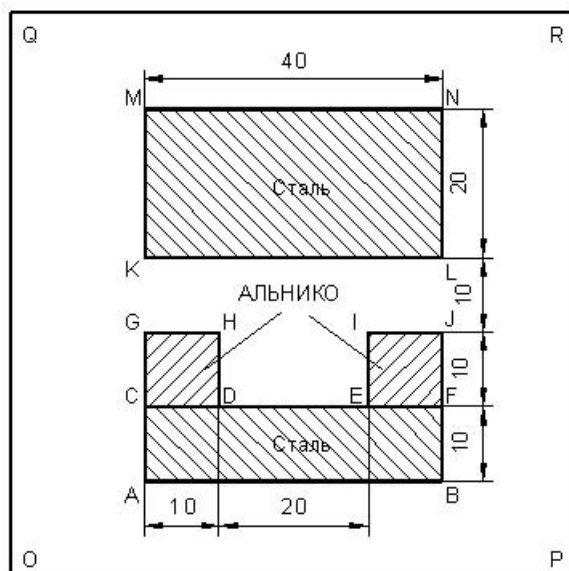


Рис. 4.1. Расчетная задача

4.1. Создание новой задачи

1. Выберите команду **Создать** из меню файл. Появится окно для выбора типа документа **ELCUT**, который необходимо создать (см. рис. 4.2).

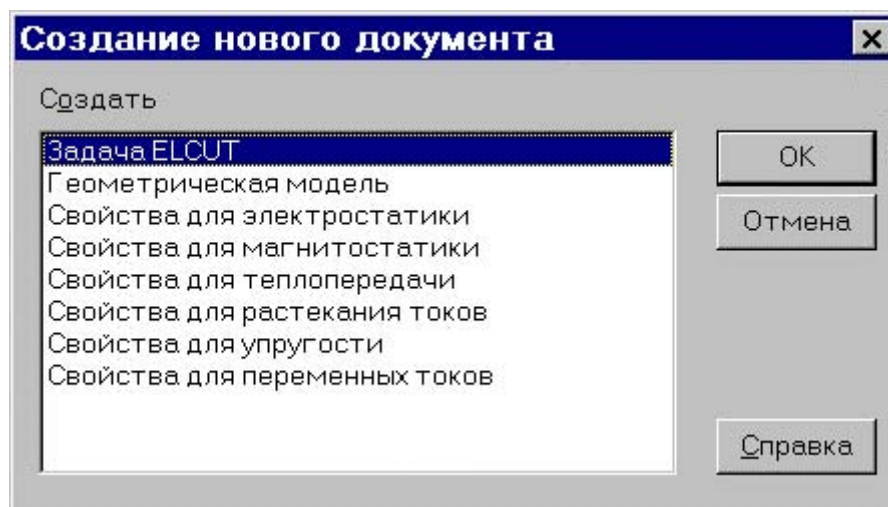


Рис. 4.2. Окно выбора типа документа **ELCUT**

2. Щелкните мышью строку задача **ELCUT** и затем нажмите **ОК**. Появится новое окно, приглашающее ввести имя и расположение новой задачи (см. рис. 4.3). При необходимости перейдите в нужную папку в поле **Создать** в папке или используйте кнопку **Обзор...**
3. В поле **Имя файла** задачи введите имя файла (например, **Magnet**).
4. Нажмите **Далее**.

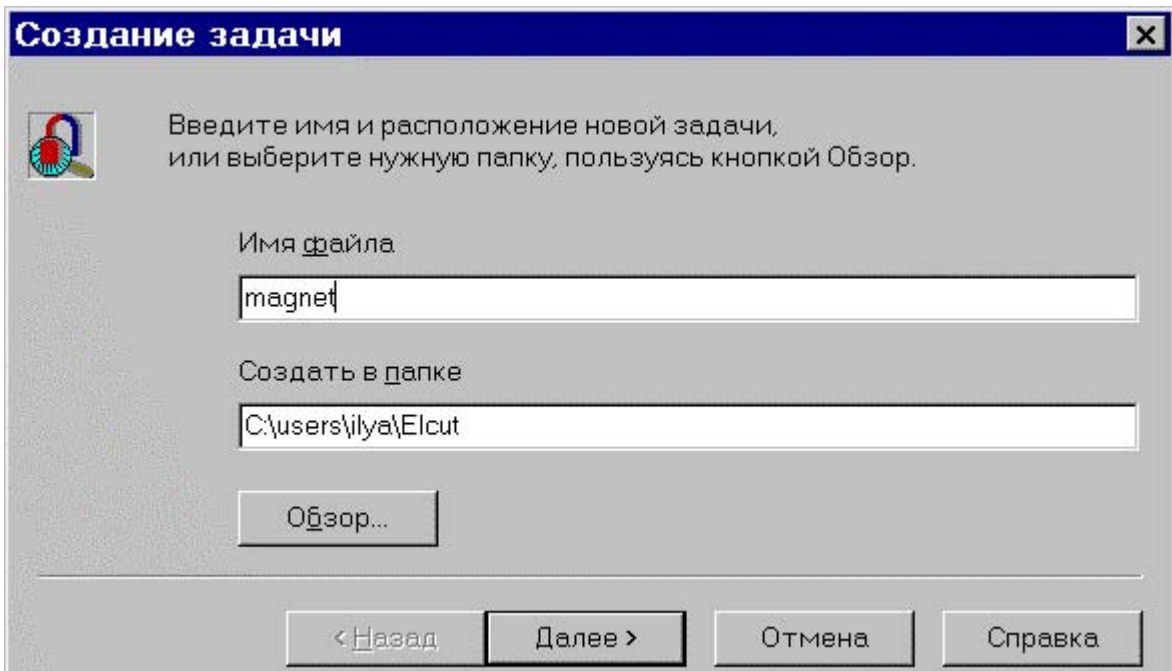


Рис. 4.3. Окно выбора расположения задачи

4.2. Выбор типа задачи и класса модели

1. В списке **Тип** задачи выберите **Магнитостатика**.
2. Нажмите радиокнопку **Плоская**.
Имеет смысл принять предложенные системой имена файлов модели (**Magnet.mod**) и физических свойств (**Magnet.dms**).
3. Нажмите кнопку **Далее**.

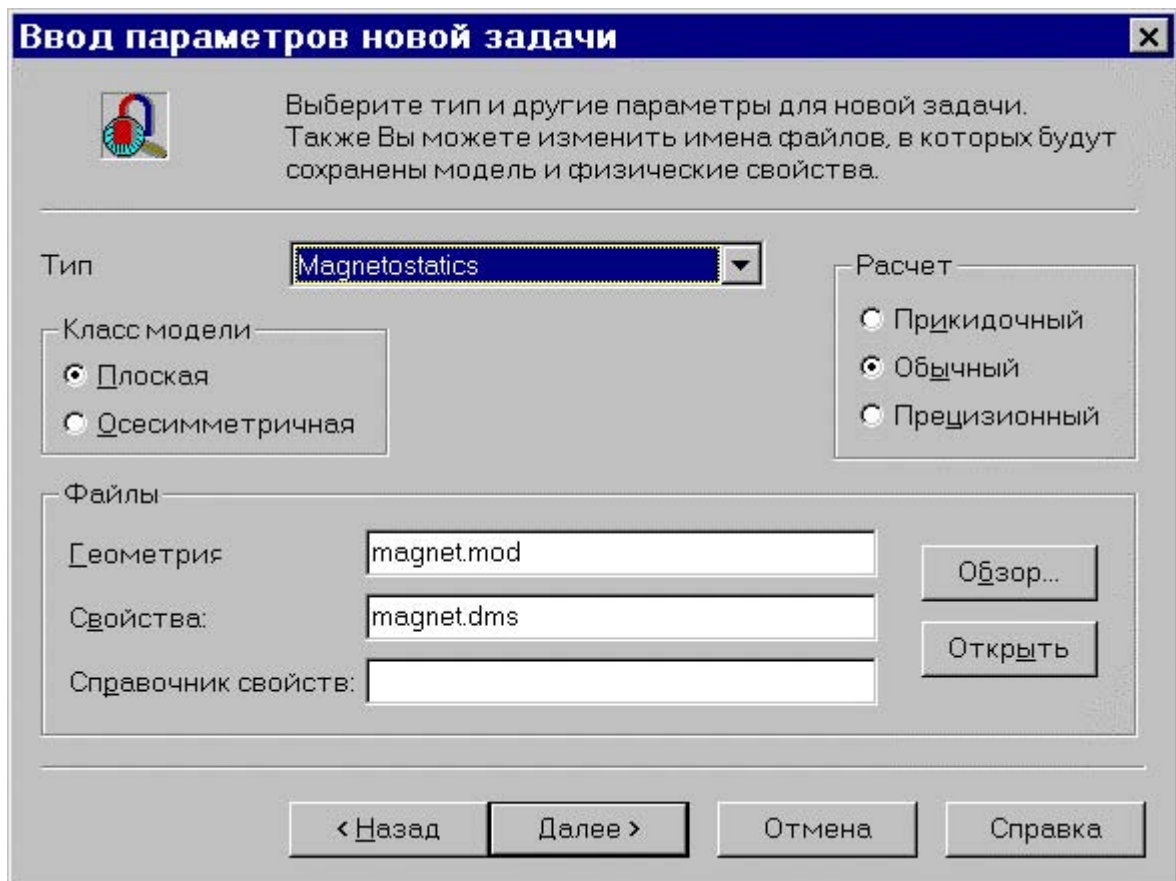


Рис. 4.4. Окно ввода параметров задачи

4.3. Выбор единиц измерения длины и системы координат:

1. Выберите **Миллиметры**.
2. Нажмите **Готово**, чтобы создать новую задачу.

