

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Севастопольский национальный технический университет

Кафедра радиотехники и телекоммуникаций



Основы работы с САПР P-CAD2006

Методические указания

для студентов дневной и заочной форм обучения

направления 6.050901 — «Радиотехника»

Севастополь 2012

УДК 621.396

Основы работы с САПР *P-CAD 2006*: методические указания для студентов дневной и заочной форм обучения направления 6.050901 – «Радиотехника» / СевНТУ; сост. А.Г. Бадалов, С.Н. Поливкин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 63 с.

Цель указаний: оказать помощь студентам при освоении системы автоматизированного проектирования *P-CAD 2006* и получении начальных навыков практической работы при выполнении индивидуальных заданий.

Методические указания утверждены на заседании кафедры радиотехники и телекоммуникаций «___» _____ 2012 г., протокол №___.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: канд.техн.наук. доцент **Слезкин В.Г.**

Ответственный за выпуск:

д-р техн. наук, профессор,

заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций

Гимпилевич Ю.Б.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Структура и возможности САПР <i>P-CAD</i>	6
1.1. Параметры <i>P-CAD</i> 2006.....	6
1.2. Назначение основных составляющих системы <i>P-CAD</i>	6
1.3. Назначение «горячих кнопок».....	7
2. Схемный редактор <i>Schematic</i>	8
2.1. Начальные настройки программы.....	10
2.2. Создание принципиальных схем.....	14
2.3. Работа с многолистовыми схемами в <i>Schematic</i>	23
2.4. Подготовка принципиальной схемы к выводу на печать.....	24
2.5. Передача листа соединений разработанной схемы в <i>PCB</i>	26
3. Редактор печатных плат <i>PCB</i>	27
3.1. Начальные настройки программы.....	29
3.2. Назначение слоев.....	31
3.3. Настройка параметров отображения.....	33
3.4. Импорт листа соединений печатной платы из <i>Schematic</i>	35
3.5. Принципы и алгоритмы трассировки печатных плат.....	36
3.6. Подготовка чертежа печатной платы к выводу на печать.....	40
4. Графический редактор <i>Symbol Editor</i>	43
4.1. Начальные настройки программы.....	43
4.2. Создание символа.....	45
5. Графический редактор <i>Pattern Editor</i>	51
5.1. Начальные настройки программы.....	51
5.2. Создание посадочного места.....	54
6. Менеджер библиотек <i>Library Executive</i>	62
6.1. Понятие о библиотеках и компонентах в <i>P-CAD</i>	62
6.2. Принципы работы с менеджером библиотек <i>Library Executive</i>	64

6.3. Создание однородных компонентов.....	68
6.4. Создание неоднородных компонентов.....	70
Библиографический список.....	74

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач при организации и проведении учебного процесса для студентов направления «Радиотехника и телекоммуникации» является сокращение до минимума сроков адаптации выпускников ВУЗа к работе в современных рыночных условиях, а также их эффективное включение в реальные производственные процессы. Условий успешного решения этой задачи достаточно много, и среди них умения студента практически применять в учебной и последующей производственной деятельности пакеты автоматизированного проектирования являются весьма важными.

Настоящие методические указания направлены на получение студентами начального объема знаний и формирование первых практических навыков работы с системой автоматизированного проектирования (САПР) *P-CAD*. Уже более 10 лет пакет *P-CAD* является одним из наиболее распространенных программных продуктов среди разработчиков элементов радиоэлектронной аппаратуры в странах СНГ. Это объясняется удобной модульной структурой построения пакета, эффективными возможностями создания и корректировки библиотек элементов, интерфейсом. Кроме того, освоение студентами пакета *P-CAD* позволит, при необходимости, начать самостоятельное изучение таких современных пакетов, как *OrCAD* и *Altium Designer*, широко применяющихся в мировой практике радиоэлектронного проектирования.

Структурно методические указания разделены на две части: в первой - приведены основные сведения для начального этапа изучения *P-CAD*, а вторая часть представляет комплекс лабораторных заданий, ориентированных на практическое закрепление получаемых знаний.

1. СТРУКТУРА И ВОЗМОЖНОСТИ *P-CAD*

1.1 Параметры *P-CAD 2006*:

Размер проектируемой печатной платы - до 1625x1625 кв.мм;
Проект схемы может содержать до 999 листов, проект платы - до 999 слоев (11 из них стандартных);
Число цепей в проекте - до 64000;
Число вентилях (секций) в компоненте - до 5000;
Число стилей контактных площадок (КП) в проекте – до 64000 ;
Максимальное число выводов у компонента – 10000;
Максимальные размеры листа схемы или чертежа печатной платы - 60x60 дюймов;
Предельное разрешение - 0.0001 дюйма (0.1 мила) или 0.01 мм (10 микрон);
Минимальный угол поворота компонентов на плате - 0.1 град;
Длина имен компонентов - до 30 символов, максимальный объем текстовых надписей и атрибутов - до 20000 символов.

1.2 Назначение основных составляющих системы *P-CAD*:

Symbol Editor – графический редактор для создания условно-графического обозначения (УГО) радиоэлектронного компонента (РЭК).

Pattern Editor – графический редактор для создания конструкторско-технологического образа РЭК.

Library Executive – менеджер библиотек – программа для создания РЭК и ведения библиотек компонентов.

Schematic – графический редактор для создания принципиальных электрических схем.

PCB – графический редактор для размещения РЭК и ручной и интерактивной трассировки ПП.

Запуск всех редакторов и программ производится с помощью меню «Пуск» > Программы *P-CAD 2006*.

1.3 Назначение «горячих кнопок»

В системе *P-CAD* существуют клавиатурные (инструментальные) команды, которые могут настраиваться практически на все основные операции. Список основных «горячих кнопок», которые действуют во всех программах системы, приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Список основных «горячих кнопок» САПР *P-CAD2006*

Горячие кнопки	Назначение
<+>	Увеличение масштаба размеров изображения в рабочем поле редактора
<->	Уменьшение масштаба размеров изображения в рабочем поле редактора
<A>	Переключение между относительной и абсолютной сетками
<F>	Зеркальное отражение выбранного объекта относительно вертикальной оси. Для символов в <i>Schematic</i> и <i>Symbol Editou</i> : поворот символа относительно вертикальной оси. В <i>PCB</i> : перенос посадочного места (паттерна) с верхнего слоя (<i>TOP</i>) на нижний (<i>BOTTOM</i>) и обратно
<G>	Переключение шагов сетки
<L>	Циклический перебор листов проекта в <i>Schematic</i>
<O>	Выбор режима раскладки линий и проводников
<Q>	Переключение между «упрощенным» и нормальным режимом просмотра
<W>	Циклический перебор ширины линий и проводников (В <i>Schematic</i> — только линий)
<R>	Поворот выделенного объекта (объектов) на 90 градусов против часовой стрелки
<Shift> + <R>	В <i>PCB</i> и <i>Pattern Editor</i> — поворот выделенного объекта на угол, установленный в поле <i>Rotation Increment</i> вкладки <i>Option>Configure</i> этих редакторов
<S>	Переход из текущего режима редактора в режим выбора (<i>Select</i>)
<X>	Переключение режимов отображения курсора

2. СХЕМНЫЙ РЕДАКТОР *SCHEMATIC*

Наиболее часто работа над проектом печатной платы начинается с ввода в систему принципиальной электрической схемы. Перед началом этой работы необходимо настроить систему для обеспечения комфортной и эффективной работы. Запуск программы *SCHEMATIC* осуществляется двойным щелчком по иконке , либо через меню **Пуск > Программы > P-CAD 2006 > Schematic**. После заставки появится окно редактора схем *Schematic*, внешний вид которого показан на рисунке 1.1. Основными элементами рабочего экрана схемного редактора являются : главное меню, в котором сосредоточены основные команды редактора, верхняя и нижняя инструментальные панели, на которых находятся наиболее часто используемые команды, а также рабочее поле, на котором размещается вводимая схема.

В верхней части экрана редактора, рядом с надписью *P-CAD 2006 Schematic*, выводится имя открытого файла.

В нижней части экрана расположена строка подсказки, в которую система выводит сообщения о необходимых действиях пользователя, и статусная строка, где отображаются координаты курсора, тип сетки и ее шаг, название текущей страницы схемы, а также толщина линий. Следует отметить, что в статусной строке можно осуществить изменение текущих координат курсора, выбрать нужную страницу, выбрать или добавить необходимый шаг сетки и толщину линий.

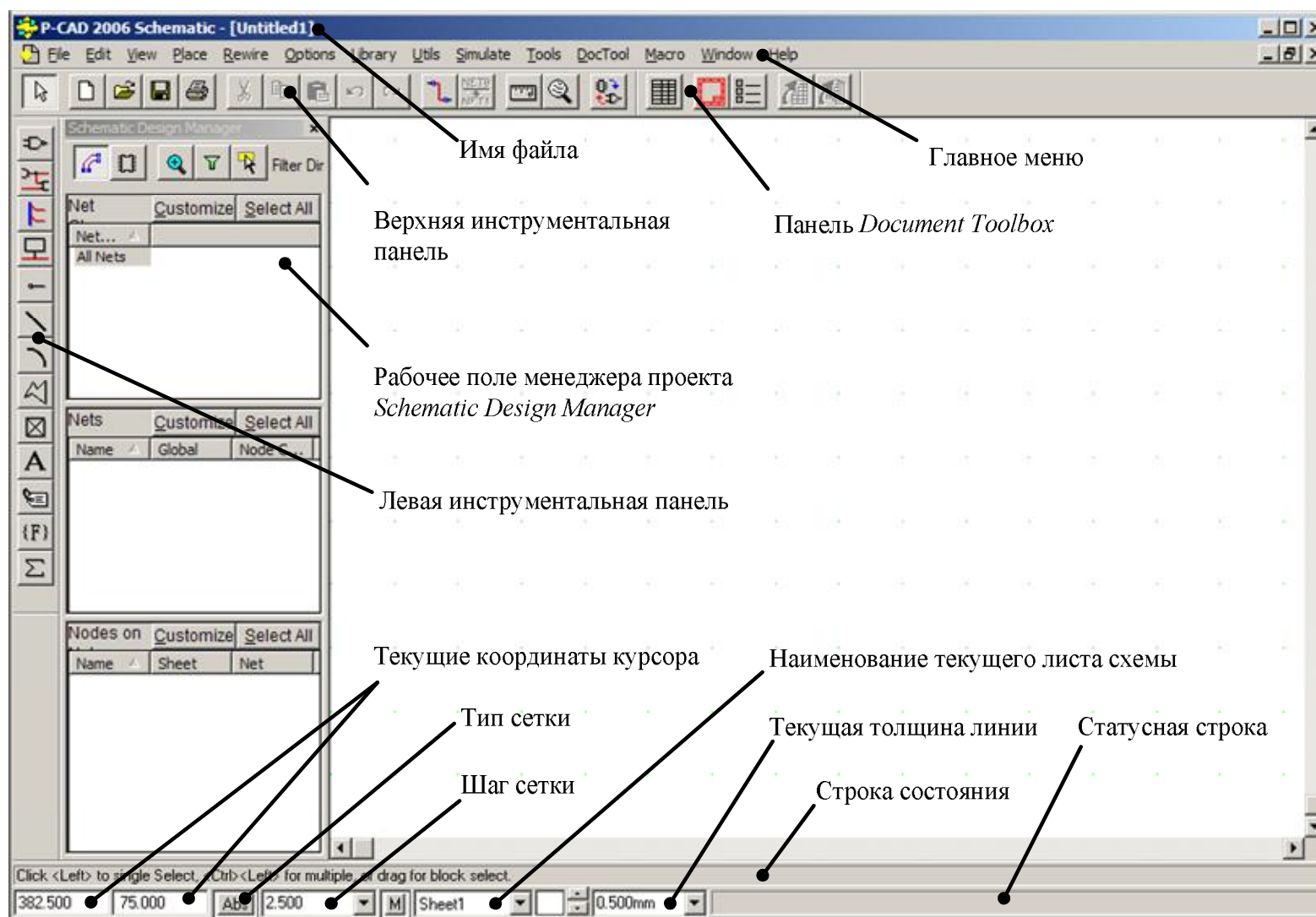


Рисунок 1.1 — Интерфейс схемного редактора *Schematic*

2.1 Начальные настройки программы

Система P-CAD допускает работу с двумя системами измерений: дюймовой и метрической. По умолчанию в системе в качестве единиц измерений установлены *mil* (тысячная часть дюйма — 0,0254 мм). В системе ЕСКД в качестве единиц измерений длины используется метрическая система, поэтому перед началом ввода схемы графический редактор необходимо настроить. Главные системные настройки редактора *Schematic* находятся во вкладке **Options** главного меню. На вкладке **Options>Configure** (параметры конфигурации) находятся настройки размеров страницы текущего проекта, выбора системных единиц измерения, режимов автосохранения и т.д. Рекомендуется в начале изучения *Schematic* выбрать настройки в соответствии с рисунком 2.1. Особое внимание следует обратить на правильную установку единиц измерения в начале работы над проектом, поскольку УГО учебных библиотек разработаны для метрической сетки в полном соответствии с ЕСКД.