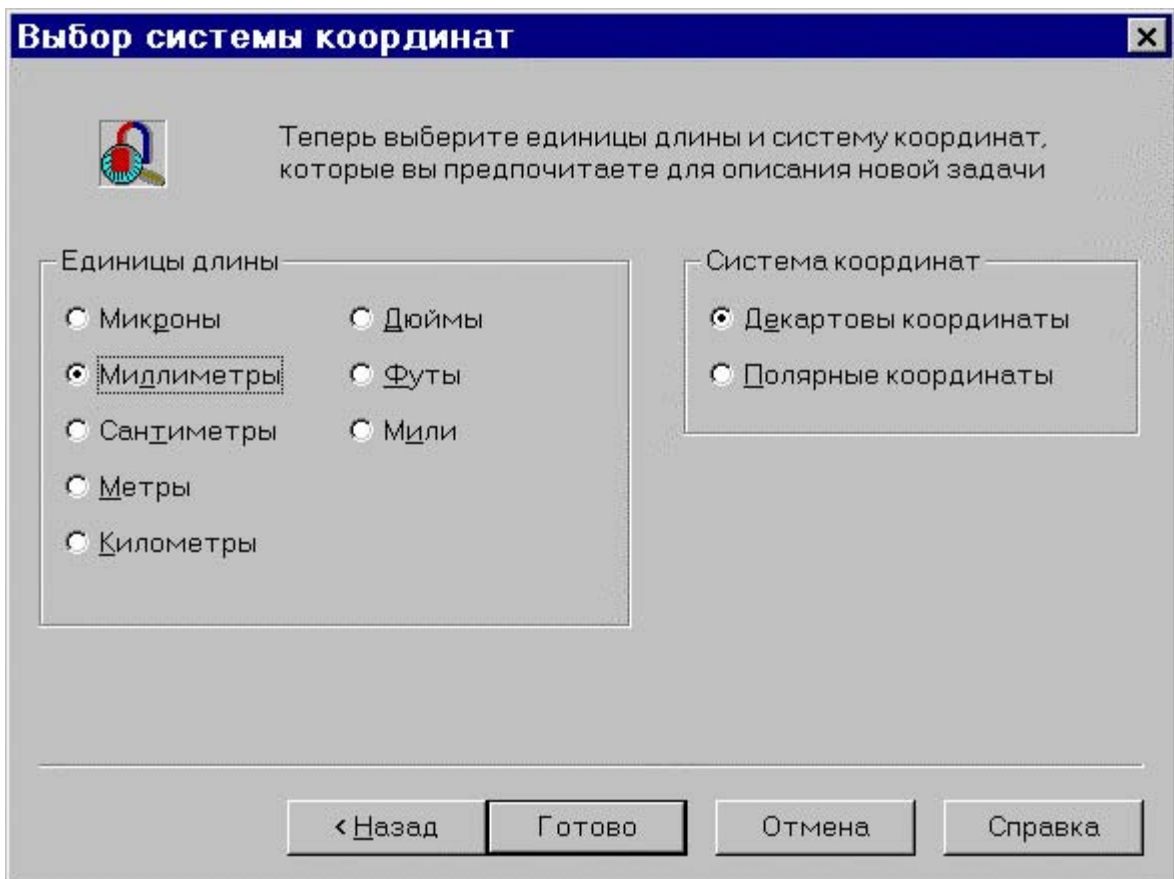


Рис. 4.5. Окно выбора системы координат

3. **ELCUT** откроет новое окно для задачи **Magnet.pbm**. В меню **Файл** выберите команду **Сохранить**, чтобы сохранить описание задачи в файле.

4.4 Начало работы с моделью

1. В меню **Правка** выберите **Геометрическая модель** или дважды щелкните элемент **Magnet.mod** в дереве задачи, или выберите **Открыть** в контекстном меню, возникающем при щелчке правой кнопкой мыши на этом элементе дерева.
2. Подтвердите создание новой модели. Откроется окно работы с моделью. Для большего удобства его можно развернуть его на весь экран.

4.5. Создание геометрических элементов

Для начала необходимо принять решение относительно размеров расчетной области. Поскольку данная задача физически не ограничена, следует окружить магнитную систему слоем воздуха достаточной протяженности, чтобы исключить влияние границ. Предположим, что достаточным будет воздушный слой, в три раза больший, чем зазор в магнитном сердечнике. Тогда вся расчетная область уместится в прямоугольнике 100 x100 мм.

Первое, что нужно сделать в окне работы с моделью, это указать размеры окна, в котором целиком поместится расчетная область. Поскольку задача обладает симметрией относительно вертикальной оси, удобно расположить начало координат на оси симметрии. Тогда область уместится в прямоугольнике $(-50 \leq X \leq 50, -50 \leq Y \leq 100)$. Чтобы этот прямоугольник занял окно модели целиком необходимо выполнить следующие действия:

1. На панели инструментов, нажмите кнопку **Крупнее** на панели инструментов.

2. Переместите указатель мыши в точку $(-50, 0)$, следя за координатами в левом нижнем углу окна приложения **ELCUT**. Необязательно попасть точно в указанную точку, достаточно щелкнуть мышью поблизости от точки левее и ниже нее.
3. Щелкните левой кнопкой мыши и перетащите ее в точку $(50, 100)$.

Окно модели отразит сделанное масштабирование. Нажмите кнопку **Крупнее** еще раз, чтобы отменить режим масштабирования.

Чтобы упростить создание объектов воспользуемся **Сеткой привязки**. Заметим, что координаты всех вершин нашей модели, как вертикальные, так и горизонтальные, кратны 10 мм. Чтобы установить шаг сетки привязки, равный 10 мм:

1. В меню **Правка** или в контекстном меню, выберите **Сетка привязки**, в результате чего появится окно диалога (рис. 4.6).
2. В поле **По горизонтали** введите **10**. Поскольку флажок **Не квадратные ячейки** выключен, такое же значение появится в поле **По вертикали**.
3. Позицию начальной точки $(0, 0)$ в большинстве случаев менять не требуется. Нажмите кнопку **ОК**, чтобы завершить диалог.

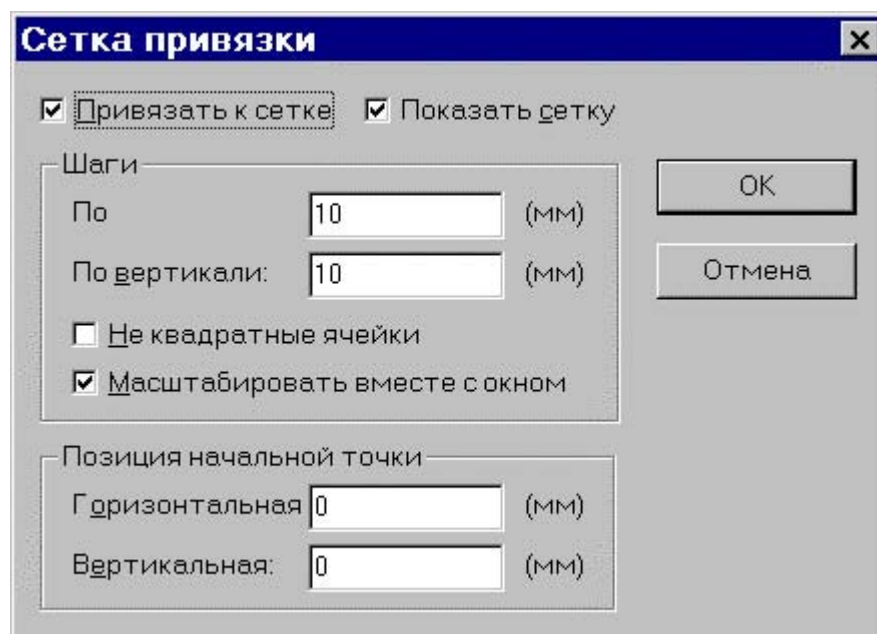


Рис. 4.6. Окно диалога для изменения сетки привязки

Теперь можно заняться описанием собственно геометрии. Чтобы создать рёбра, образующие границы модели:

1. Нажмите клавишу **INS** (или команду **Режим вставки** в меню **Правка**, или команду **Вставка вершин/рёбер** в контекстном меню, или соответствующую кнопку на панели инструментов), чтобы перевести окно модели в режим вставки.
2. Щелкните мышью в точке $(-20, 20)$ и перетащите ее в точку $(20, 20)$, чтобы создать ребро АВ. Ребро появится на экране сразу, как только Вы отпустите кнопку мыши.
3. Повторите шаг 2 в точке $(-20, 30 : 20, 30)$ для ребра CF, $(-20, 40 : -10, 40)$ для ребра GH, $(10, 40 : 20, 40)$ для IJ, $(-20, 20 : -20, 40)$ для AG, $(-10, 30 : -10, 40)$ для DH и так далее. Безразлично, в каком порядке Вы создаете рёбра, также не имеет значения направление рёбер. Если точка, в которую Вы хотите щелкнуть, находится за пределами экрана, используйте полосу прокрутки. Не беспокойтесь о возможных ошибках, ненужные вершины и ребра можно удалить позже. Не забудьте создать ребра OPRQ, окружающие модель.
4. Нажмите клавишу **INS** еще раз, чтобы завершить режим вставки.

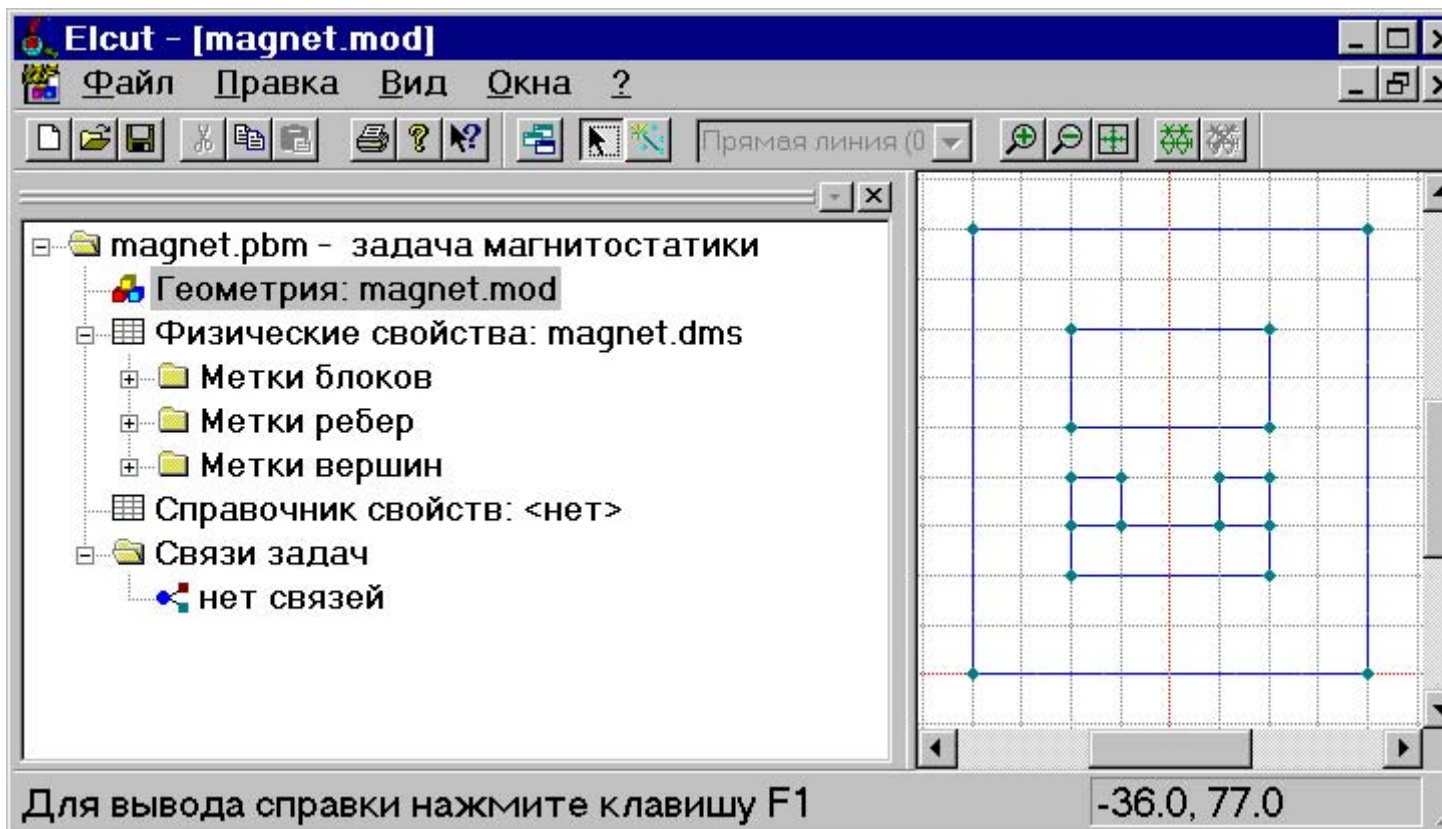


Рис. 4.7. Окно программы на этапе задания геометрии модели

Для удаления лишних рёбер или вершины:

1. Удерживая клавишу **CTRL**, выделите щелчком мыши удаляемые объекты. Если Вы выделили ненужный объект, щелкните его мышью еще раз, чтобы снять выделение. Отпустите клавишу **CTRL**.
2. Нажмите клавишу **DEL** (или выберите команду **Удалить** выделенное из меню **Правка** или контекстного меню). Удаляемые объекты немедленно исчезнут с экрана.