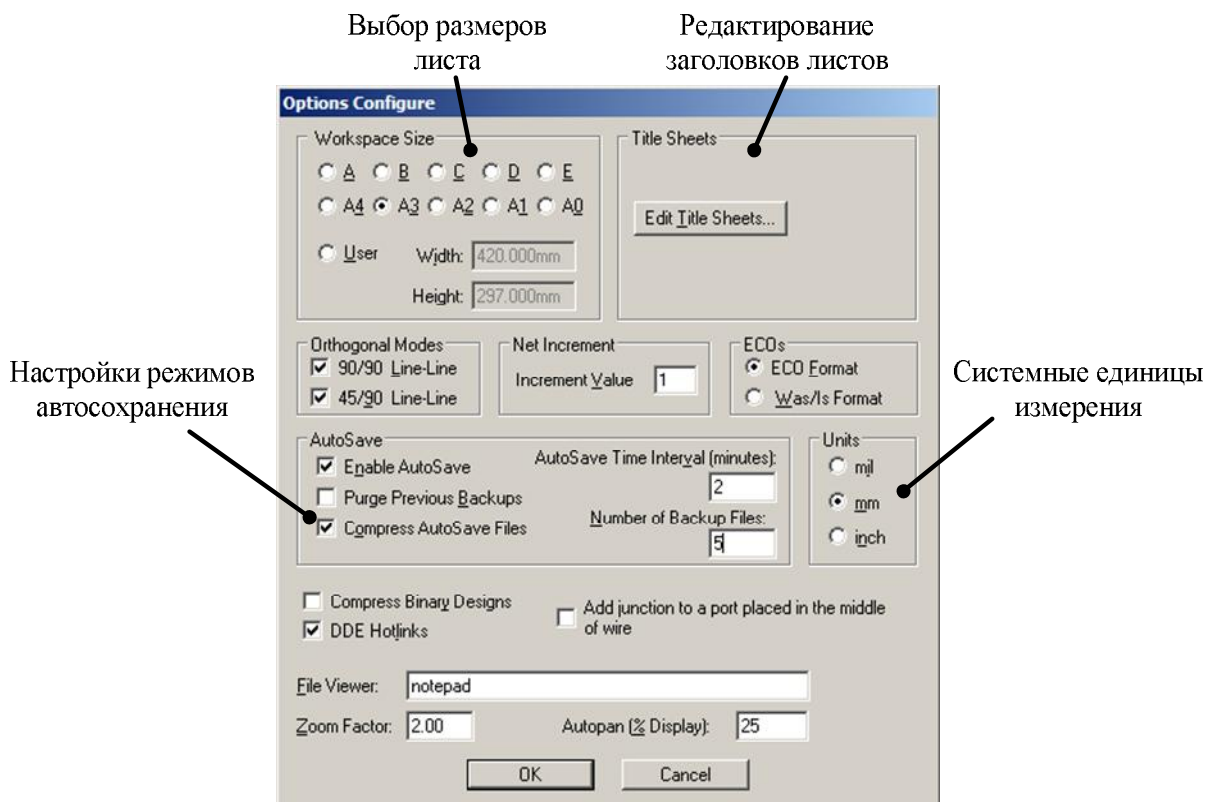


Рисунок 2.1 — Рекомендуемые начальные настройки *Schematic*

Назначение остальных параметров вкладки *Configure* приведены в таблице 2.1. Жирным шрифтом выделены рекомендованные значения параметров

Таблица 2.1 — Основные настройки редактора *Schematic*

Параметр	Назначение
В группе <i>ECO</i> устанавливается режим записи вносимых в проект изменения	
<i>ECO Format</i>	Запись файла изменений в формате <i>P-CAD</i>
<i>Was/Is Format</i>	Запись файла изменений в формате <i>Tango</i>
В группе <i>Orthogonal Modes</i> (Режим ортогональности) определяется режим рисования линий, проводников и шин	
<i>90/90 Line-Line</i>	Рисование вертикальных и горизонтальных линий
<i>45/90 Line-Line</i>	Рисование линий под углом 45 и 90 градусов
В группе <i>AutoSave</i> (Автосохранение) определяются параметры автосохранения	
<i>Enable AutoSave</i>	Включение режима автосохранения
<i>AutoSave Time Interval</i>	Интервал автосохранения в минутах
<i>Number of Backup Files</i>	Количество архивных копий (до 99)
Общие параметры	
<i>Increment Value</i>	Величина приращения цифрового суффикса имени цепи
<i>DDE Hotlinks</i>	Установка связи с редактором печатных плат для подсветки выделенных компонентов и цепей
<i>Compress Binary Designs</i>	Сжатие бинарных файлов при их сохранении
<i>File Viewer</i>	Выбор текстового редактора для просмотра
<i>Zoom Factor</i>	Множитель коэффициента масштабирования для команд <i>Zoom In</i> и <i>Zoom Out</i>

Все элементы схемы на рабочем поле привязываются к узлам специальной сетки. Ее параметры устанавливаются в окне *Options>Grid* (Параметры сетки). Его внешний вид показан на рисунке 2.2. В начале работы над новым проектом

рекомендуется удалить сетку, установленную по умолчанию (кнопка *Delete*) , а также установить значения новых сеток и органов управления согласно рисунку.

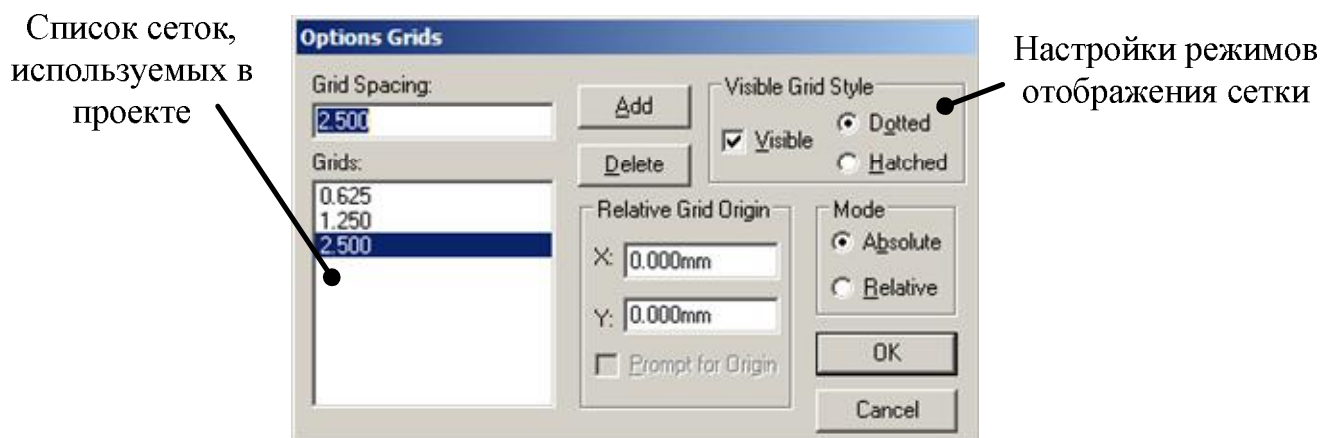


Рисунок 2.2 — Окно *Options Grids* с рекомендованными настройками и значениями сеток

Во время ввода принципиальной схемы текущее значение шаг сетки может выбираться из этого списка (см. рисунок 1.1). **Обратите внимание, что параметры сетки не сохраняются при переходе к новому проекту!**

Выбор ширины проводника (*Wire*) принципиальной схемы осуществляется в окне *Options>Current Wire*. Его внешний вид показан на рисунке 2.3. Рекомендуется установить ширину проводника, равной 0,5 мм, что обеспечит хорошую читаемость схемы и соответствие ЕСКД.



Рисунок 2.3 — Окно *Options>Current Wire* с рекомендованными установками

Для удобства работы в окне *Options>Display* (Настройки экрана) (рисунок 2.4) можно выбрать цвета, которыми будут отображаться различные элемен-

ты принципиальной схемы. Кроме того, **необходимо установить тип и размер соединительной точки**, в соответствии с рисунком 2.4. Это позволит существенно улучшить читаемость схем.

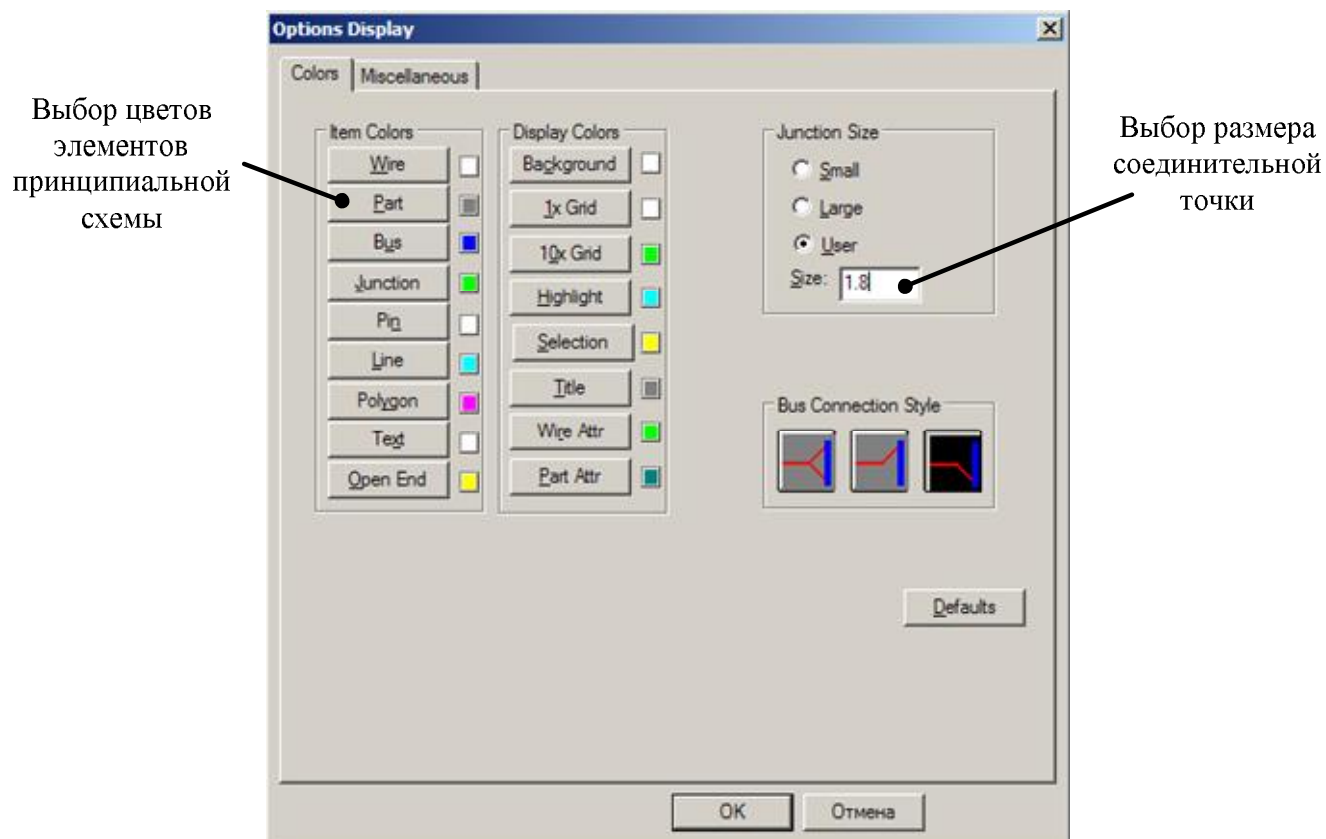


Рисунок 2.4 — Окно *Options Display* с рекомендованными установками

2.2 Создание принципиальных схем

Для ввода принципиальной схемы необходимо запустить программу *Schematic*, осуществить начальные настройки программы в том порядке, который был описан в предыдущем разделе, после чего сохранить файл схемы в рабочий каталог. После этого необходимо подключить к проекту библиотеки с нужными компонентами. Эта операция осуществляется с помощи команды *Library>Setup* главного меню программы. Внешний вид окна *Library Setup* показан на рисунке 2.5. В данном окне можно осуществить подключение и отключение библиотек проекта, а также изменить их порядок.

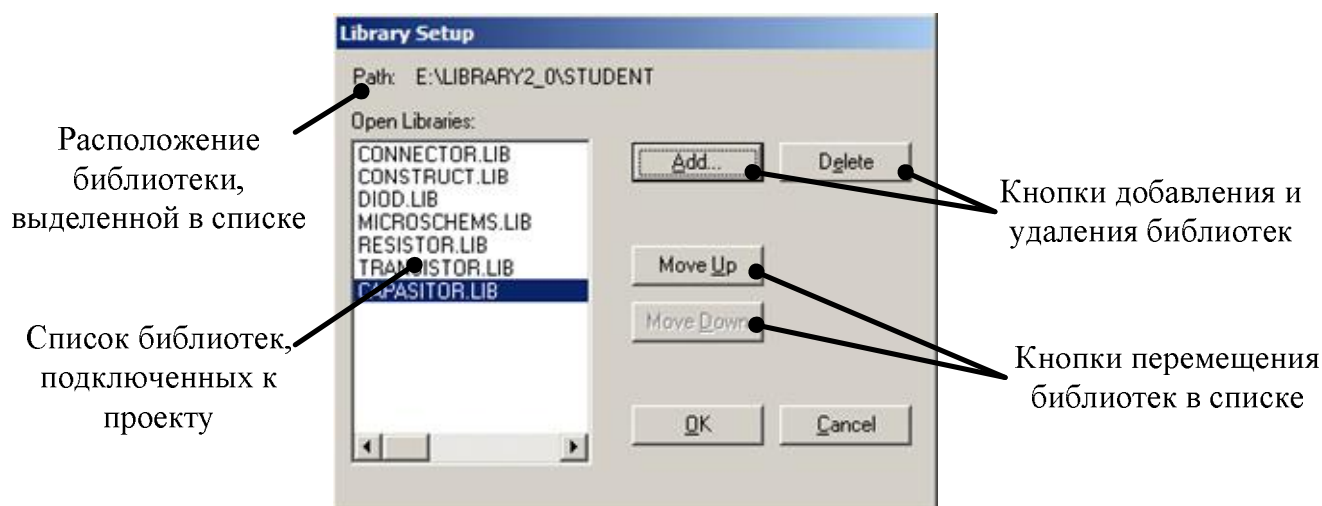


Рисунок 2.5 — Окно Library Setup

После того, как выбраны необходимые библиотеки, можно приступить к вводу принципиальной электрической схемы. Все основные команды, необходимые для этого, сведены в левую инструментальную панель. Назначение кнопок данной панели с кратким описанием приведено в таблице 2.2. **Перед началом этой операции необходимо установить рабочую сетку 2,5 мм!**

Ввод схемы начинается с выбора компонентов. Эта операция может быть выполнена двумя способами: путем нажатия кнопки *Place Part* на панели *Placement Toolbar* (см. таблицу 2.2) или с помощью команды *Place>Part* главного меню редактора. Внешний вид окна *Place Part* показан на рисунке 2.6.