4.6. Задание свойств материалов

В ELCUT для ввода свойств материалов необходимо сначала присвоить метки геометрическим областям, которые выполнены из разных материалов, а затем для созданных меток указать свойства материалов. Таким образом, геометрическая область модели, соответствующая данному материалу, оказывается связанной с окном ввода свойств материала с помощью метки этого материала. Аналогичный принцип используется и для задания граничных условий.

Рассматриваемая задача содержит четыре материала с различными свойствами: воздух, сталь и два постоянных магнита с различным направлением вектора намагничивания. Выберем мнемонические метки **Сталь**, **АЛНИКО+** и **АЛНИКО-** для соответствующих блоков (символами “+” и “-” в названии меток материалов магнитов условно покажем направление коэрцитивной силы).

Для присвоения меток блокам сделайте следующее:

1. Дважды щелкните мышью прямоугольник CDHG. Блок станет выделенным и появится диалоговое окно **Свойства выделенных объектов** (рис. 4.8).
2. В поле **Метка** введите **АЛНИКО+**.
3. Нажмите **ОК**, чтобы завершить диалог.

4. Повторите эти действия для присвоения метки **АЛНИКО**- прямоугольнику CDJI и метки **Воздух** прямоугольнику OPRQ.
5. Щелкните мышью прямоугольник ABFC, и затем, удерживая клавишу **CTRL**, щелкните прямоугольник KLNМ, чтобы выделить оба блока одновременно.
6. Щелкните правой кнопкой мыши в пределах выделенного, чтобы вывести контекстное меню, не изменяя выделения объектов.
7. В контекстном меню выберите **Свойства**, и присвойте метку **Сталь** обоим блокам.
8. Нажмите **ОК**, чтобы завершить диалог.

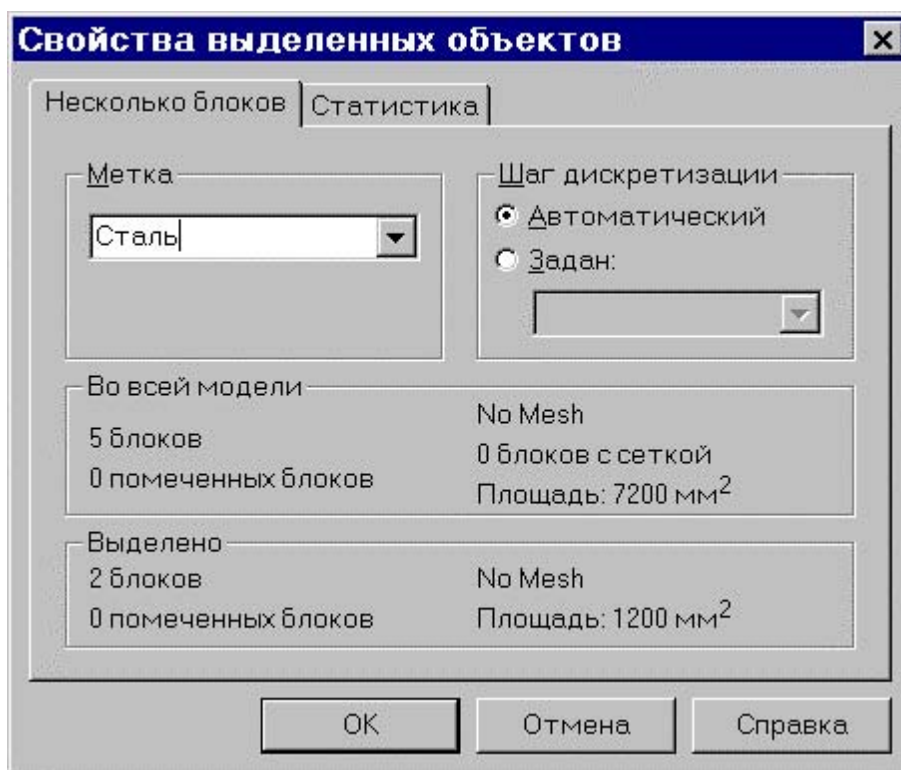


Рис. 4.8. Окно «Свойства...» на этапе присвоения меток блокам

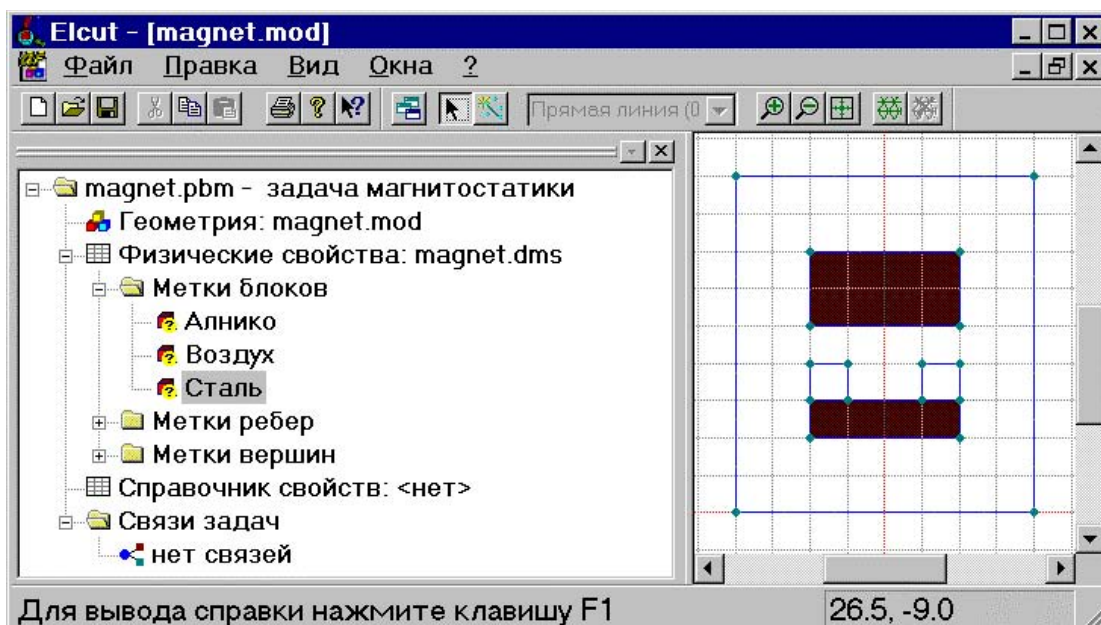


Рис. 4.9. Окно программы на этапе присвоения меток блокам

Метки блоков появившиеся в окне задачи содержат вопросительный знак, что означает, что эти метки упомянуты в модели, но их свойства еще не определены. Теперь можно задать физические свойства для этих меток (свойства материалов).

Чтобы ввести свойства для метки блока **Воздух**:

1. Дважды щелкните на метке **Воздух**, или выберите **Свойства** в её контекстном меню.
2. Введите **1** в любое поле для компонентов тензора магнитной проницаемости.
3. Нажмите **ОК**.

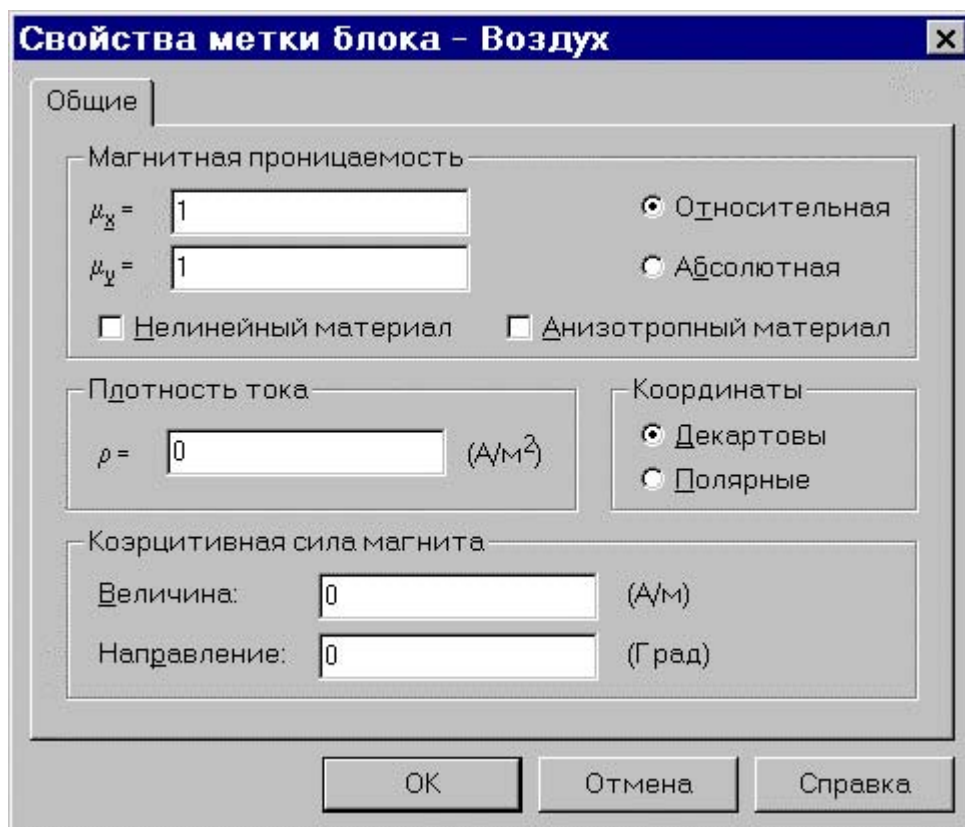


Рис. 4.10. Окно «Свойства...» на этапе задания свойств блока **Воздух**

Теперь зададим кривую намагничивания ферромагнитного материала. Начнем редактировать данные для метки блока **Сталь**:

1. Дважды щелкните строку **Сталь** или выберите **Свойства** в её контекстном меню. Появится диалог ввода свойств.
2. Отметьте флаг **Нелинейный материал**. Тем самым Вы откроете окно работы с кривыми намагничивания.