Таблица 2.2 — Описание команд инструментальной панели *Placement Toolbar* редактора *Schematic*

Номер кнопки в панели	Внешний вид кнопки	Назначение	Описание
1		<i>Place Part</i> Разместить компонент	Размещает символ компонента в указанную точку рабочего пространства
2		<i>Place Wire</i> Разместить проводник	Размещает электрическую цепь или ряд сегментов цепей на текущем листе
3		<i>Place Bus</i> Разместить шину	Размещает шину на текущем листе
4		<i>Place Port</i> Разместить порт	Размещает порт, указывающий связность между подцепями одной цепи. Подцепи могут находиться на разных листах в пределах проекта
5		<i>Place Pin</i> Разместить вывод (пин)	Не используется в режиме ввода схем
6		<i>Place Line</i> Разместить линию	Размещает линию на текущем листе
7		<i>Place Arc</i> Разместить дугу	Размещает дугу на текущем листе
8		<i>Place Polygon</i> Разместить полигон	Размещает полигон на текущем листе
9		<i>Place Ref Point</i> Разместить опорную точку	Не используется в режиме ввода схем
10		<i>Place Text</i> Разместить текст	Размещает текст на текущем листе
11		<i>Place Attribute</i> Разместить атрибут	Не используется в режиме ввода схем
12		<i>Place Field</i> Разместить поле	Не используется в режиме ввода схем

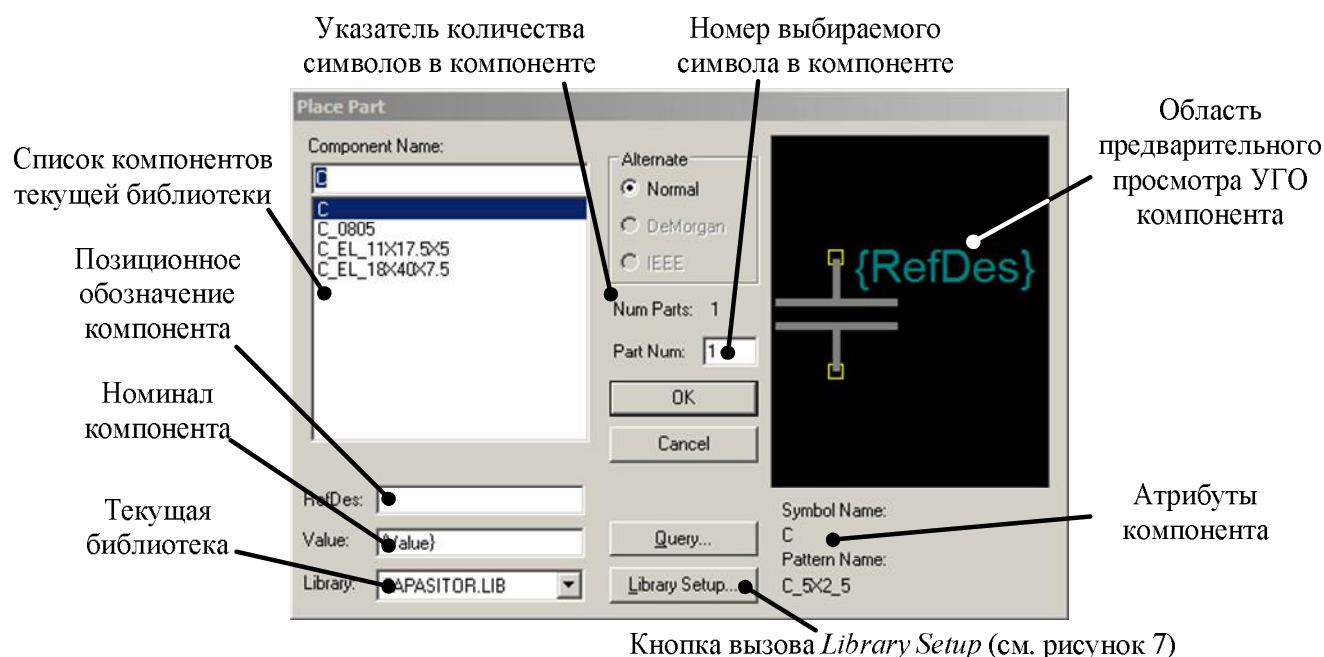


Рисунок 2.6 — Описание окна Place Part

Для выбора необходимого компонента нужно выбрать содержащую его библиотеку в выпадающем меню *Library*. После этого в списке компонентов выбрать нужный. При этом в области предварительного просмотра отобразится его внешний вид, а в области атрибутов компонента — информация о его символе (УГО) и посадочном месте. При необходимости в поле *Refs* (Позиционное обозначение) следует указать его значение. В поле *Value* (Номинал) для компонентов типа резисторов или конденсаторов следует указать номинал. Если компонент, например, сдвоенный операционный усилитель, состоит из нескольких частей (в этом случае параметр *Num Parts* будет отличен от нуля), необходимо указать номер выбираемой части путем ввода соответствующей цифры в поле *Part Num*.

После нажатия кнопки *OK* вместо курсора в рабочем поле редактора схем появляется контур выбранного УГО компонента. Для вращения символа следует использовать кнопку *R*. Щелчок левой кнопкой мыши завершает перенос компонента на принципиальной схеме. Для того, чтобы вставить в схему еще один такой же компонент, достаточно, не выходя из режима *Place Part*, нажать левую кнопку мыши в нужной части листа.

Таким образом, на принципиальную схему переносятся необходимые компоненты. После того, как необходимые компоненты установлены, следует скор-

ректировать их взаимное расположение. Для этого следует перейти в режим *Select* (Режим выбора объектов) путем нажатия кнопки *S* на клавиатуре или пиктограммы  в главном меню редактора (см. рисунок 1.1). В режиме выбора объектов может осуществляться перемещение объектов, редактирование их свойств, а также корректировка взаимного размещения атрибутов, принадлежащих объекту. Операции перемещения объектов выполняются с помощью стандартных для Windows приемов. Для изменения значения атрибутов символа — позиционного значения или номинала — следует дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по символу. После этого в открывшемся окне свойств компонента, внешний вид которого показан на рисунке 2.7, следует выполнить необходимые изменения.

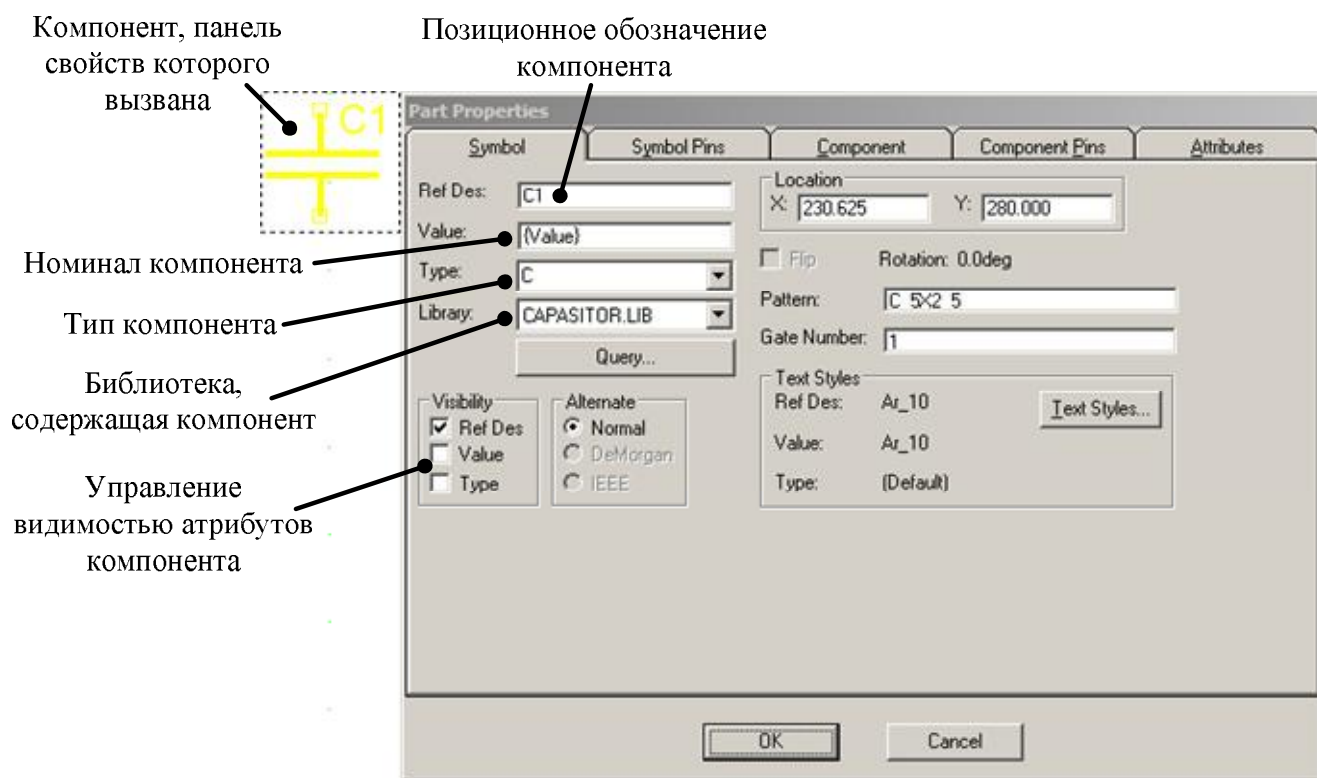


Рисунок 2.7 — Окно свойств компонента (*Part Properties*)

Выбор части объекта и изменение положения позиционного обозначения, типа или номинала какого-либо объекта осуществляется путем щелчка по нему левой кнопкой мыши с предварительно зажатой кнопкой *SHIFT*. Так можно выполнять перемещение позиционного обозначения (*RefDes*), номинала (*Value*) и типа (*Type*) компонента без изменения положения его символа. На рисунке 2.8,а показан результат ввода фрагмента принципиальной схемы с использованием

описанных выше действий. После расположения компонентов в желаемом порядке следует приступить к вводу необходимых соединений. Для этого в редакторе *Schematic* необходимо перейти в режим *Place Wire*, нажав пиктограмму  на левой инструментальной панели, или выбрать пункт меню *Place>Wire* главного меню (см. рисунок 1.1). С помощью кнопки <O> необходимо установить ортогональный режим рисования линий (*Ortho*=90 в статусной строке). Следует отметить, что редактор показывает на рисунке неподключенные выводы символов желтыми квадратами, которые исчезают после того, как этот вывод соединится проводником (см. рисунок 2.9).

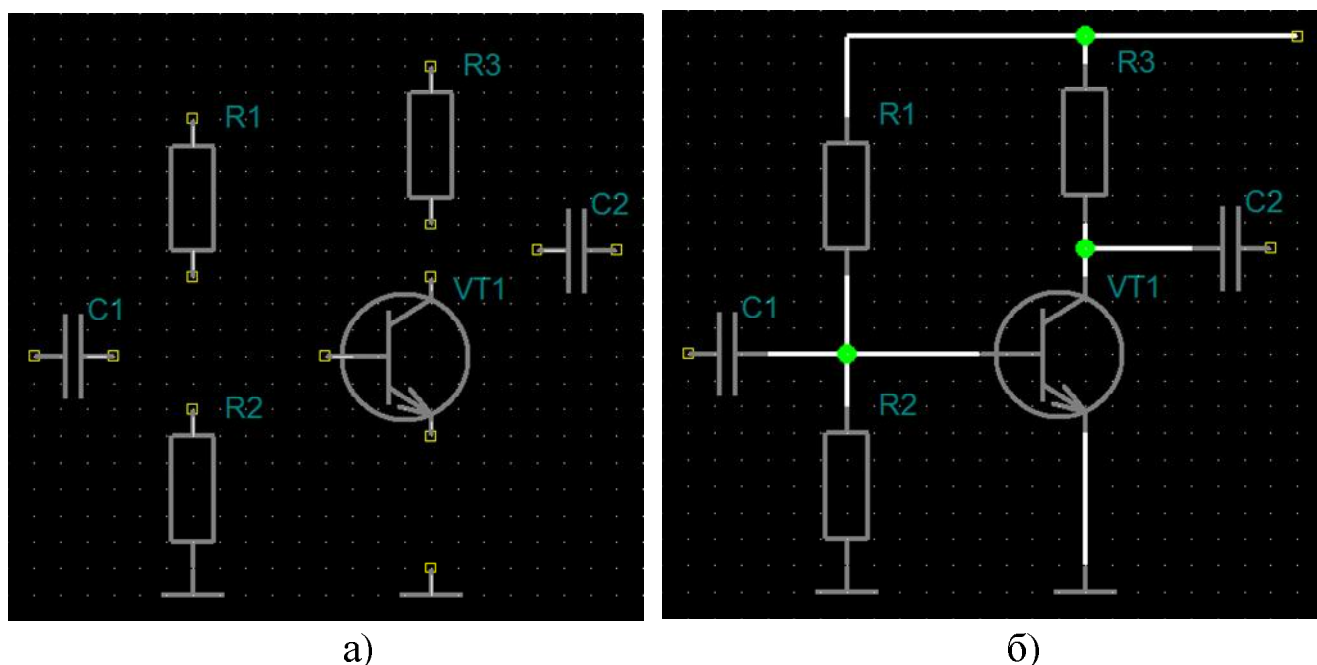


Рисунок 2.8 — а) расстановка компонентов; б) соединенные компоненты схемы

Для прокладки проводника необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по желтому квадратику на выводе нужного символа или на конце проводника. Эта точка будет являться началом нового проводника. Повторный щелчок левой кнопки мыши в другой точке рабочего листа приведет к появлению фрагмента проводника. Нажатие правой кнопки мыши приведет к завершению прокладки текущего проводника. Таким образом можно также соединять проводники. В месте их соединения образуется точка (см. рисунок 2.8,б). Проводники могут пересекаться; при этом, если в месте пересечения нет точки, они не соединены. На ри-

сунке 2.8,б показан фрагмент схемы, в которой проведены все необходимые связи описанным выше способом. Следует отметить, что проводники в редакторе *Schematic* прокладываются исключительно по выбранной сетке. Поэтому необходимо, чтобы выводы компонентов были расположены в узлах выбранной сетки (2,5 мм). Если соединение произошло, маркеры неподключенных соединений пропадают (см. рисунок 2.9).

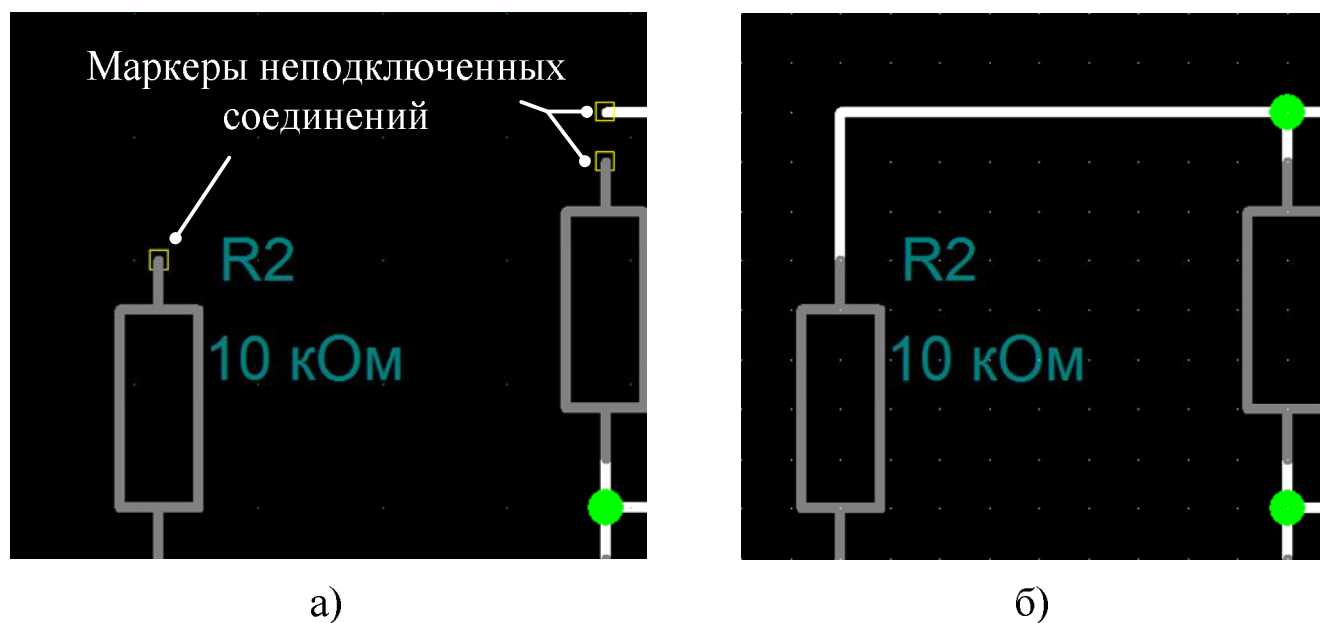


Рисунок 2.9 — Отображение маркеров неподключенных соединений до и после ввода проводника

Важным инструментом редактора *Schematic*, существенно упрощающим проектирование и работу со сложными схемами, является использование линий групповой связи — шин (*Bus*). Линия групповой связи позволяет объединять произвольное число проводников. Поскольку каждая цепь в редакторе имеет уникальный идентификатор, для объединения двух проводников, подключенных к шине, достаточно присвоить им одинаковый идентификатор. Для рисования шины в редакторе *Schematic* необходимо перейти в режим *Place Bus*, нажав пиктограмму  на левой инструментальной панели или выбрать пункт меню *Place>Bus* главного меню (см. рисунок 1.1). Ввод шины произвольной трассы осуществляется аналогично вводу проводника. Каждая шина также имеет свой идентификатор. Для подключения проводника к шине необходимо в режиме ри-

сования проводников переместить курсор на шину и щелкнуть левой кнопкой мыши. Проводник оборвется автоматически. Внешний вид его соединения с шиной может быть выбран в меню свойств проводника, показанном на рисунке 2.12.