Это окно позволяет Вам просто вводить значения в таблицу точка за точкой, контролируя вид кривой на графике в левом окне. Точка **(0; 0)**, всегда присутствующая в таблице, не может быть удалена или изменена. Когда курсор находится в поле ввода значения индукции, Вы можете начать вводить новые точки. Чтобы ввести первую точку кривой (**B = 0.73 Тл, H = 400 А/м**, см. табл. 1), сделайте следующее:

1. Введите **0.73** и нажмите клавишу **ENTER**. Курсор переместится в поле значения **H**.
2. Введите **400** и нажмите клавишу **ENTER**. Новая точка добавится в таблицу и немедленно высветится на графике. Курсор опять переместится в поле **B**.
3. Повторите эти действия для каждой из точек таблицы. Вводить точки в таблицу можно в любом порядке.

Таблица 1.
Кривая намагничивания стали

H (А/м)	400	600	800	1000	1400	2000	3000	4000	6000
B (Тл)	0.73	0.92	1.05	1.15	1.28	1.42	1.52	1.58	1.60

В случае опечатки, неверно введенная точка, как правило, вызовет аномальное поведение кривой на графике, благодаря чему легко может быть замечена. Вы можете выделить эту точку на графике или в таблице и затем удалить ее или исправить значения. Когда Вы закончите ввод точек в таблицу и кривая будет похожа на классическую кривую намагничивания, нажмите кнопку **Заккрыть** для завершения работы с кривой и возврата в окно свойств метки блока. Поскольку мы больше не хотим вводить данные для метки блока **Сталь**, нажмите **ОК**, завершая ввод данных для метки блока.

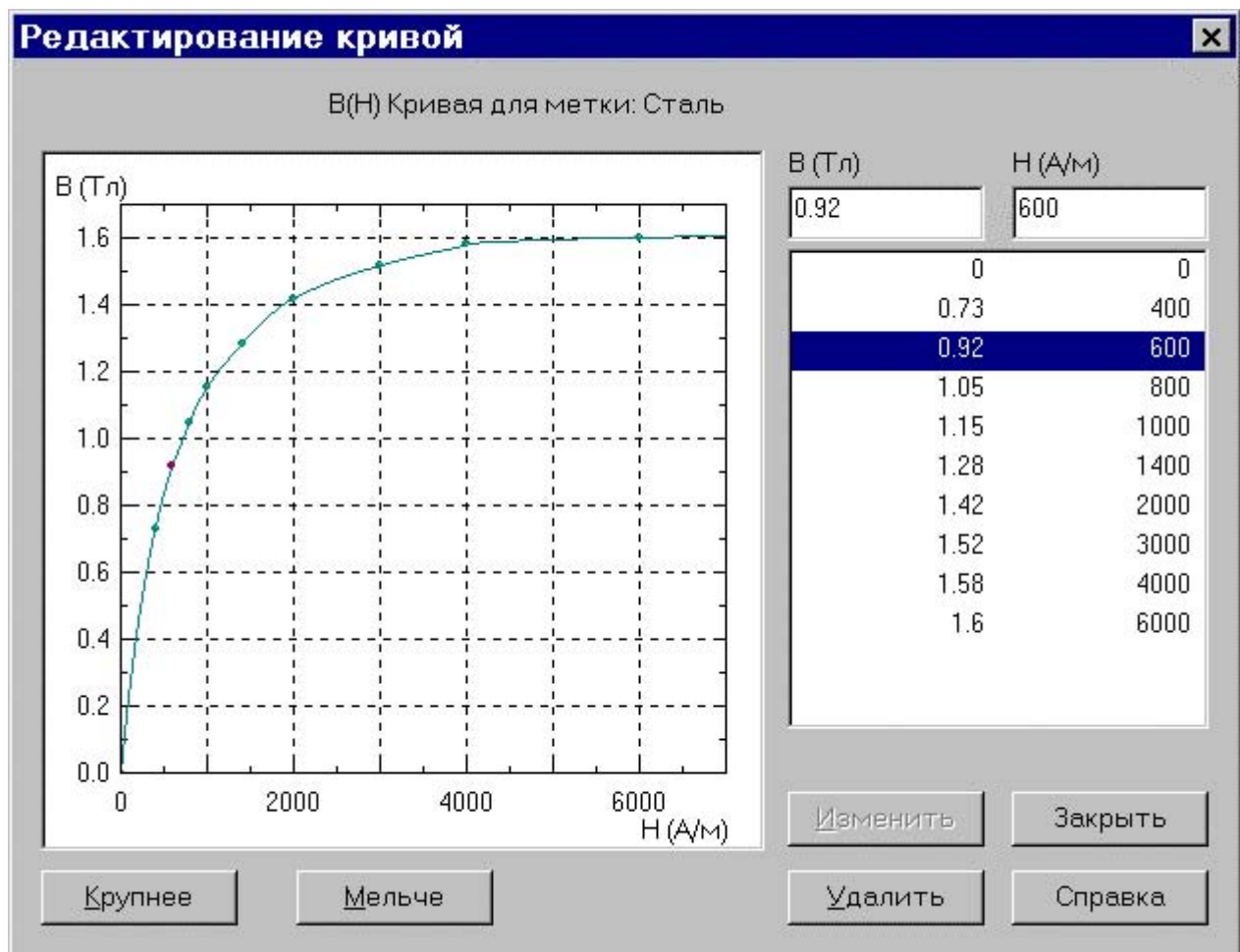


Рис. 4.11. Окно задания свойств нелинейных материалов

Ввод свойств для постоянного магнита немного более сложен. Кроме кривой размагничивания следует задать направление намагничивания, т.е. компоненты вектора коэрцитивной силы. Введем характеристику размагничивания для метки блока **АЛНИКО+** (см. табл. 2):

1. Дважды щелкните метку **АЛНИКО+** или выберите **Свойства** из ее контекстного меню. Появится диалог для ввода свойств.
2. Введите **1** в любом из полей компонентов тензора намагничивания. Это условное значение, единственная цель которого - указать программе, что свойства для этой метки не пусты, с тем чтобы остальные поля ввода стали доступными.
3. В поле Величина для коэрцитивной силы введите 147218.

4. В поле **Направление**, введите **90**. Направление отсчитывается от горизонтальной оси против часовой стрелки.
5. Включите флажок **Нелинейный материал**. Этим Вы откроете окно кривой размагничивания.

Заметим, что точка с координатами **(-147218, 0)** уже включена в таблицу, и в окне кривых ее нельзя удалить или изменить. Это как раз и есть первая точка таблицы. Теперь мы можем продолжить ввод остальных точек характеристики размагничивания. Когда это будет сделано, нажмите кнопку **Заккрыть**, завершая редактирование кривой и возвращаясь в окно ввода свойств. Затем нажмите кнопку **ОК** для завершения ввода свойств метки блока **АЛНИКО+**.

Таблица 2
Кривая размагничивания сплава АЛНИКО

Н (А/м)	-147218	-119400	-99470	-79580	-53710	-19890	0.0
В (Тл)	0.0	0.24	0.4	0.5	0.6	0.71	0.77

Вводя свойства для метки **АЛНИКО-**, нет необходимости повторять все эти действия. Достаточно просто скопировать свойства из метки **АЛНИКО+** и изменить направление вектора коэрцитивной силы. Это делается так:

1. Выберите метку **АЛНИКО+** в дереве меток.
2. В меню **Правка** или контекстном меню выберите **Копировать**. Откройте меню еще раз и выберите **Вставить**. Копия метки **АЛНИКО+** под именем **АЛНИКО+ (2)** появится в дереве.
3. Выделите метку **АЛНИКО+ (2)** в дереве.
4. В меню **Правка** или в контекстном меню, выберите **Переименовать**. Смените имя на **АЛНИКО-** и нажмите **ENTER**.
5. Дважды щелкните **АЛНИКО-** или выберите **Свойства** из ее контекстного меню. Появится диалог для ввода свойств.
6. В поле **Направление** замените **90** на **-90**, чтобы сменить направление коэрцитивной силы на противоположное.
7. Нажмите **ОК**.

4.7. Задание граничных условий

Метки рёбер используются для задания граничных условий на внешних и внутренних границах области. В нашем случае мы должны задать нулевое граничное условие Дирихле ($A = 0$) на внешней границе области (прямоугольник OPRQ).

Чтобы присвоить метки рёбрам:

1. Укажите мышью четыре ребра, которые образуют прямоугольник OPRQ, удерживая нажатой клавишу **CTRL**. Эти четыре выделенных ребра будут подсвечены. Если Вы случайно выделили лишнюю вершину, ребро или блок, щелкните его еще раз, чтобы снять выделение.
2. Щелкните правой кнопкой мышью в пределах выделенного, чтобы вывести контекстное меню, не меняя выделения объектов.
3. В контекстном меню выберите **Свойства** и присвойте метку **Ноль** выделенным рёбрам.
4. Нажмите **ОК**, чтобы завершить диалог.