Как уже было сказано ранее, каждая цепь принципиальной электрической схемы в системе *P-CAD* имеет свой уникальный идентификатор. Очень часто желательно, чтобы этот идентификатор отображался на принципиальной схеме и имел осмысленное значение, помогающее идентифицировать данную цепь. В *Schematic* операция присвоения имени цепи осуществляется с помощью портов (*Port*). Другой важнейшей функцией портов является объединение разнесенных на чертеже сегментов в единую цепь. Для переключения в режим работы с портами необходимо перейти в режим *Place Port*, нажав пиктограмму  на левой инструментальной панели или выбрать пункт меню *Place > Port* главного меню. После этого следует щелкнуть левой кнопкой мыши по проводнику или свободному месту схемы. В появившемся меню свойств порта (см. рисунок 2.10) необходимо указать или выбрать из списка имеющихся цепей имя порта. Остальные настройки порта рекомендуется выбрать в соответствии с рисунком 2.10.

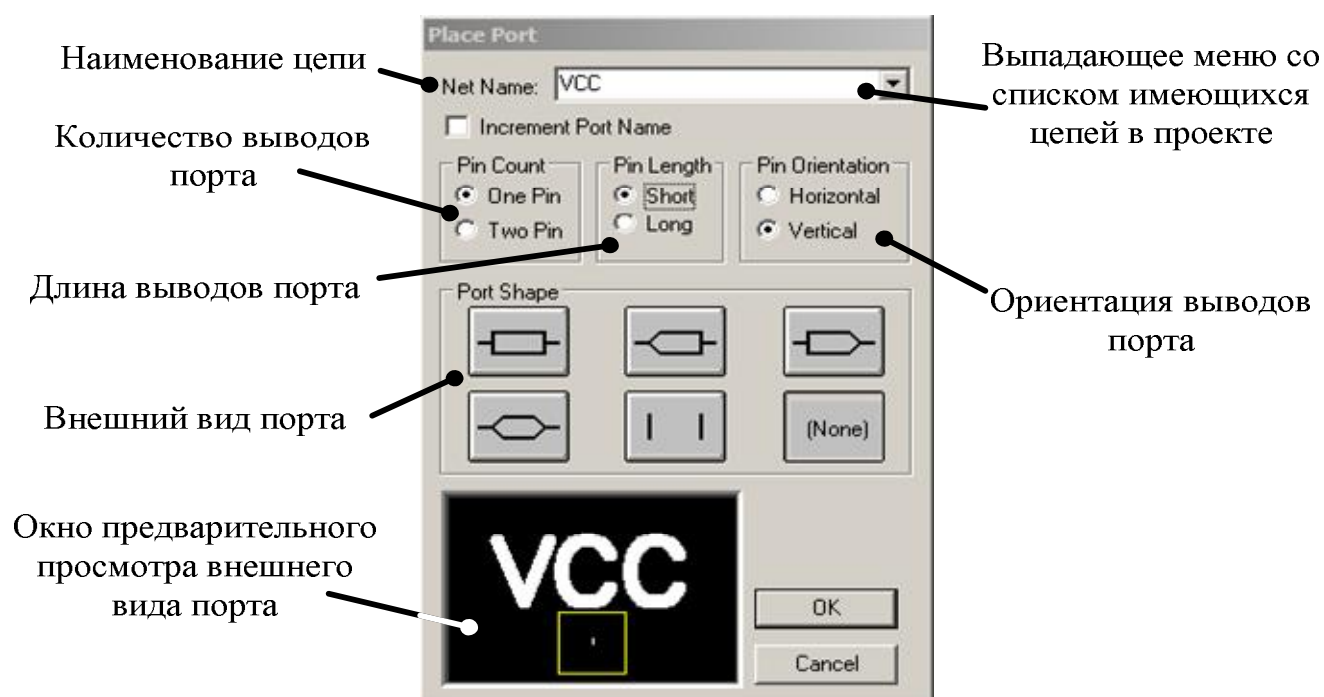


Рисунок 2.10 — Окно свойств порта (*Place Port*)

После ввода принципиальной электрической схемы необходимо выполнить перенумерацию позиционных обозначений символов компонентов (*RefDes*). Эта операция выполняется с помощью команды *Utils>Renumber* главного меню редактора *Schematic*. Для получения порядка расположения позиционных обозначений в соответствии с действующими нормами ЕСКД необходимо выполнить настройки данного инструмента в соответствии с рисунком 2.11.

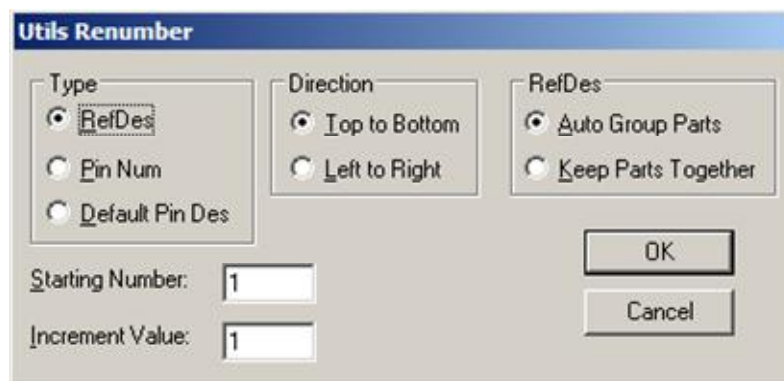


Рисунок 2.11 — Настройки команды перенумерации позиционных обозначений символов

На рисунке 2.12 показан фрагмент принципиальной схемы после выполнения описанных выше действий.

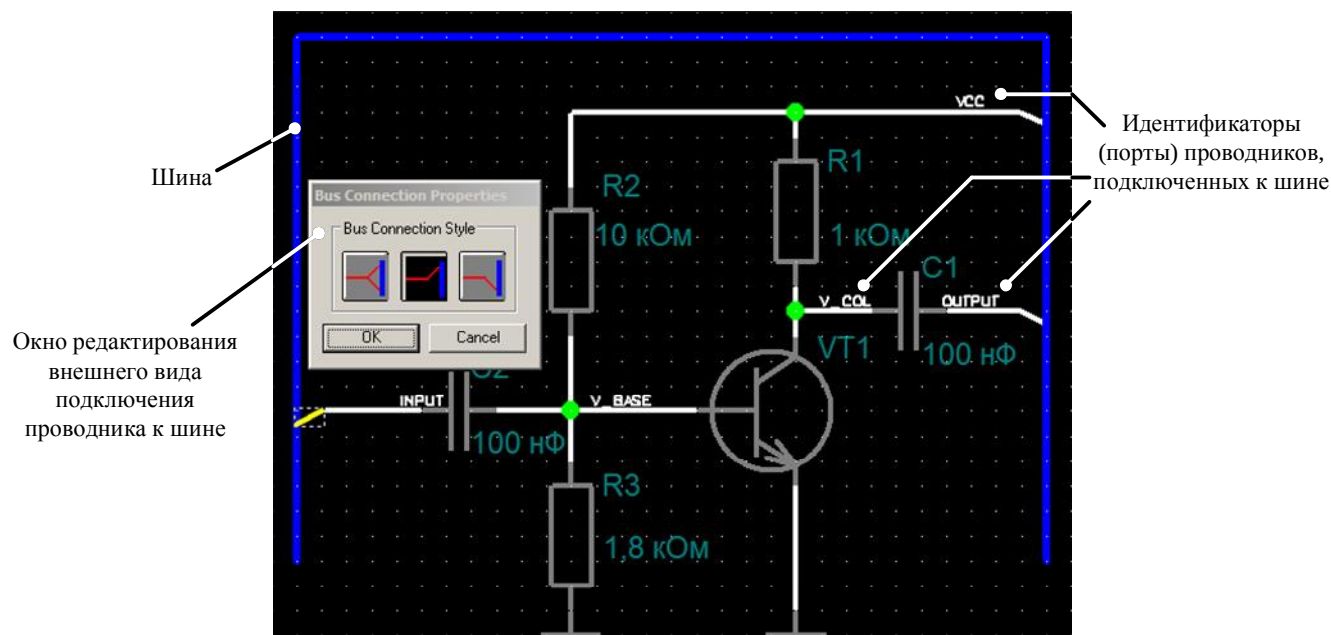


Рисунок 2.12 — Редактирование свойств подключения к шине

Соединение проводников с помощью шины и портов показано на рисунке 2.13.

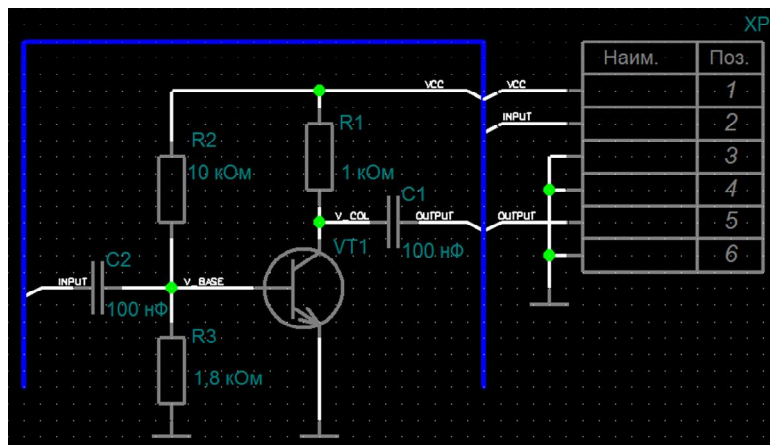


Рисунок 2.13 — Внешний вид завершенного фрагмента схемы в *Schematic*

Работа над схемой существенно упрощается с использованием приложения «*Design Manager*», в котором сведены наиболее часто используемые команды при создании, редактировании, а также корректировке принципиальных схем. На рисунке 2.14 показан внешний вид приложения, а также дано описание его интерфейса в режимах контроля свойств соединений (*Nets*), а также свойств компонентов (*Components*).

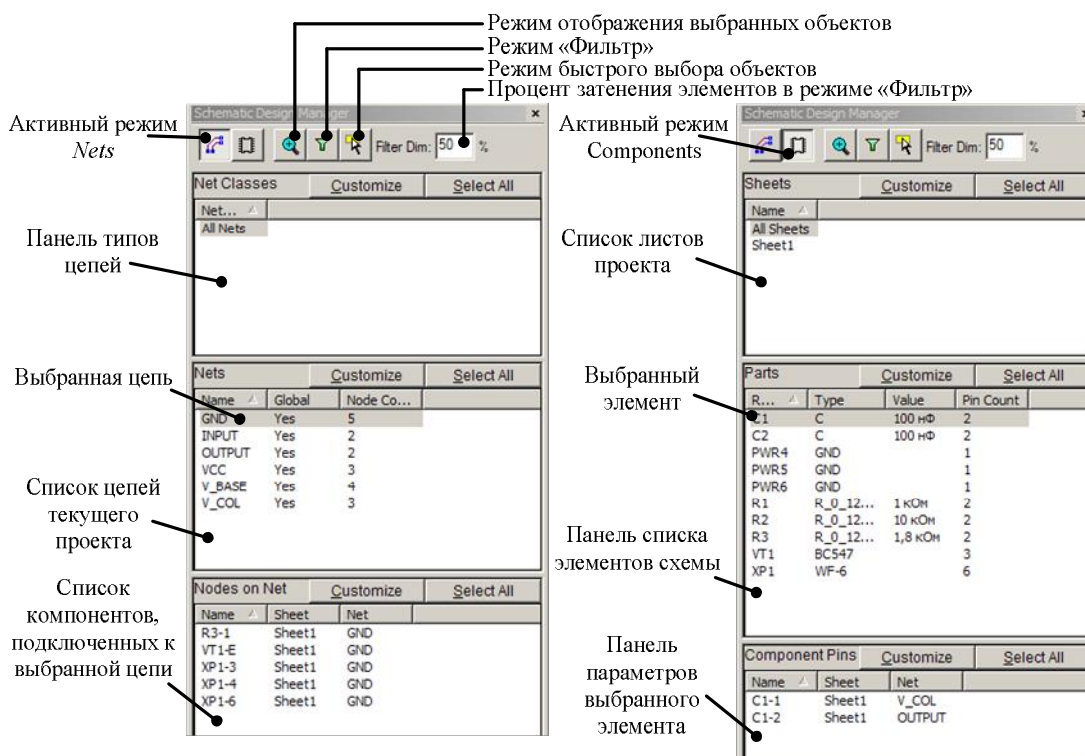


Рисунок 2.14 — Описание интерфейса приложения «*Design Manager*»

2.3 Работа с многолистовыми схемами в Schematic

При работе со сложными схемами иногда целесообразно выполнять их на нескольких листах. В редакторе *Schematic* все команды, предназначенные для создания и работы с многолистовыми схемами, находятся на двух вкладках панели *Options>Sheets*, внешний вид которых показан на рисунке 2.15.