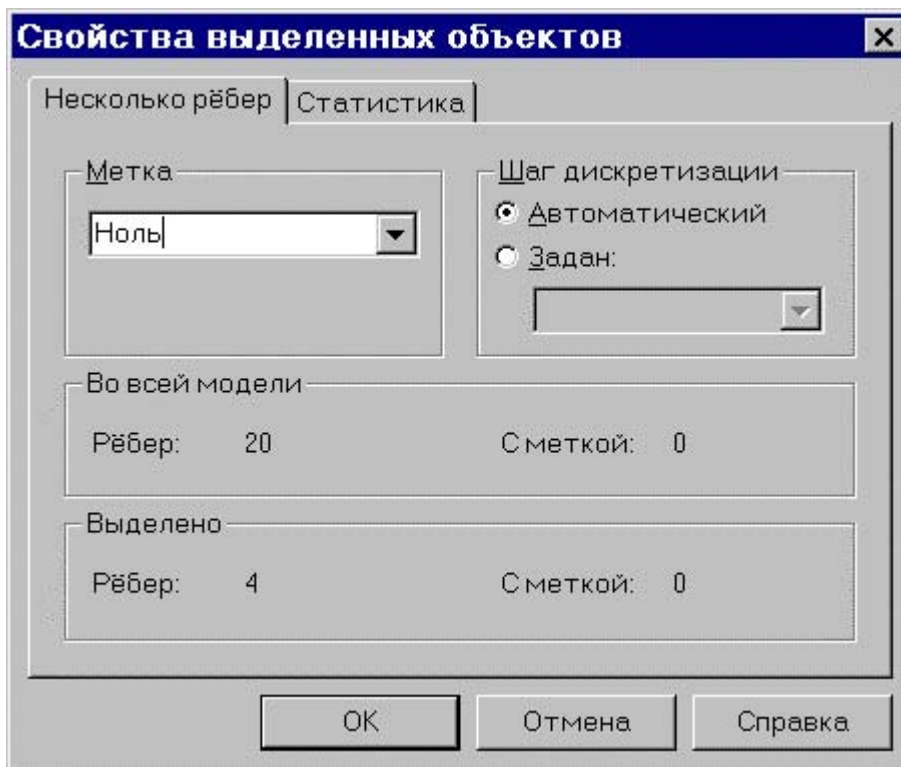


Рис. 4.12. Окно «Свойства...» на этапе присвоения меток ребрам

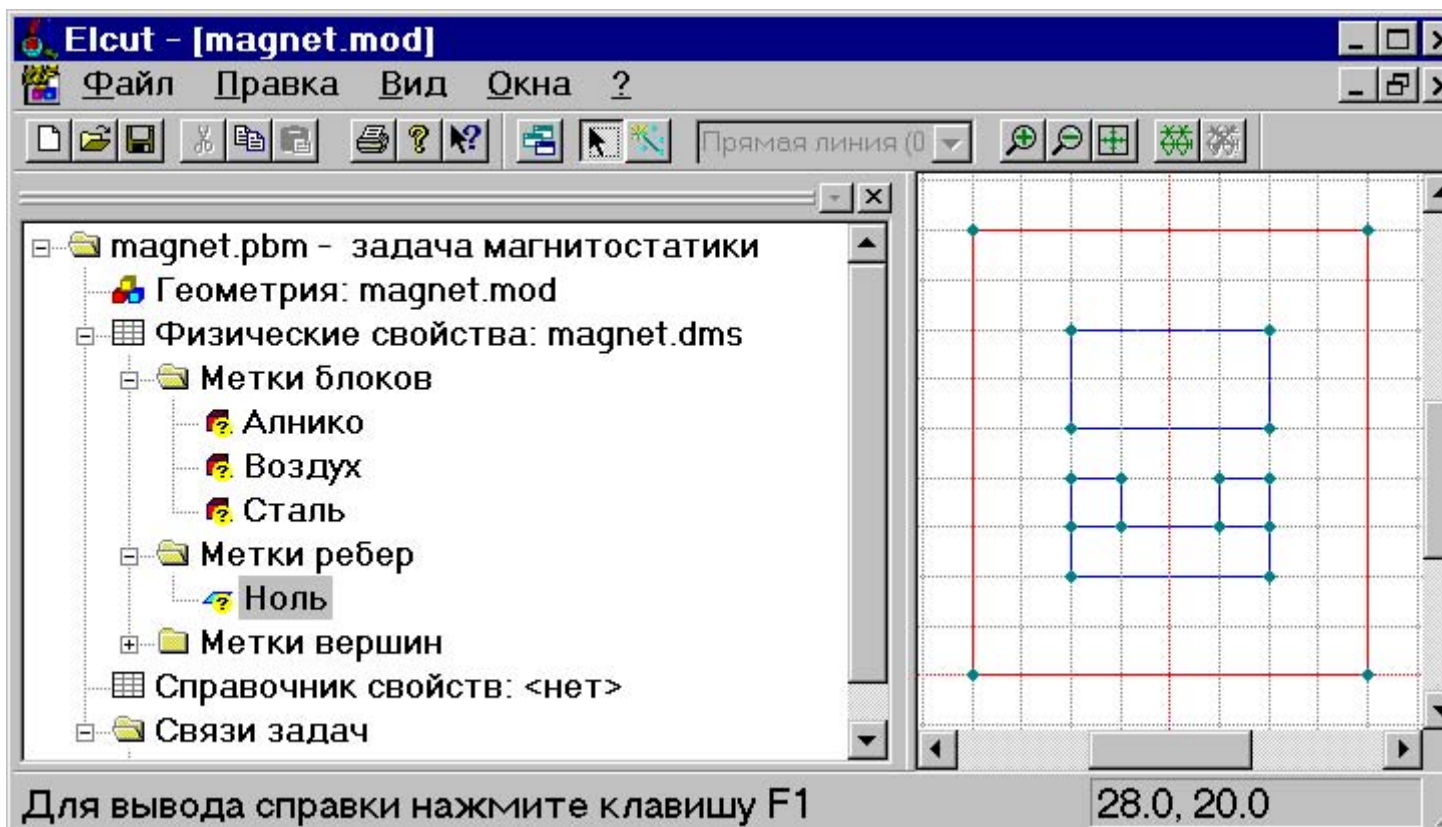


Рис. 4.13. Окно программы на этапе присвоения меток ребрам

Граничные условия задаются в окне редактирования меток ребер, аналогично тому, как это делается при вводе свойств материалов.

В рассматриваемой задаче величины индукции и напряженности магнитного поля за пределами расчетной области можно принять равными нулю.

Чтобы ввести данные для метки **Ноль**:

1. Выделите имя метки **Ноль** в ветви **Метки рёбер** и дважды щелкните её мышью или выберите **Свойства** в ее контекстном меню. Появится диалоговое окно для ввода свойств метки ребра.
2. Включите флажок **Магнитный потенциал**. В полях ввода будут предложены нулевые значения.
3. Нажмите **ОК**.

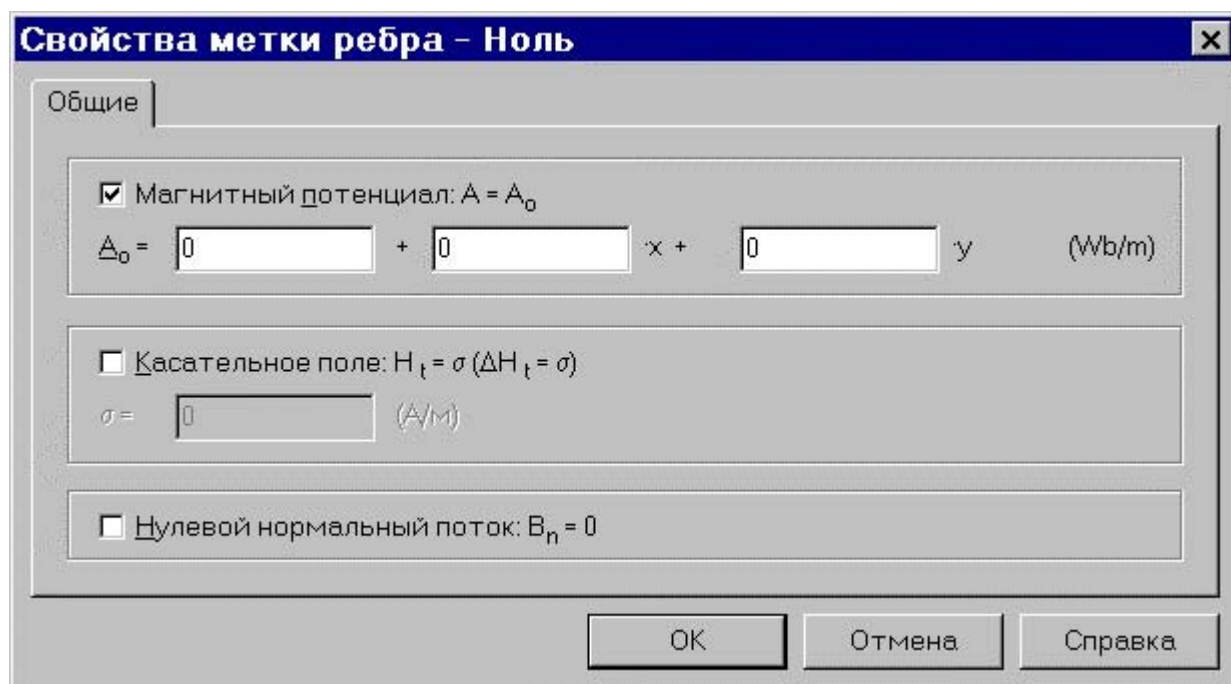


Рис. 4.14. Окно задания свойств ребер

4.8. Построение сетки конечных элементов

Для построения сетки конечных элементов предварительно необходимо задать шаг дискретизации (разбиения) расчетной области. Шаг дискретизации определит густоту сетки конечных элементов в различных областях модели. Можно задавать этот параметр для вершин, ребер или областей модели.

Для рассматриваемой задачи можно предположить существенную неоднородность поля вокруг магнитов, поэтому сетка тут должна быть максимальной густоты. Следовательно, мы зададим величину шага дискретизации равной 5 мм в вершинах G, H, I и J и равной 12 мм в вершинах O, P, R и Q с тем, чтобы получить сетку общим числом узлов не более 200 (данное ограничение отсутствует в профессиональной версии программы).

Чтобы задать значения шага дискретизации:

1. Выделите вершины G, H, I и J и выберите команду **Свойства** в контекстном меню.
2. Установите переключатель **Шаг дискретизации** в положение **Ручной** и введите 5.
3. Нажмите **ОК** для завершения диалога.
4. Повторите эти действия, чтобы присвоить шаг 12 мм вершинам O, P, R и Q.

Для построения сетки конечных элементов в меню **Правка** выберите команду **Построить сетку** и, затем, **Во всех блоках**, чтобы построить сетку во всех блоках одновременно.