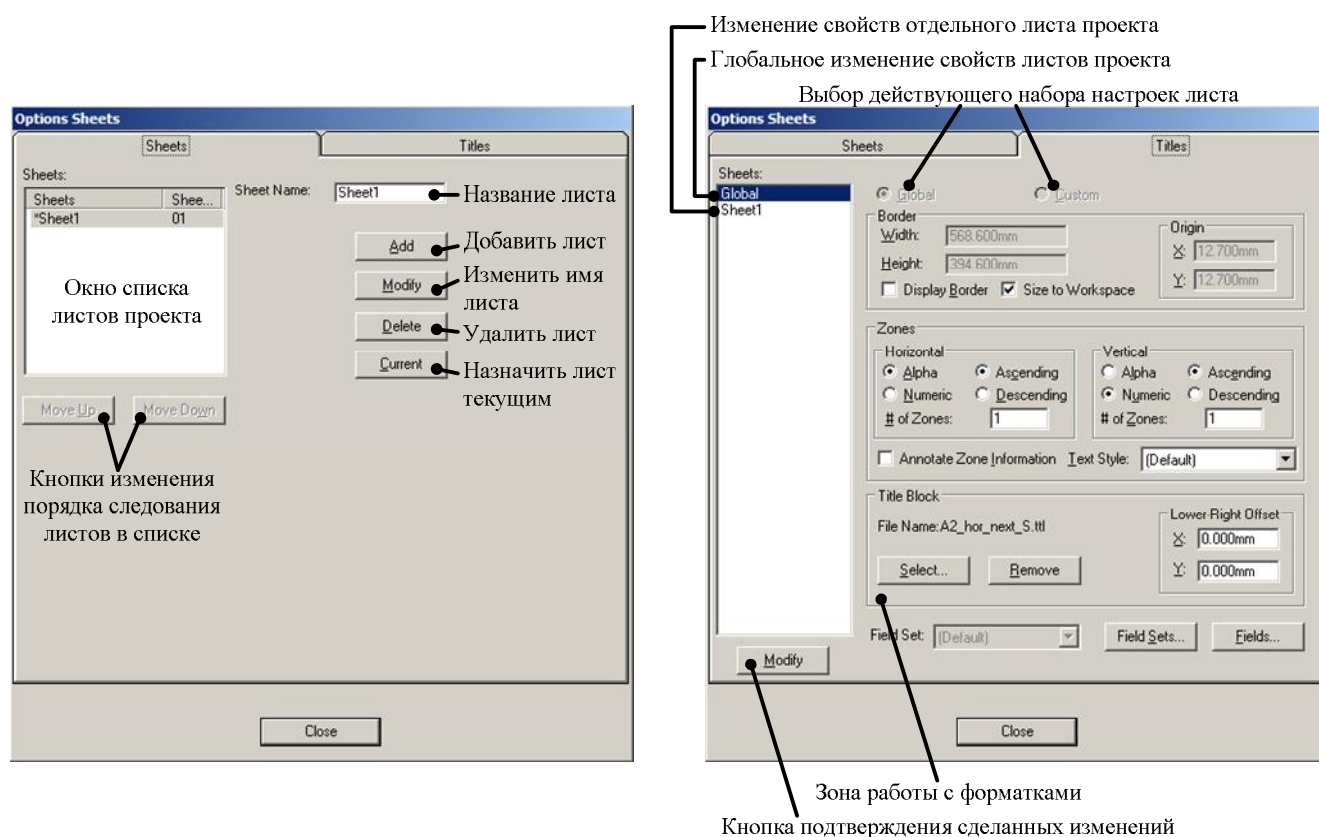


Рисунок 2.15 — Внешний вид и описание назначения органов управления вкладки *Options Sheets*

Из рисунка 2.15 видно, что с помощью вкладки *Sheets* можно осуществить создание, переименование и удаление листов схемы проекта. Следует отметить, что в названии листов допустима кириллица, но нежелательны пробелы. Удалить можно только пустой лист. На вкладке *Titles* находятся команды, предназначенные для управления внешним видом листа, подключением фоновых форматок и т.д.

2.4 Подготовка принципиальной схемы к выводу на печать

Схема, созданная в редакторе *Schematic*, может быть распечатана в различных режимах. Для перехода к панели диспетчера печати необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по пиктограмме  на верхней инструментальной панели или выбрать команду *File>Print* в главном меню. Внешний вид окна диспетчера печати показан на рисунке 2.16.

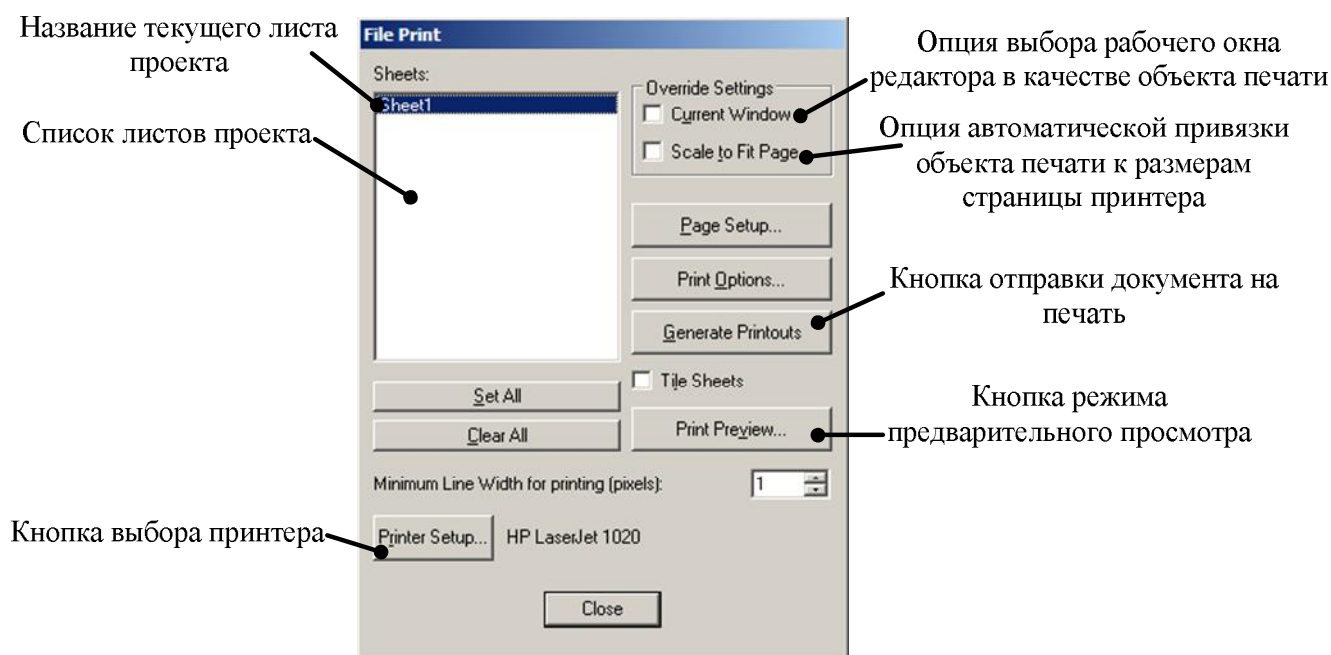


Рисунок 2.16 — Окно диспетчера печати *Schematic*

Перед подготовкой принципиальной схемы к печати необходимо выбрать принтер и в окне его настроек установить требуемую ориентацию листа. После этого следует установить желаемые настройки печати в окне *Print Options*, которое показано на рисунке 2.17. Это окно запускается с помощью одноименной кнопки окна диспетчера печати. Следует обратить особое внимание на то, что **в окне *Print Options* должен быть установлен размер соединительной точки независимо от настроек, показанных на рисунке 2.4.** Внешний вид окна *Print Options* показан на рисунке 2.17. После этого следует перейти к окну настроек страницы (*Page Setup*). В этом окне производится выбор размеров страницы для каждого из листов схемы, их ориентация, устанавливаются масштаб и области печати. Внешний вид окна *Page Setup* показан на рисунке 2.18. Для контроля резуль-

татов применения описанных выше инструментов перед отправкой документа на печать служит режим предварительного просмотра, который вызывается кнопкой *Print Preview*, расположенной в окне диспетчера печати.

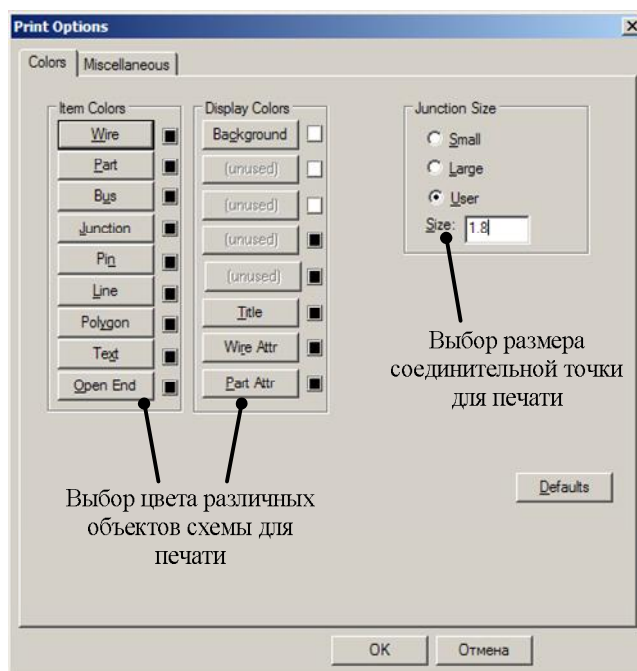


Рисунок 2.17 — Окно настроек печати *Print Options*

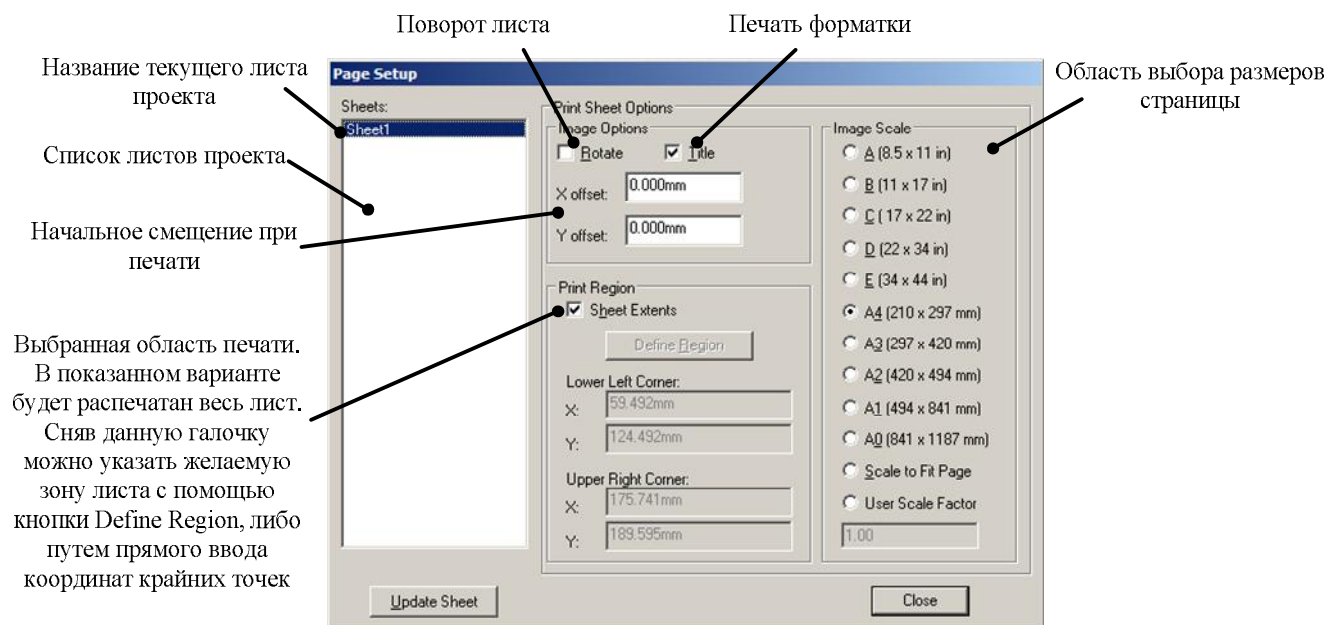


Рисунок 2.18 — Окно настроек страницы *Page Setup*

На печать документ отправляется с помощью кнопки *Generate Printouts*.

2.5 Передача листа соединений разработанной схемы в РСВ

Для того, чтобы по составленной в Schematic принципиальной схеме можно было разработать печатную плату в редакторе РСВ, необходимо сформировать файл списка соединений. Он формируется в Schematic с помощью команды *Utils>Generate Netlist* (генерировать список соединений). В частности, для принципиальной схемы, изображенной в качестве примера на рис.2.13, будем считать созданным файл-список соединений *test.net*.

3. РЕДАКТОР ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ РСВ

Для размещения компонентов на печатной плате и ручной трассировки в САПР *P-CAD* используется графический редактор *PCB*. Его запуск осуществляется двойным щелчком по иконке , либо через меню **Пуск> Программы> P-CAD 2006> PCB**. После заставки появится окно редактора печатных плат *PCB*, внешний вид которого показан на рисунке 3.1. Основными элементами рабочего экрана схемного редактора являются: главное меню, в котором сосредоточены основные команды редактора, верхняя и нижняя инструментальные панели, на которых находятся наиболее часто используемые команды, а также рабочее поле, на котором размещается печатная плата.

В верхней части экрана редактора, рядом с надписью *P-CAD 2006 PCB*, выводится имя открытого файла.

В нижней части экрана расположена строка подсказки, в которую система выводит сообщения о необходимых действиях пользователя и статусная строка, где отображаются координаты курсора, тип сетки и ее шаг, текущий слой, а также толщина линий. Следует отметить, что в статусной строке можно проконтролировать изменение текущих координат курсора, выбрать нужную страницу, выбрать или добавить необходимый шаг сетки и толщину линий.

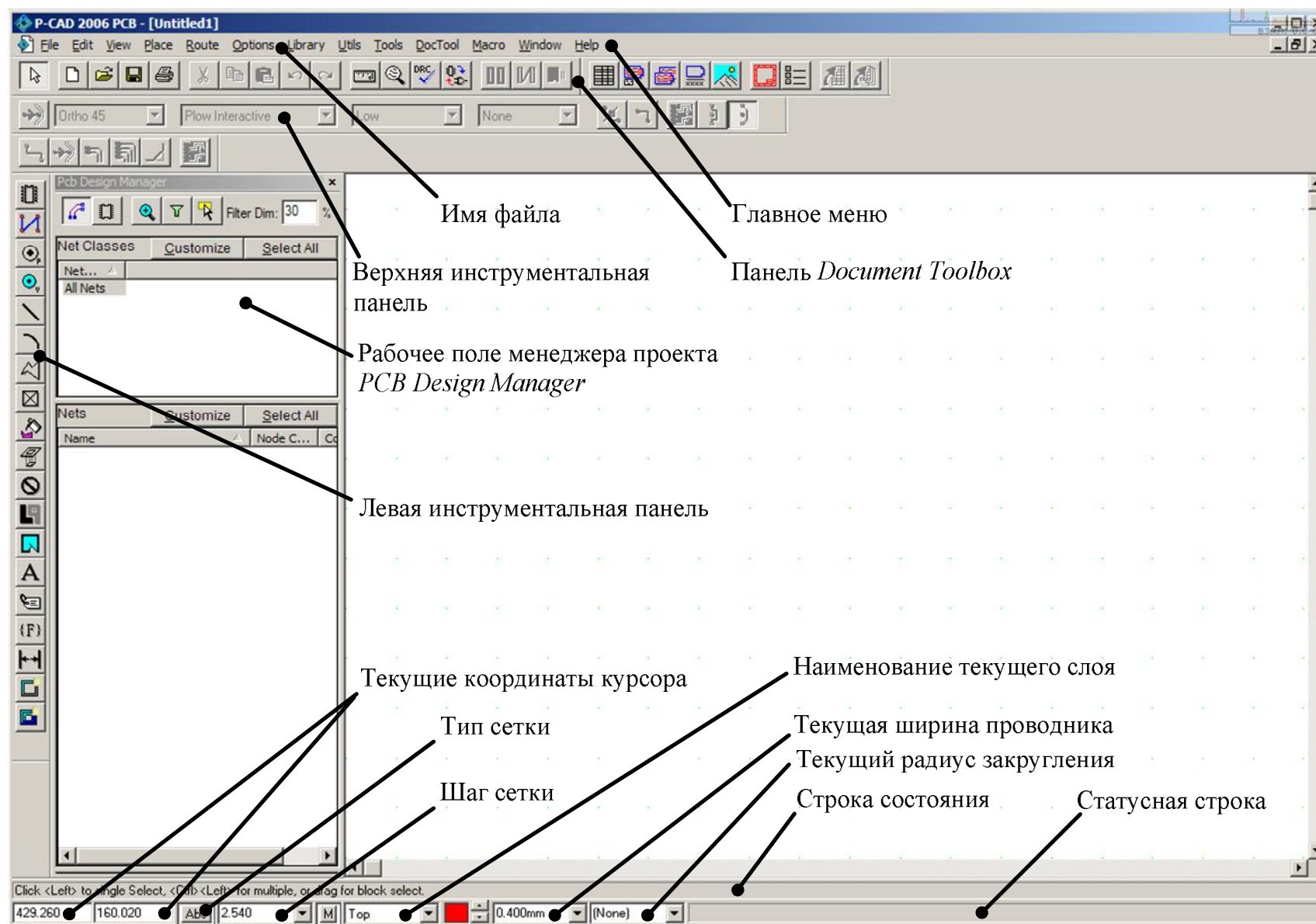


Рисунок 3.1 — Интерфейс редактора печатных плат *PCB*

3.1 Начальные настройки программы

Система *P-CAD* допускает работу с двумя системами измерений: дюймовой и метрической. По умолчанию в системе в качестве единиц измерений установлены *mil* (тысячная часть дюйма — 0,0254 мм). В системе ЕСКД в качестве единиц измерений длины используется метрическая система, поэтому перед началом ввода схемы графический редактор *PCB* необходимо настроить. Главные системные настройки редактора *PCB* находятся во вкладке **Options** главного меню. На вкладке **Options>Configure>General** (общие параметры конфигурации) находятся настройки размеров страницы текущего проекта, выбора системных единиц измерения, режимов автосохранения и т.д. Рекомендуется в начале изучения *PCB* выбрать настройки в соответствии с рисунком 3.2. **Особое внимание следует обратить на правильную установку единиц измерения в начале работы над проектом.**

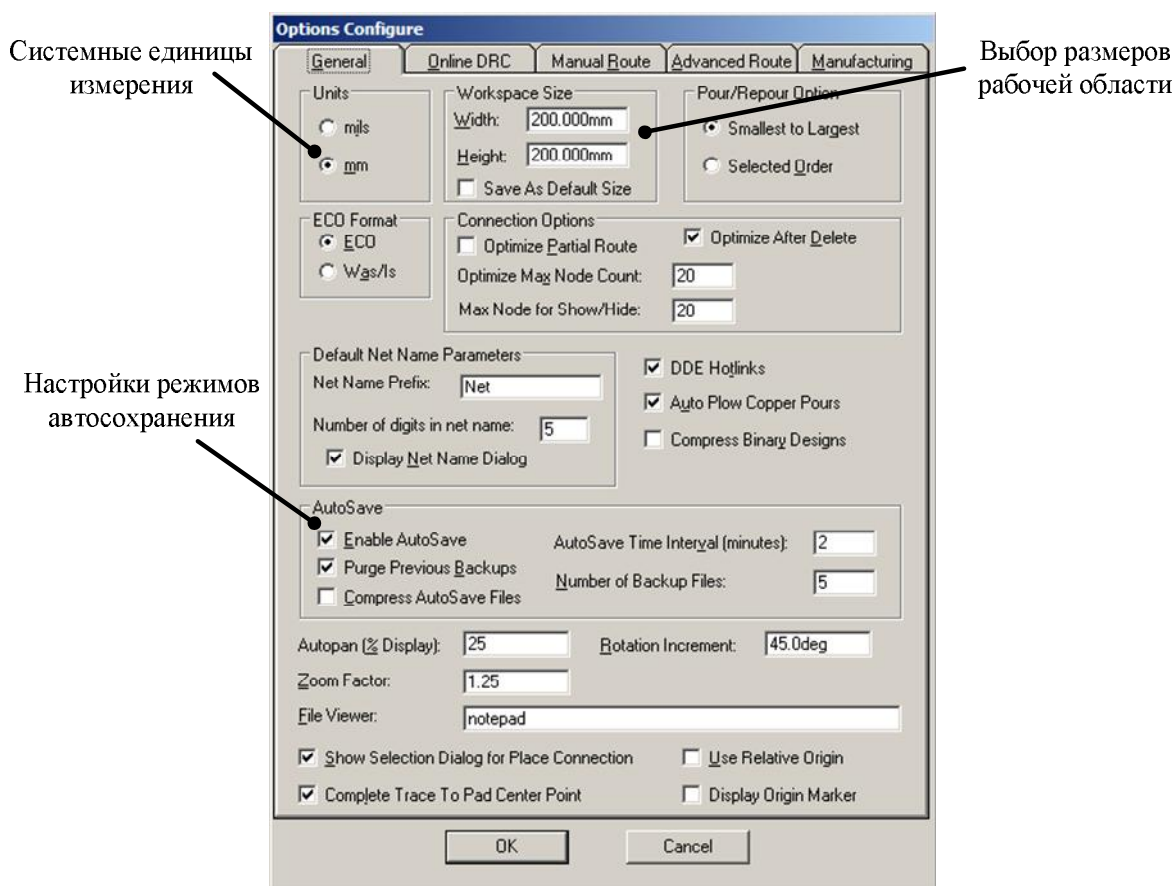


Рисунок 3.2 — Рекомендуемые начальные настройки *PCB*

Корпуса всех деталей, а также проводники печатной платы на рабочем поле привязываются к узлам специальной сетки. Ее параметры устанавливаются в окне *Options>Grids* (Параметры сетки). Его внешний вид показан на рисунке 3.3.

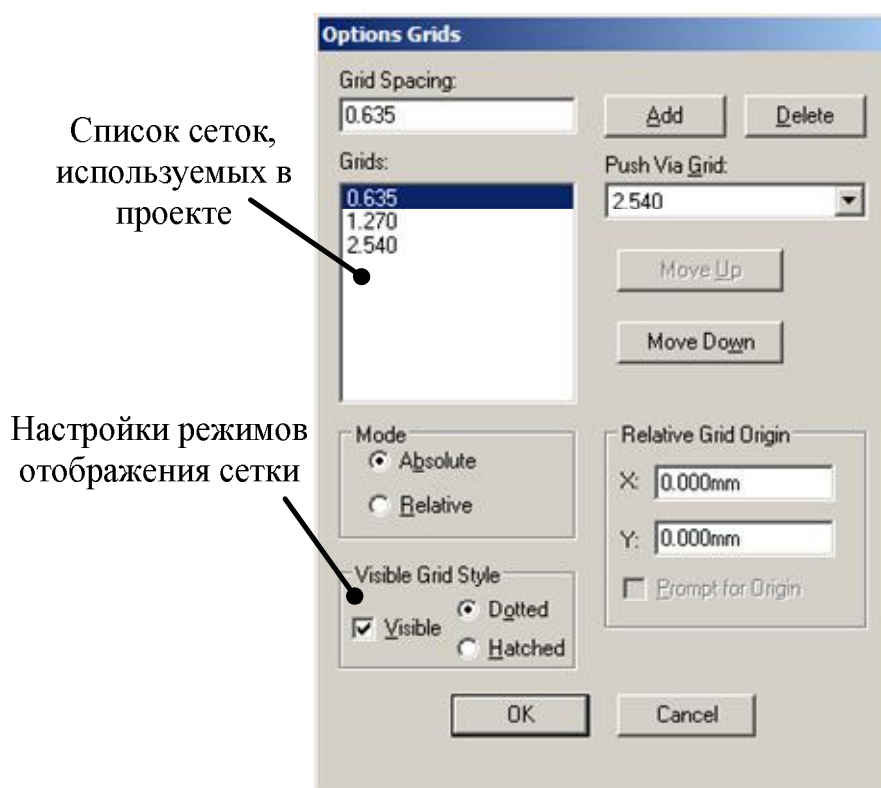


Рисунок 3.3 — Окно *Options Grids* с рекомендованными настройками и рекомендуемыми значениями сеток

Задание и выбор используемых толщин проводников печатной платы осуществляется во вкладке *Options>Current Line* (рисунок 3.4) или с помощью соответствующей кнопки статусной строки (см. рисунок 3.1).

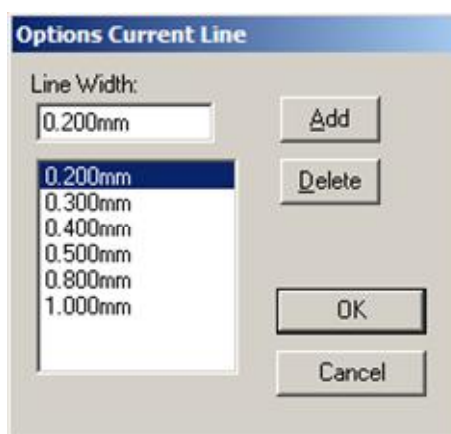


Рисунок 3.4 — Окно *Options Current Line*

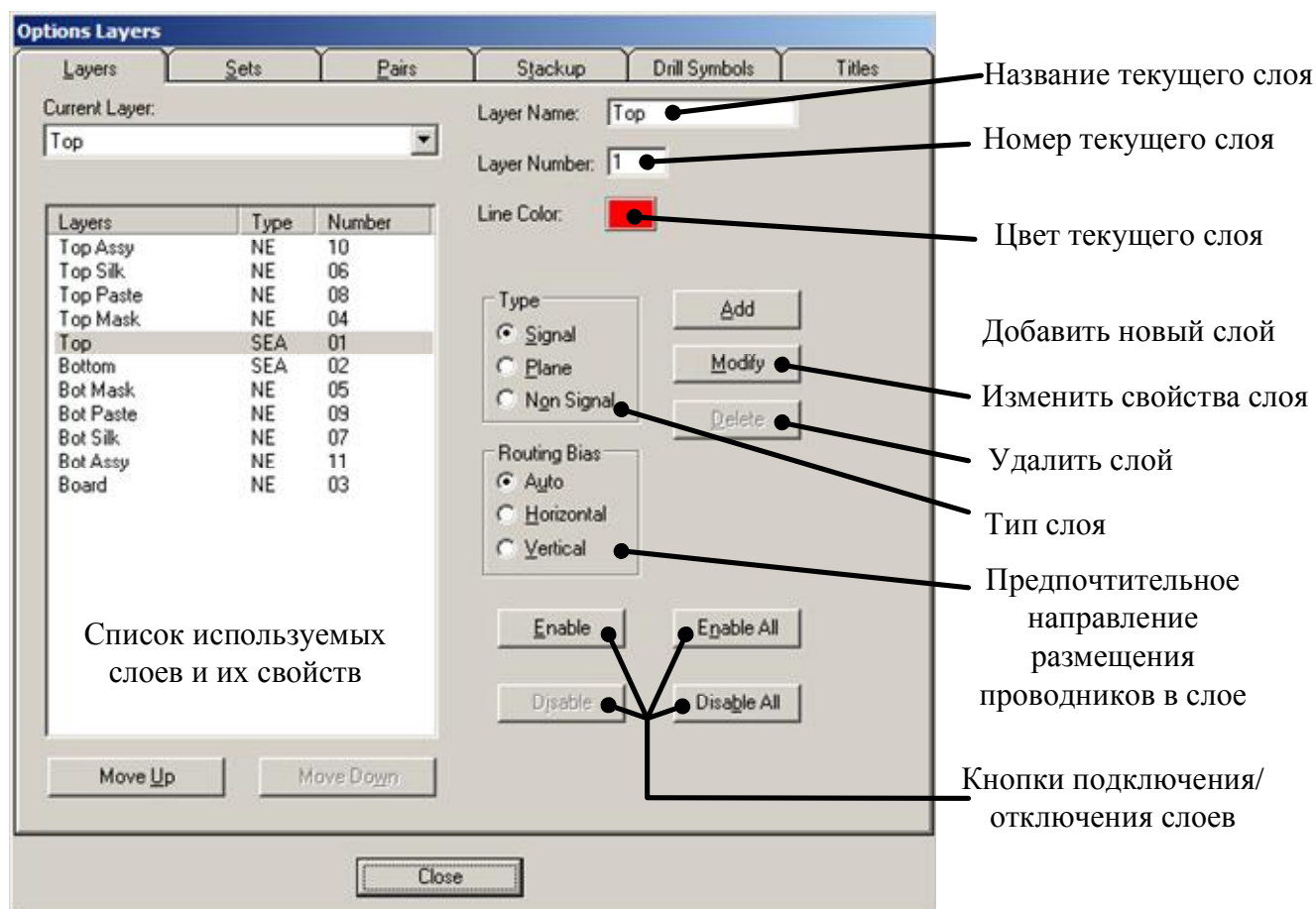
3.2 Назначение слоев

В графическом редакторе печатных плат *PCB*, в отличие от схемного редактора *Schematic*, принята послойная организация элементов изображения. Для наглядности можно представить, что каждый слой рисуется на прозрачной пленке, а затем слои собираются в пакет, формируя цельное изображение. На одном слое рисуются проводники на верхней стороне печатной платы, на другом — на нижней, на третьем — границы печатной платы и т.д. **Установка конфигурации слоев является одной из важнейших операций проектирования.** По умолчанию в *PCB* устанавливается конфигурация слоев для двусторонней печатной платы. Их назначение описано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Названия и назначение системных слоев

Слой	Назначение
<i>Top</i>	Верхний сигнальный слой печатной платы
<i>Top Assy</i>	Слой дополнительных атрибутов на верхней стороне печатной платы
<i>Top Silk</i>	Слой шелкографии на верхней стороне печатной платы
<i>Top Paste</i>	Слой графики пайки на верхней стороне печатной платы
<i>Top Mask</i>	Слой графики маски припоя на верхней стороне печатной платы
<i>Bottom</i>	Нижний сигнальный слой печатной платы
<i>Bottom Assy</i>	Слой дополнительных атрибутов на нижней стороне печатной платы
<i>Bottom Silk</i>	Слой шелкографии на нижней стороне печатной платы
<i>Bottom Paste</i>	Слой графики пайки на нижней стороне печатной платы
<i>Bottom Mask</i>	Слой графики маски припоя на нижней стороне печатной платы
<i>Board</i>	Слой контура печатной платы

Управление слоями осуществляется с помощью панели *Option>Layers* (рисунок 3.5).