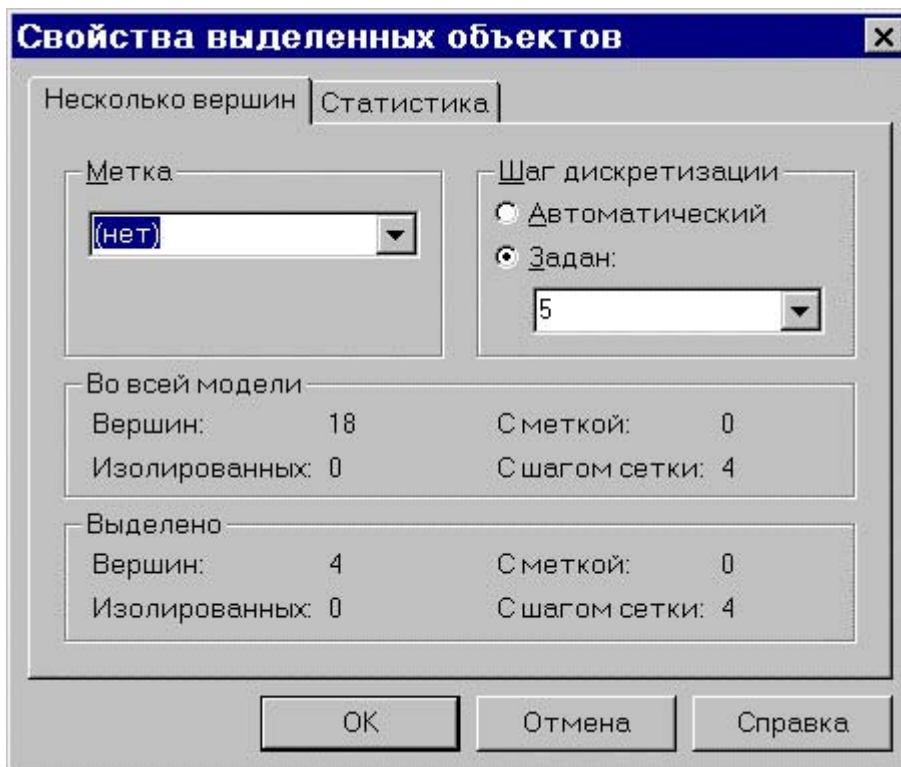


Рис. 4.15. Окно «Свойства...» на этапе задания шага дискретизации

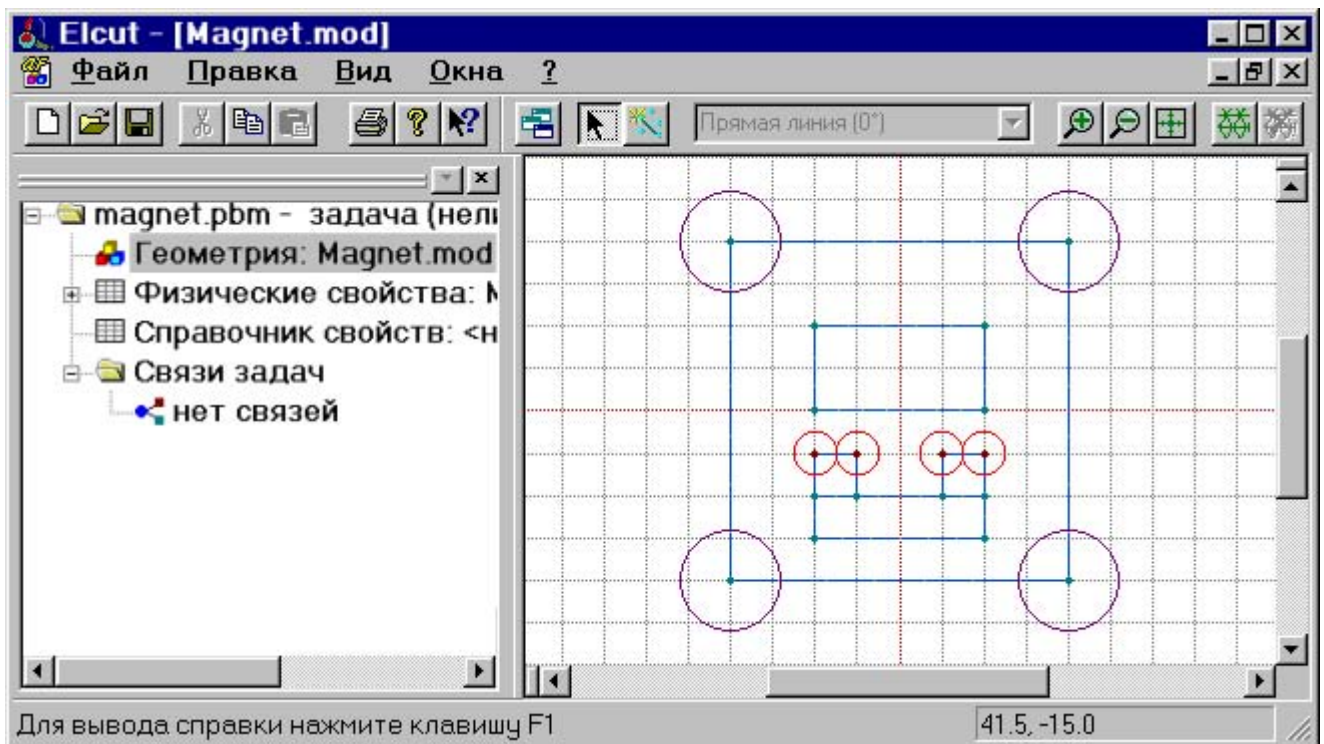


Рис. 4.16. Окно программы на этапе задания шага дискретизации

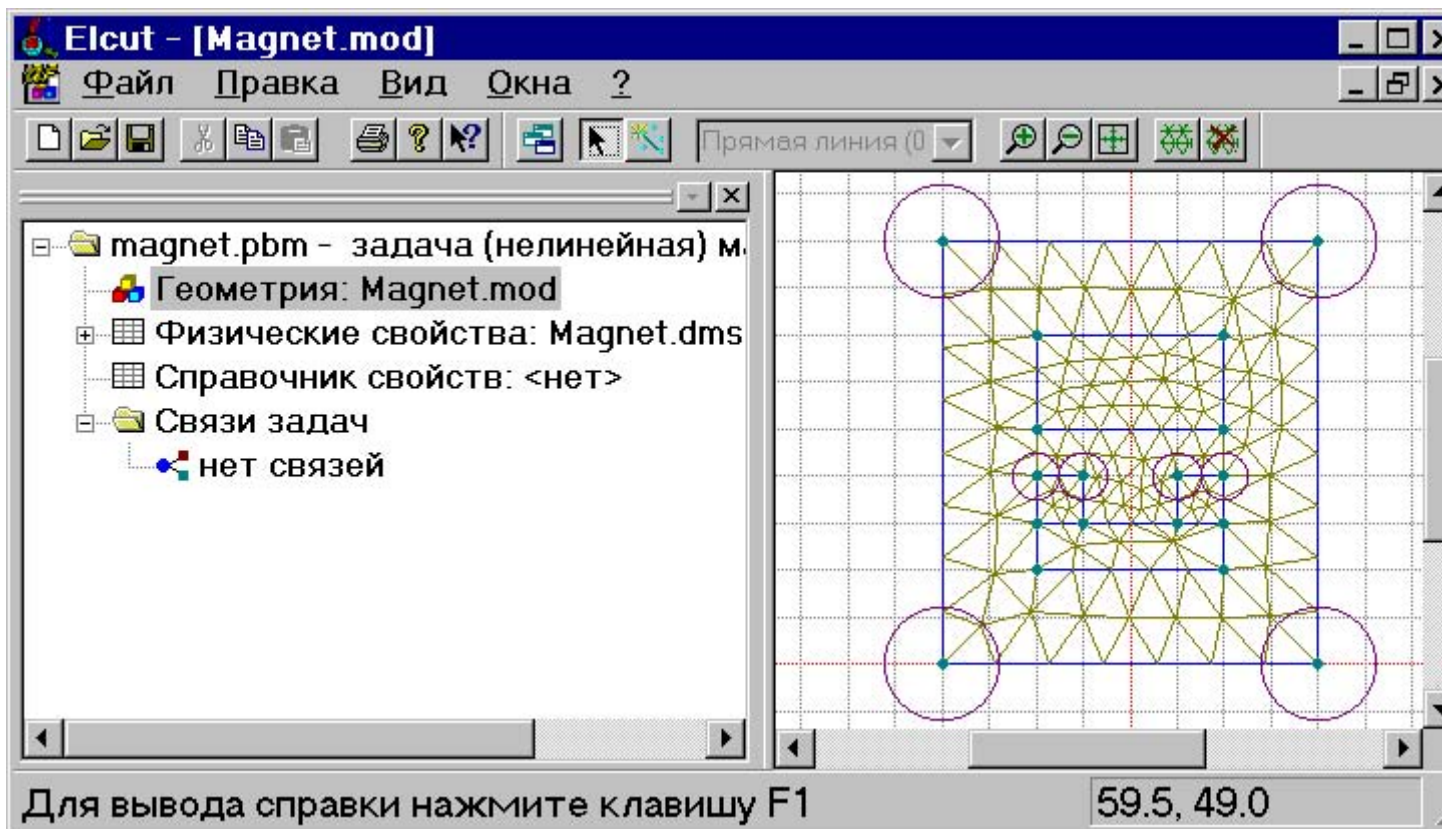


Рис. 4.17. Окно программы на этапе построения сетки

Теперь модель готова. Чтобы сохранить её на диске, выберите команду **Сохранить** в меню **Файл**.

4.9. Решение задачи

Для решения задачи необходимо выбрать пункт меню **Правка/Решить задачу**. Если данный пункт в меню **Правка** отсутствует, необходимо выделить (однократным щелчком левой клавиши мыши) любую метку материала. После этого пункт **Решить задачу** в меню **Правка** появится. После окончания расчета в правой части основного окна будет выведена рассчитанная картина поля текущей задачи.