Рисунок 3.5 — Панель *Options Layers*

В списке *Current Layer* (текущий слой) выбирается имя текущего слоя, т.е. слоя, на котором производится или будет производиться работа в текущий момент. Имя текущего слоя всегда отображается в статусной строке рабочего экрана редактора *PCB*. В группе *Type* (тип) задается тип слоя:

Signal — сигнальный слой;

Plane — сплошной слой металлизации для подключения питания;

Non Signal — слой, не несущий информацию об электрических цепях (графика посадочных мест, тексты, размеры и т.д.).

В списке слоев типу слоя соответствует первая буква в колонке *Type*.

Каждый слой может быть выключен с помощью соответствующих кнопок (см. рисунок 3.5). Состояние слоя отображает вторая буква колонке *Type*. Выключенный слой недоступен для просмотра, редактирования и печати, а также не используется средствами трассировки печатных плат. При необходимости разрабо-

тать одностороннюю плату достаточно выключить верхний сигнальный слой (*Top*).

В группе Routing Bias (направление трассировки) указывают предпочтительную ориентацию печатных проводников в выбранном сигнальном слое. Этот параметр отображается третьей буквой для сигнальных слоев в колонке *Type*. Возможны следующие варианты: *Auto* — автоматический выбор ориентации; *Horizontal* — горизонтальная ориентация; *Vertical* — вертикальная ориентация.

3.3 Настройка параметров отображения

По команде основного меню *Options>Display* в окне *Options Display* на двух вкладках можно задать цвета и стили отображения различных объектов разрабатываемой печатной платы. На вкладке *Colors* (цвета), показанной на рисунке 3.6, можно изменять цвета отдельных элементов изображения на каждом из слоев. На вкладке *Miscellaneous* (Разное), показанной на рисунке 3.7 устанавливаются режимы отображения и размеры дополнительных элементов и символов, стиль отображения курсора и т.д. В таблице 3.2 приведен перечень элементов и параметров редактора, которые устанавливаются в данной вкладке.

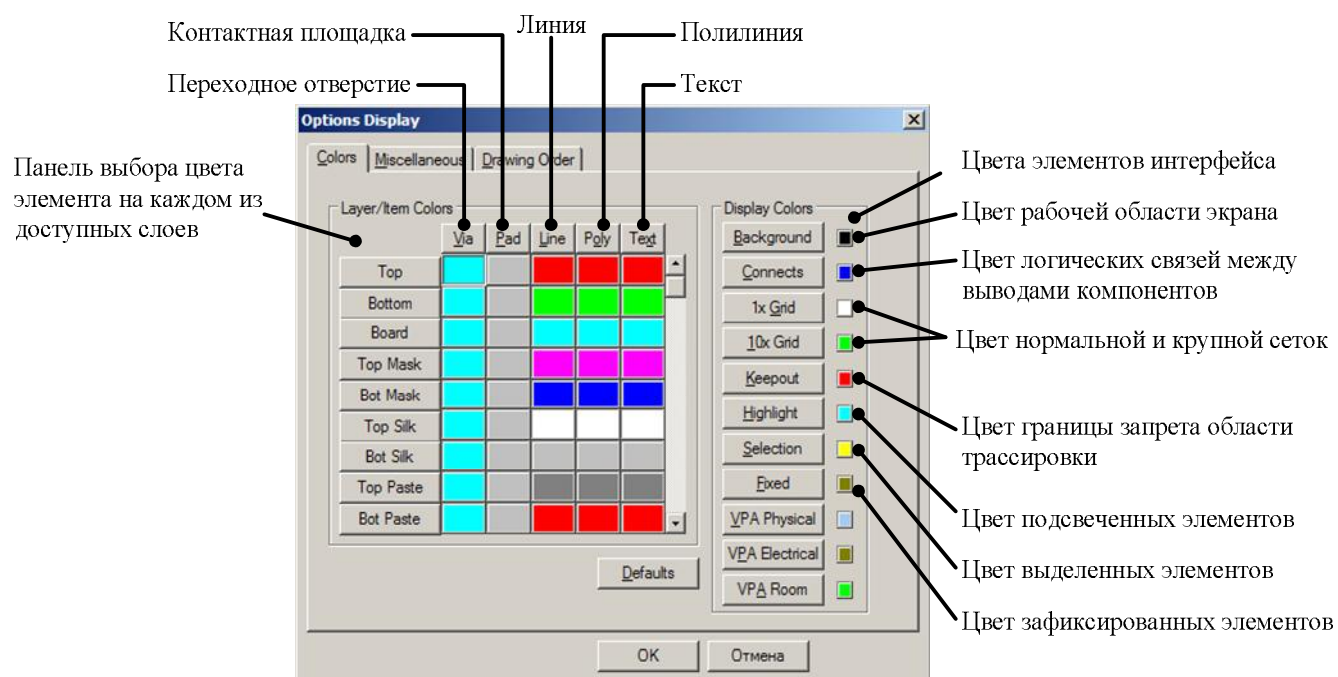


Рисунок 3.6 — Вкладка *Colors* окна *Options Display*

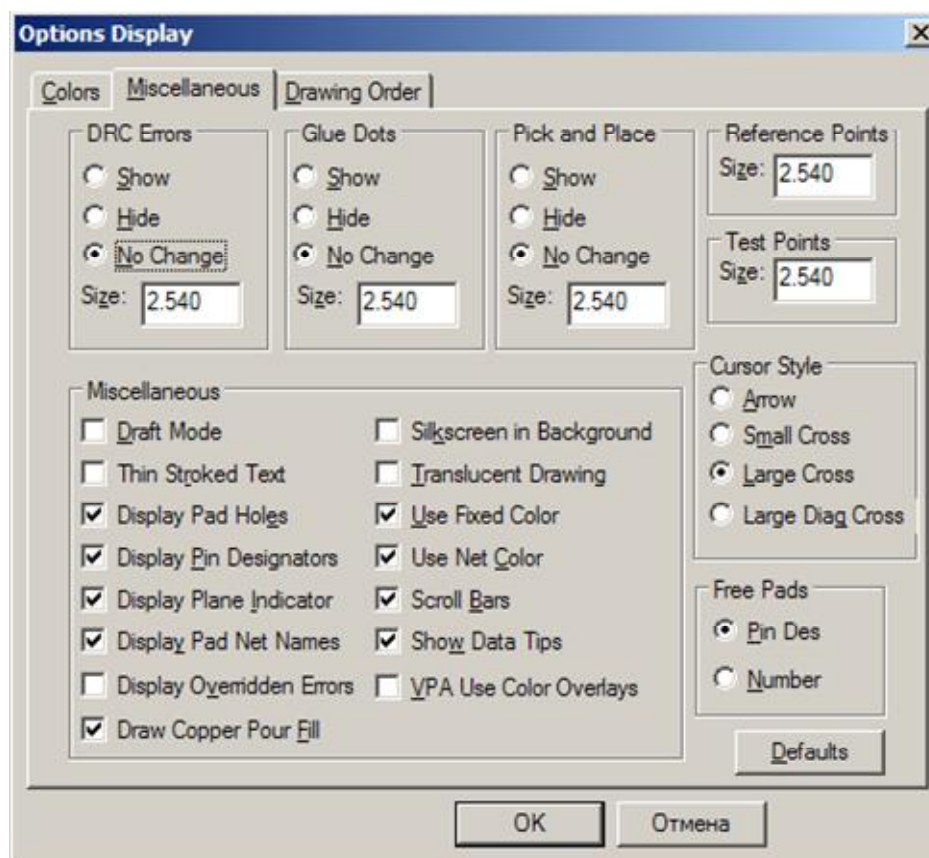


Рисунок 3.7 — Вкладка *Miscellaneous* окна *Options Display*

Таблица 3.2 — Описание параметров вкладки *Miscellaneous* окна *Options Display*

Параметр	Назначение
<i>Draft Mode</i>	Режим изображения линий и полигонов без их заливки
<i>Thin Stroked Text</i>	Отображение текста тонкими линиями
<i>Display Pad Holes</i>	Отображение монтажных отверстий
<i>Display Pin Designators</i>	Отображение обозначений выводов
<i>Display Pad Net Names</i>	Отображение названий цепей, подключенных к контактным площадкам, в их центре
<i>Draw Copper Pour Fill</i>	При снятии этого флажка медные заливки отображаются утолщенными линиями контуров, что ускоряет «перерисовку» экрана
<i>Silkscreen in Background</i>	Установка цвета фона для слоев шелкографии цвета фона
<i>Translucent Drawing</i>	Включение отображения элементов в полупрозрачном режиме
<i>Use Fixed Color</i>	Выделение зафиксированных компонентов и проводников установленным цветом
<i>Use Net Color</i>	Отображение элементов цепи заданным цветом
<i>Scroll Bars</i>	Показ линеек прокрутки рабочего экрана
<i>Show Data Tips</i>	Показ всплывающих подсказок для компонентов, цепей и т.д.

3.4 Импорт листа соединений разрабатываемой печатной платы из *Schematic*

При рассмотрении работы с редактором принципиальных схем *Schematic* была разработана принципиальная схема (см. рисунок 2.13) и создан файл-список соединений *test.net*. Для создания печатной платы по этому файлу необходимо в редакторе *PCB* подключить те же библиотеки, которые использовались при составлении принципиальной схемы. Для этого в главном меню редактора *PCB* следует выполнить команду *Library>Setup*. В появившемся окне *Library Setup* (Настройка библиотек) следует нажать кнопку *Add*(добавить), после чего указать путь к библиотекам компонентов.

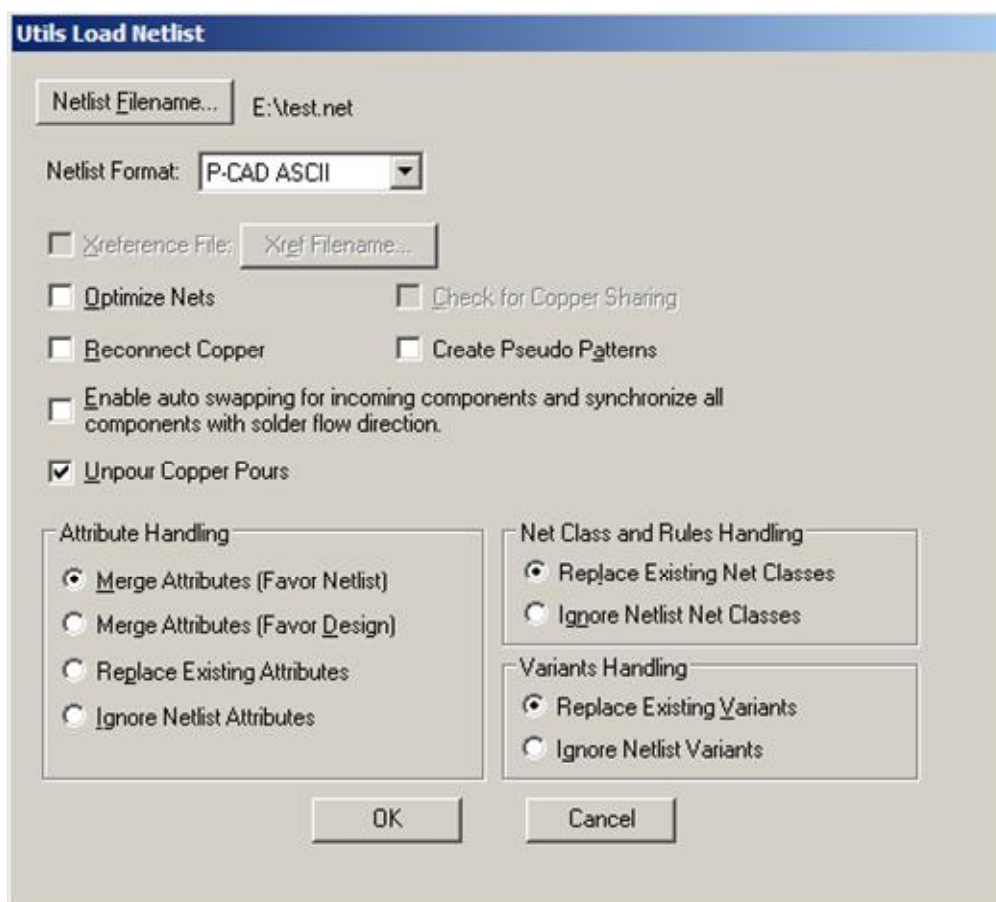


Рисунок 3.8 — Окно импорта файла соединений *Utils load Netlist*

После этого в главном меню редактора *PCB* следует выполнить команду *Utils>Load Netlist* (загрузка списка соединений). В появившемся окне *Utils load Netlist* (рисунок 3.8) необходимо нажать кнопку *Netlist Filename* и указать путь к файлу — списку соединений. В рассматриваемом случае — к файлу *test.net*. Ос-

тальные элементы управления импортом файла соединений рекомендуется установить в соответствии с рисунком 3.8. После этого следует нажать кнопку *OK*. При отсутствии ошибок окно редактора *PCB* примет вид, близкий к показанному на рисунке 3.9.