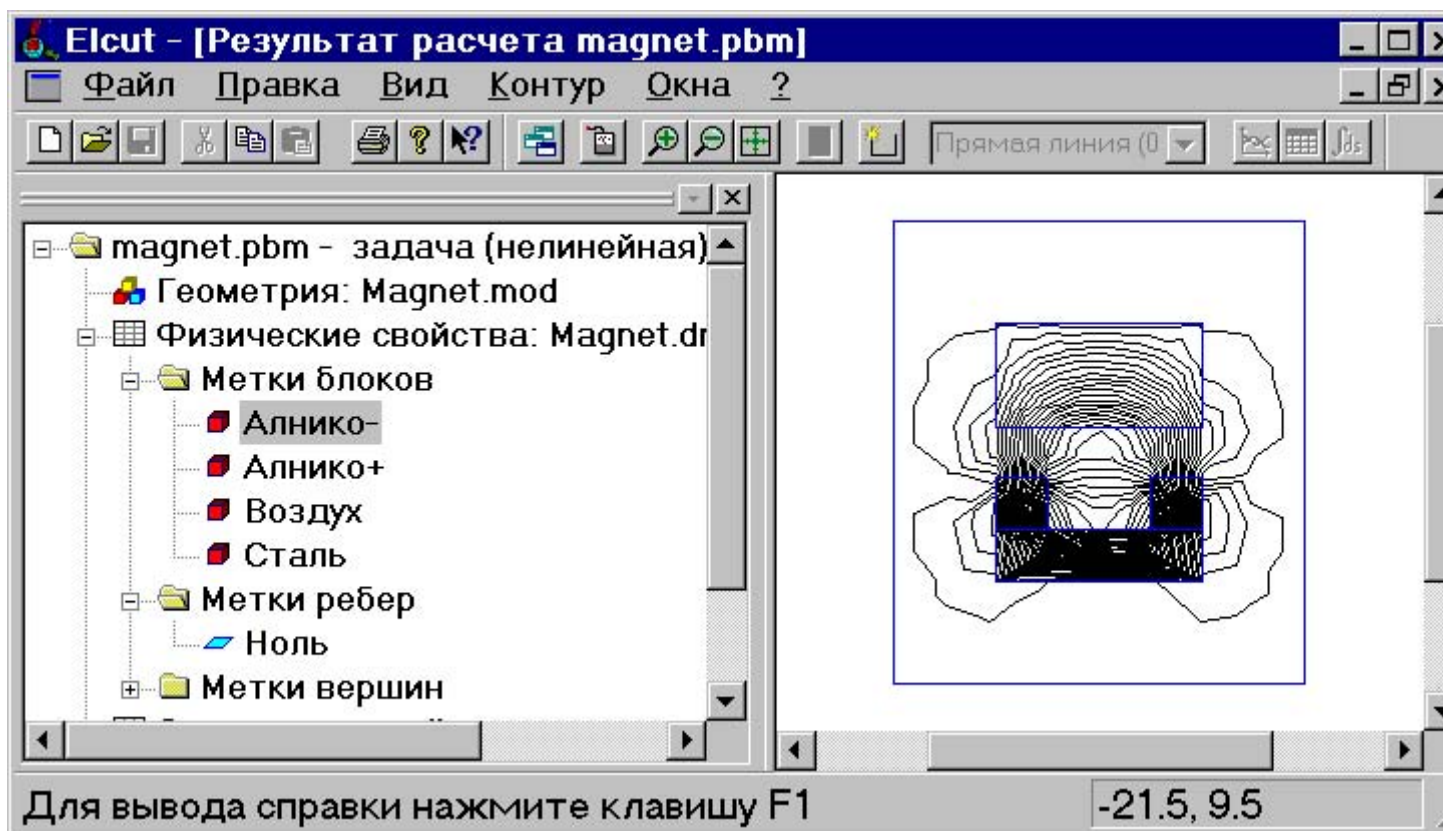


Рис. 4.18. Окно программы с результатами расчета

4.10. Просмотр результатов

ELCUT позволяет представить решение задачи несколькими способами:

- картины поля,
- локальные полевые значения,
- интегральные величины,
- графики,
- таблицы.

4.10.1. Работа с картиной поля

С помощью пункта меню **Вид/Картина поля** изменяется способ отображения результатов расчета. В открывшемся окне диалога можно изменить настройки для отображения картины поля, например, изменить масштаб прорисовки силовых линий (или убрать силовые линии совсем), вывести для отображения векторное поле выбранной переменной, изменить переменную, для которой строится картина поля и т.д. Дополнительно в данном окне можно задать максимальное и минимальное значение для выбранной переменной.

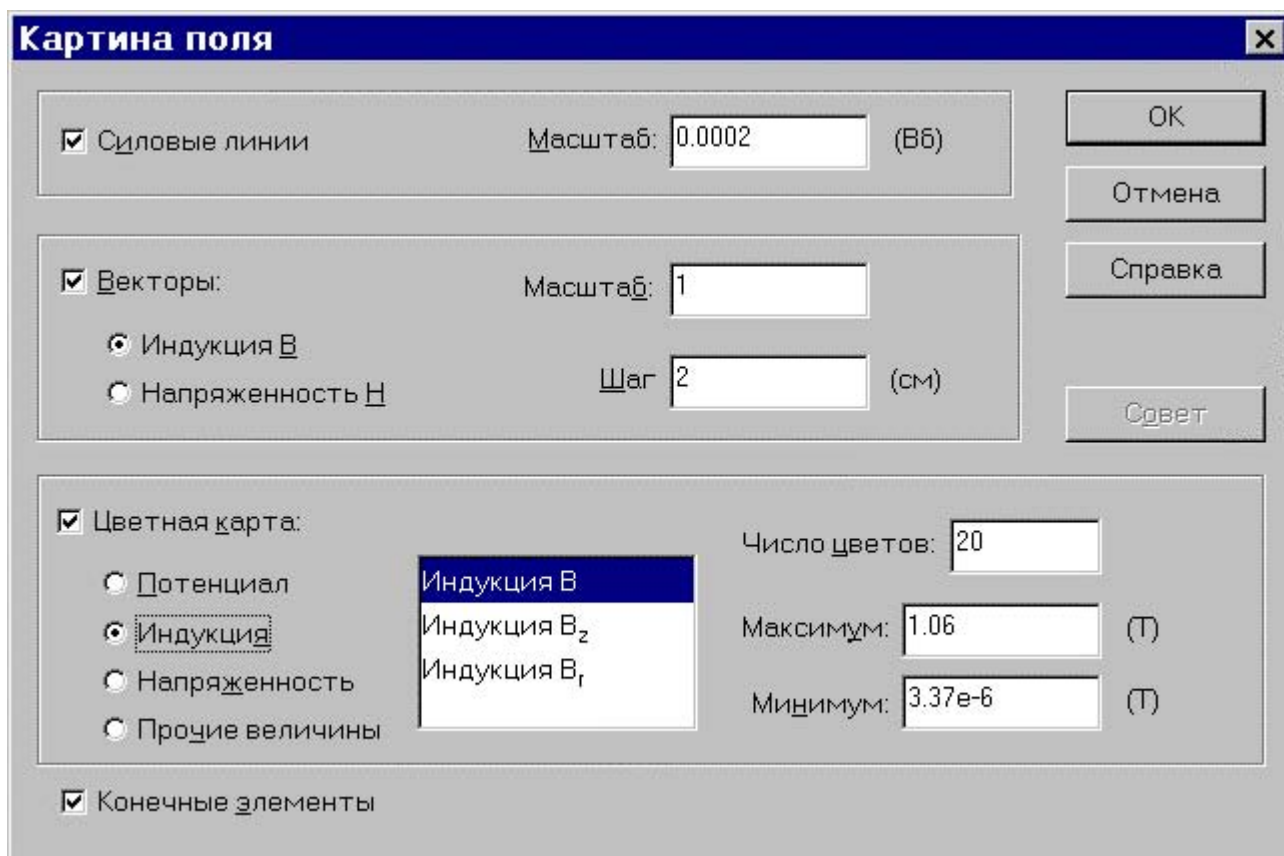


Рис. 4.19. Окно диалога "Картина поля"

4.10.2 Просмотр локальных значений поля

С помощью меню **Вид/Локальные значения** можно определить значения физических величин, характеризующих поле, в требуемых точках. После выбора данного пункта меню появится дополнительное окно, в котором будут отображаться значения переменной в точке, указанной "мышью" на общей картине поля.

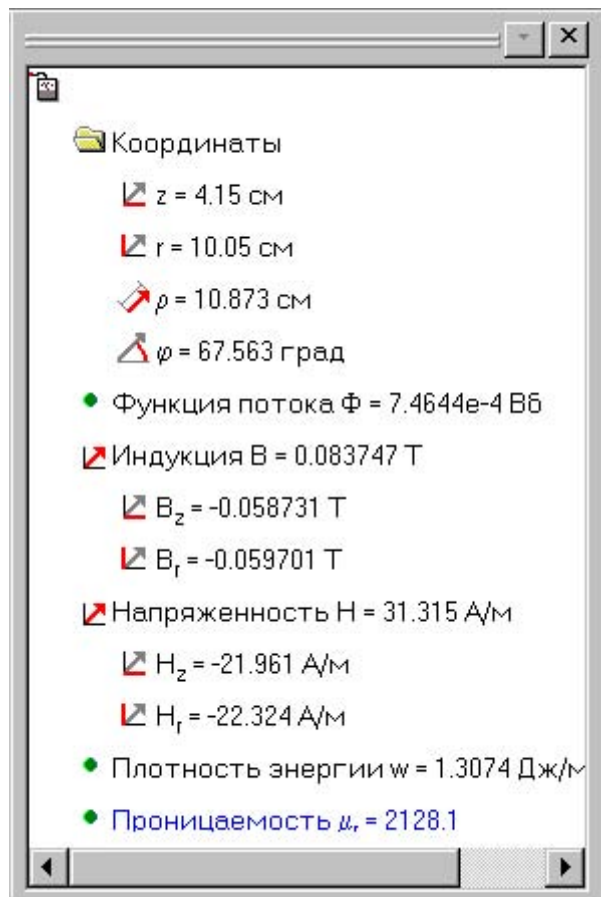


Рис. 4.20. Окно отображения локальных значений

4.10.3. Определение интегральных значений

Для расчета интегральных значений сначала необходимо построить контур, по которому будет выполняться интегрирование. Контур рисуется с помощью "мыши" после выбора команды меню **Контур/Добавить**. Тип рисуемой линии можно изменить с помощью панели инструментов **Панель анализа результатов**. Замыкание контура можно выполнить с помощью команды **Контур/Замкнуть**.

После создания контура необходимо обратиться к пункту меню **Вид/Интегральные значения**. После выполнения данной команды откроется дополнительное окно со списком рассчитанных интегральных характеристик. Щелкнув один раз на кнопке рядом с названием параметра можно вывести на экран его значение (см. рис. 4.21).

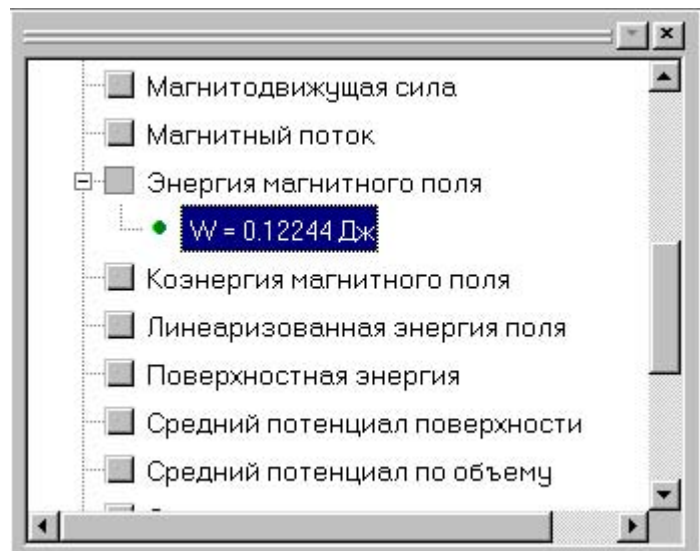


Рис. 4.21. Окно вычисления интегральных значений

4.10.4. Построение графиков

Графики распределения переменных в ELCUT строятся вдоль линии предварительно проложенного контура. Для построения графика необходимо сначала создать контур (это может быть просто отрезок прямой линии), а затем обратиться к пункту меню **Вид/График**. В результате на экран будет выведен требуемый график (см. рис. 4.22)

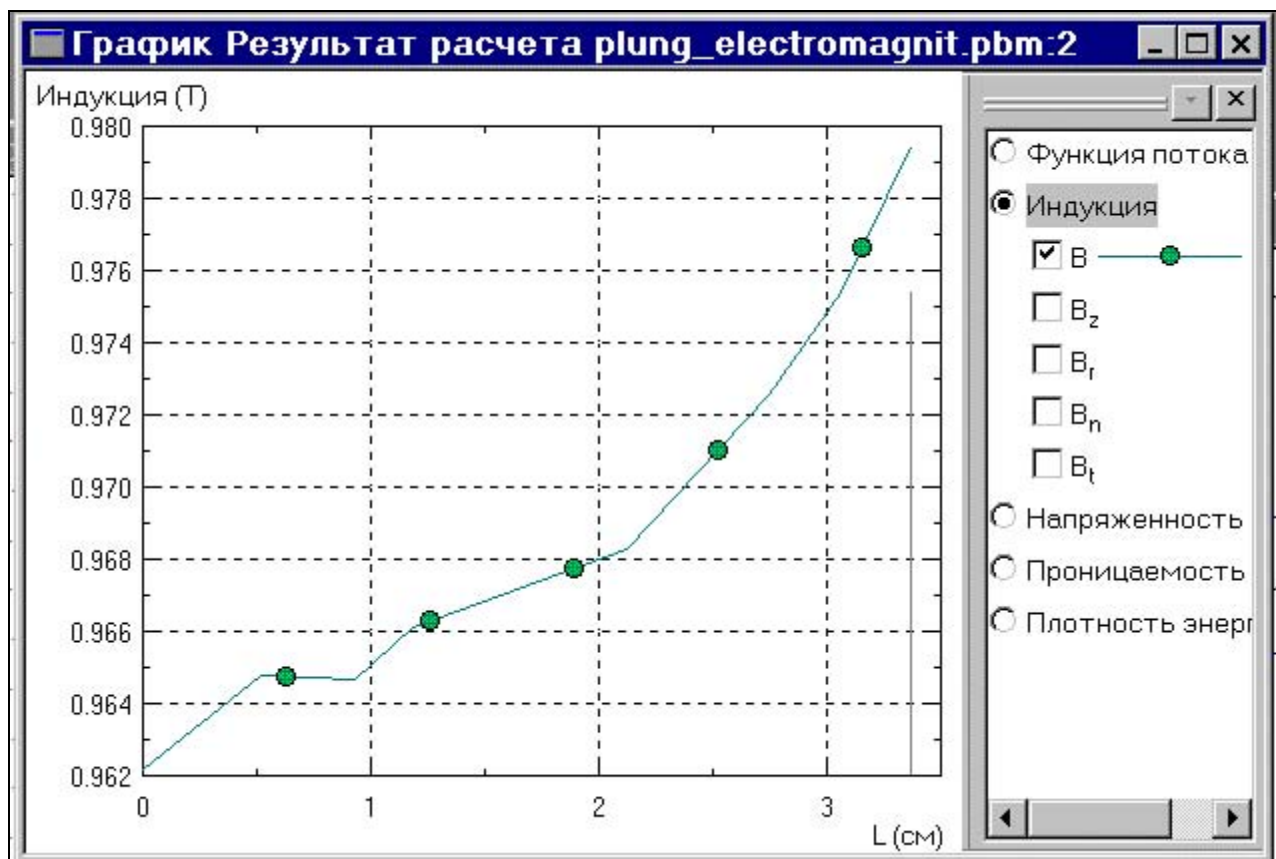


Рис. 4.22. Окно построения графиков

Для изменения переменной отображаемой на графике необходимо выполнить команду **Вид/Кривые на графике** и выбрать требуемую переменную.

5. Решение связанных задач

5.1 Общие положения

ELCUT позволяет переносить источники поля (распределенные нагрузки), рассчитанные в одной задаче, в задачи другого типа. Предусмотрены следующие типы связи между задачами:

- Поле температур, обусловленное тепловыми потерями в задаче растекания токов или задаче магнитного поля переменных токов.
- Анализ механических напряжений с учетом рассчитанного распределения температуры.
- Расчет механических напряжений, вызванных магнитными силами.
- Расчет механических напряжений, вызванных электростатическими силами.

В связанной задаче, в дополнение к источникам (нагрузкам), перенесенным из другой задачи, могут быть заданы прочие источники, также как и в обычной задаче.

Можно совместить разные типы связи в одной задаче. Например, после расчета растекания токов, электростатических и магнитных полей в разных задачах, использующих один и тот же файл геометрии модели, можно рассчитать распределение температуры, вызванное тепловыми потерями, а затем - механические напряжения, вызванные действием температурных деформаций, электростатической и магнитной силой одновременно.

ELCUT накладывает некоторые ограничения на связанные задачи:

- Как задача-источник, так и целевая задача должны использовать один и тот же файл геометрии модели.
- Обе задачи должны использовать одну и ту же систему координат (декартову или цилиндрическую).
- К моменту решения целевой задачи задача-источник должна быть решена.

Несмотря на требование единого файла модели для обеих задач, их расчетная область может не совпадать, поскольку часть подобластей, используемая в одной задаче, может быть исключена из рассмотрения в другой.

5.2. Создание и решение связанной задачи

1. Создать и отладить основную задачу (задачу источник), результаты расчета из которой будут передаваться в подчиненную задачу в качестве исходных данных.
2. Создать подчиненную задачу. Файл геометрии подчиненной задачи должен быть тем же, что и для основной задачи.
3. В подчиненной задаче установить курсор на имени задачи и открыть окно диалога "**Свойства задачи**" (**Правка/Свойства**).
4. Перейти на вкладку "**Связь задач**".
5. В панели "**Редактируемая ссылка**" выбрать нужный тип передаваемых в подчиненную задачу данных и указать имя задачи (для этого можно воспользоваться кнопкой **Обзор**).
6. Нажать кнопку "**Добавить**".
7. Закрыть окно диалога с помощью кнопки "**Ок**".

После создания связи, в папке "**Связи задач**" будет указан передаваемый параметр и имя файла основной задачи.

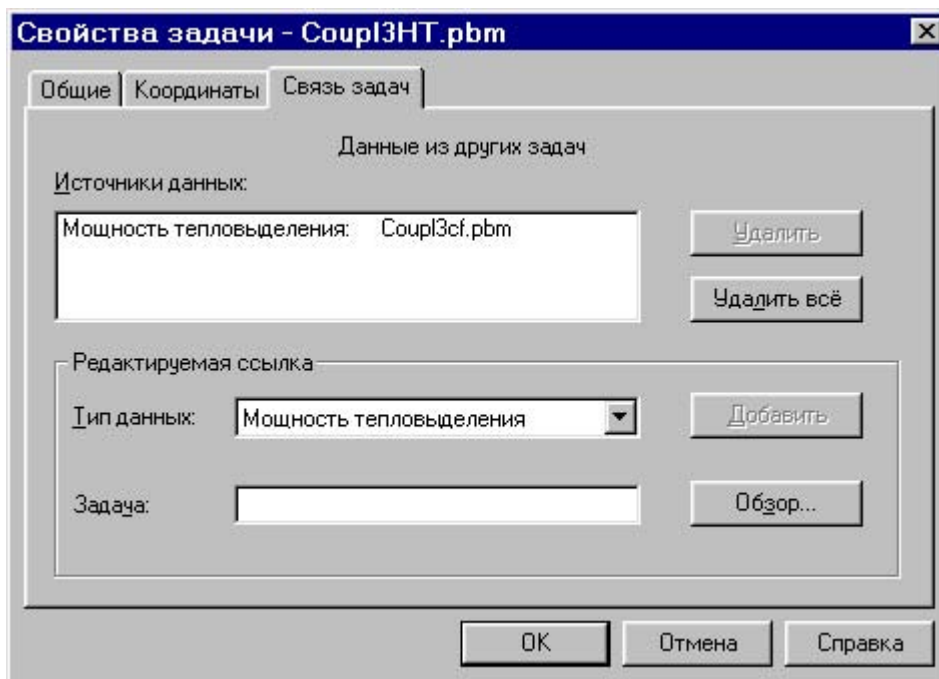


Рис. 5.1. Окно редактирования свойств задачи (вкладка **Связь задач**)

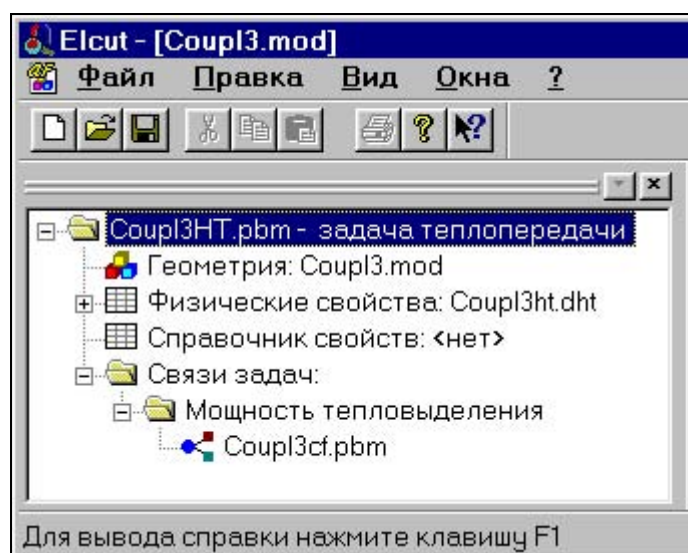


Рис. 5.2. Окно структуры подчиненной задачи после осуществления связи задач

ЛИТЕРАТУРА

1. **ELCUT**. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 4.2. Руководство пользователя. Санкт-Петербург: Производственный кооператив ТОР, 2000г., 130с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Обобщенная методика решения полевой задачи	3
2. Главное окно программы	3
3. Основные этапы решения полевой задачи в ELCUT	4
4. Пошаговая инструкция по решению полевой задачи в ELCUT	4
(на примере магнито-статической задачи)	4
4.1. Создание новой задачи	5
4.2. Выбор типа задачи и класса модели	6
4.3. Выбор единиц измерения длины и системы координат:	7
4.4 Начало работы с моделью	8
4.5. Создание геометрических элементов	8
4.6. Задание свойств материалов	10
4.7. Задание граничных условий	14
4.8. Построение сетки конечных элементов	16
4.9. Решение задачи	18
4.10. Просмотр результатов	19
4.10.1. Работа с картиной поля	19
4.10.2 Просмотр локальных значений поля	20
4.10.3. Определение интегральных значений	21
4.10.4. Построение графиков	22
5. Решение связанных задач	23
5.1 Общие положения	23
5.2. Создание и решение связанной задачи	23
ЛИТЕРАТУРА	24
ОГЛАВЛЕНИЕ	25

**РЕШЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ
ПРОГРАММЫ ELCUT 4.2**

Составитель И.В.Черных

Подписано в печать	Формат 60x84	1/16
Бумага типографская		Усл. п. л.
Уч.- изд. л.	Тираж	Цена «С»

Издательство УГТУ
620002, Екатеринбург, Мира, 19