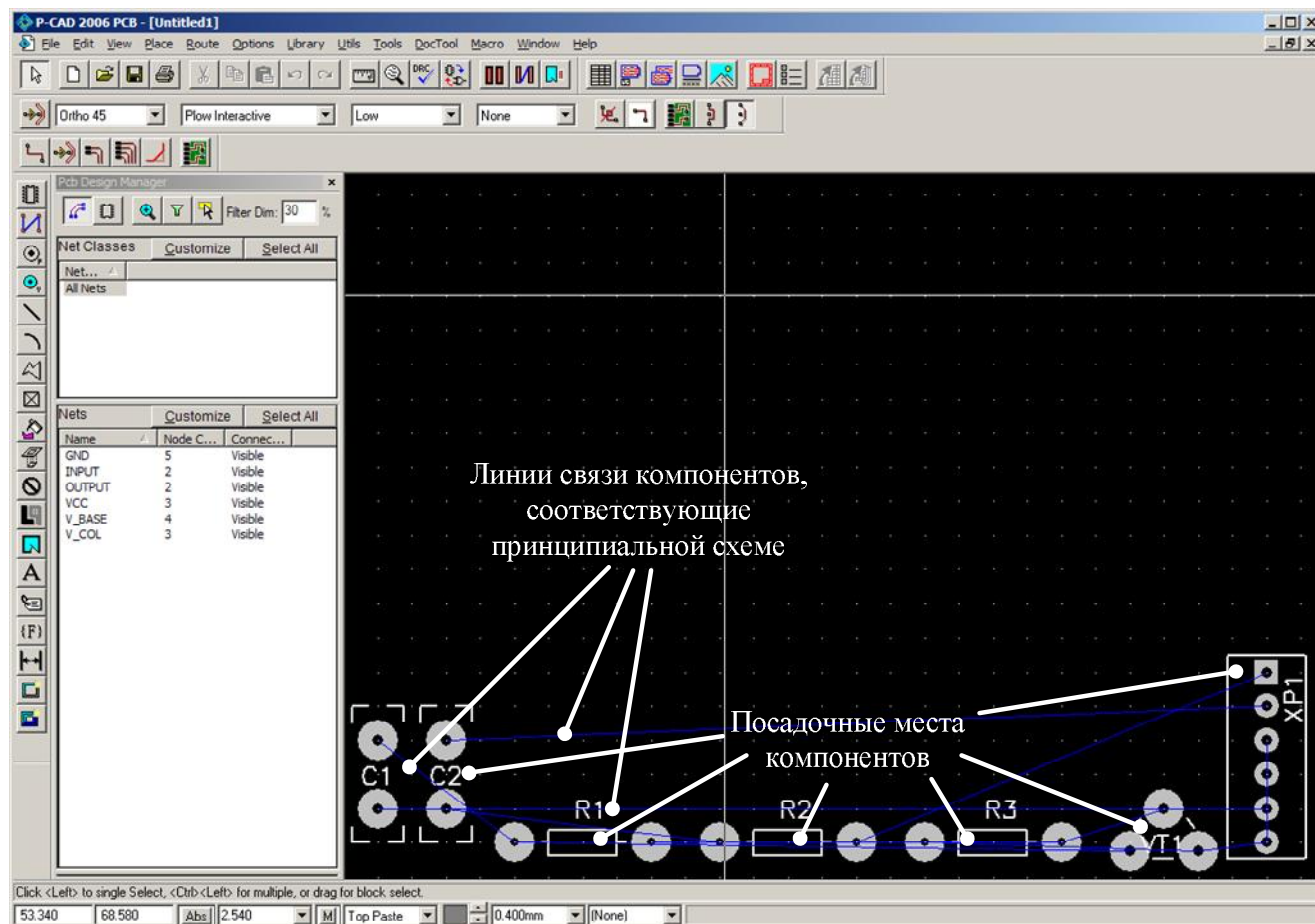


Рисунок 3.9 — Внешний вид редактора печатных плат PCB с загруженным файлом списка соединений

3.5 Принципы и алгоритмы трассировки ПП

Следующий этап разработки печатной платы заключается в создании ее контура. Для этого следует выполнить начальную настройку редактора, как было показано выше. После этого необходимо перейти на слой *Board* с помощью кнопки *<L>* или выпадающего списка в статусной строке редактора *PCB*. Далее, выбрав наиболее подходящую сетку, необходимо нарисовать контур печатной платы с помощью инструмента *Place Line*. Этот инструмент запускается пиктограммой  на левой инструментальной панели или с помощью команды *Place>Line* глав-

ного меню редактора. Толщину линии при этом следует установить равной 0,5 мм. После того, как нарисован контур печатной платы, следует приступить к размещению компонентов на ней. Перемещение компонентов и их атрибутов в редакторе печатных плат *PCB* осуществляется так же, как и в редакторе *Schematic*.

После того, как завершено размещение компонентов в пределах контура разрабатываемой печатной платы (рисунок 3.10), следует приступить к ее трассировке. В *P-CAD* существует возможность выполнения трассировки печатных плат в трех режимах: ручном, интерактивном и автоматическом. Автоматический режим трассировки в данной работе не рассматривается.

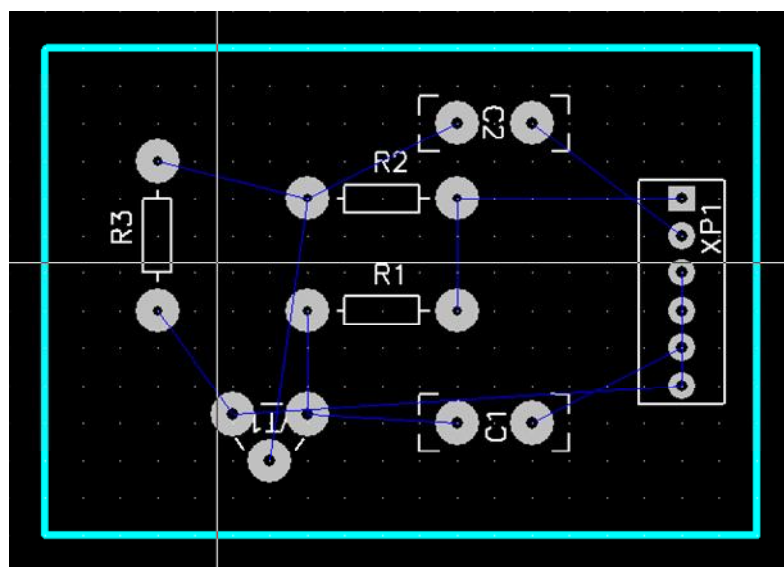


Рисунок 3.10 — Фрагмент рабочего окна редактора *PCB* с размещенными компонентами в пределах контура платы

Режим ручной трассировки печатных плат вызывается командой *Route>Manual* главного меню редактора *PCB* или с помощью пиктограммы  на верхней инструментальной панели. Для проведения трассы необходимо предварительно выбрать сигнальный слой, в котором будет располагаться первый сегмент этой трассы, а также задать его ширину. Выбор сигнального слоя и ширины проводника осуществляется с помощью соответствующих выпадающих меню в статусной строке. Кроме того, в процессе трассировки для переключения сиг-

нальных слоев используется кнопка $\langle L \rangle$, для выбора ширины линии — $\langle W \rangle$. Шаг сетки переключается кнопкой $\langle G \rangle$. Изменение масштаба изображения рабочей области редактора осуществляется с помощью кнопок $\langle + \rangle$ и $\langle - \rangle$, а также колесиком мыши при нажатой кнопке $\langle Ctrl \rangle$. Переключение между различными режимами сопряжения сегментов проводников в процессе ручной трассировки производится с помощью кнопки $\langle O \rangle$. С помощью кнопки $\langle F \rangle$ осуществляется перенос компонента с верхнего сигнального слоя на нижний. Кроме того, кнопка $\langle F \rangle$ позволяет изменить положение точки излома при сглаживании прямыми линиями или сопряжении по дуге.

Режим интерактивной трассировки отличается от ручного режима тем, что позволяет быстро проводить трассы с учетом технологических норм и правил проекта. Прокладка трасс в этом режиме осуществляется как полностью автоматически, с огибанием препятствий, так и под управлением пользователя. Данный режим вызывается командой *Route>Advanced* главного меню редактора *PCB* или с помощью пиктограммы  на верхней инструментальной панели.

Для начала трассировки проводника нужно выбрать один из описанных выше режимов, установить стиль прокладки проводников «*Ortho 90*» или «*Ortho 45*» и выбрать необходимый сигнальный слой, например *Bottom*. После этого, щелкнув левой кнопки мыши по выводу одной из деталей, начинаем прокладывать трассу проводника. При этом за курсором появляется контурное изображение участка трассы. В режиме *Advanced* это контурное изображение будет автоматически огибать, если это возможно, встречающиеся препятствия. Для фиксации проложенного участка следует отпустить и повторно нажать левую кнопку мыши. Для завершения начатого фрагмента трассы необходимо нажать правую кнопку мыши (в режиме *Advanced* при этом появится контекстное меню, в котором следует выбрать пункт *Complete*). При этом система закончит прокладку трассы автоматически. Для осуществления перехода трассы проводника на другой сигнальный слой в процессе ее прокладки достаточно нажать кнопку $\langle L \rangle$. При этом система автоматически продолжит рисовать проводник на другом сигнальном слое и установит переходное отверстие (*Via*) в точке межслойного перехода. Трассиров-

ка продолжается до тех пор, пока все связи не будут разведены, либо пока не возникнут конфликты при прокладке проводников. Во втором случае их следует устранить, после чего продолжить разводку печатной платы. Ширина каждого сегмента проводника может быть в любой момент изменена. Для этого нужно вернуть редактор в режим *Select*, после чего вызвать меню свойств интересующего сегмента проводника двойным щелчком левой кнопки мыши. В появившемся меню (рисунок 3.11) следует установить новое значение ширины сегмента, после чего нажать кнопку *OK*.

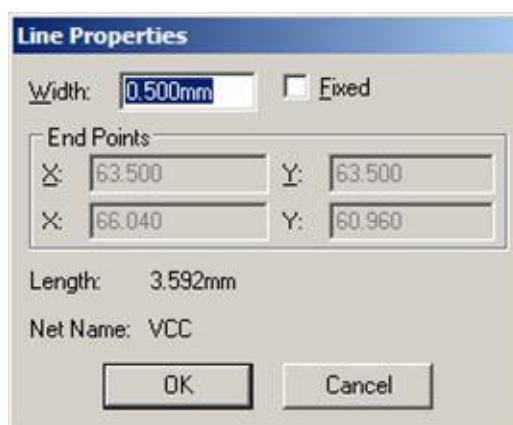


Рисунок 3.11 — Окно изменения толщины сегмента печатного проводника

На рисунке 3.12 показан результат трассировки печатной платы, выполненной в результате описанной выше последовательности действий.

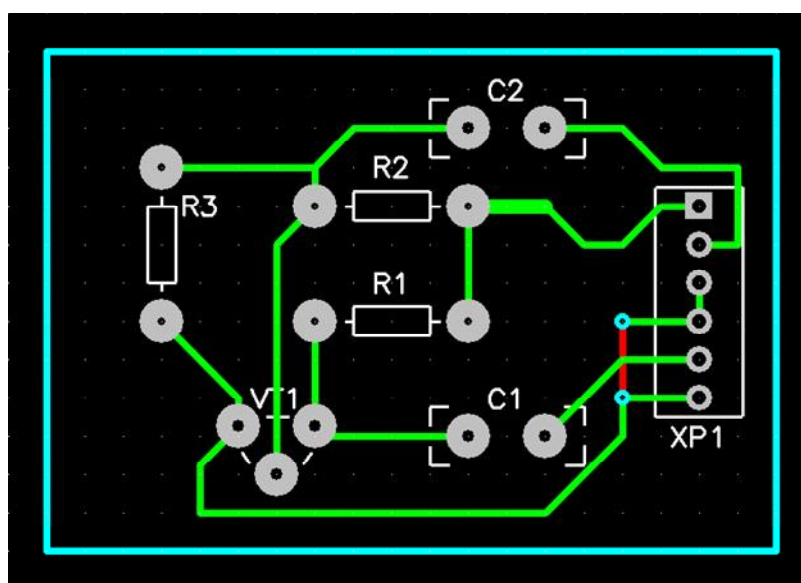


Рисунок 3.12 — Фрагмент рабочего окна редактора *PCB*
с разведенной печатной платой

3.6 Подготовка чертежа печатной платы к выводу на печать

Для вывода результатов проектирования печатной платы традиционно используется команда *File>Print*. На рисунке 3.13 показано окно *File Print* редактора PCB.

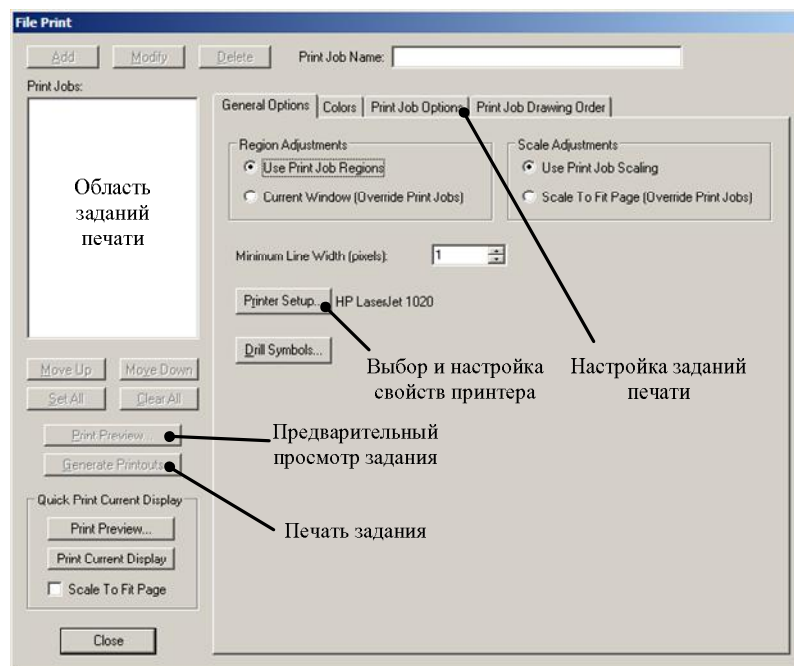


Рисунок 3.13 — Окно *File Print* редактора PCB

Первоначально область заданий печати пуста. Для того, чтобы вывести разработанную плату или ее часть на печать, необходимо сформировать соответствующее задание. Эта операция выполняется во вкладке *Print Job Options* (задания для печати) окна *File Print*. Внешний вид вкладки *Print Job Options* в процессе формирования задания на печать показан на рисунке 3.14. Для создания задания на печать необходимо в поле *Print Job Name* (название задания печати) написать осмысленное название нужного задания, после чего в поле *Included Layers* выбрать слои, которые должны быть напечатаны. После этого, в списке *Display Options* (параметры отображения) следует выбрать, какие элементы печатной платы в выбранных слоях должны быть напечатаны. Для сохранения нового задания следует нажать кнопку *Add*, для изменения существующего — *Modify*, для удаления — *Delete*. На рисунке 3.14 показаны настройки задания для печати рисунка

проводников на нижнем сигнальном слое печатной платы (*Bottom*), на рисунке 3.15 — для печати общего рисунка шелкографии проекта.

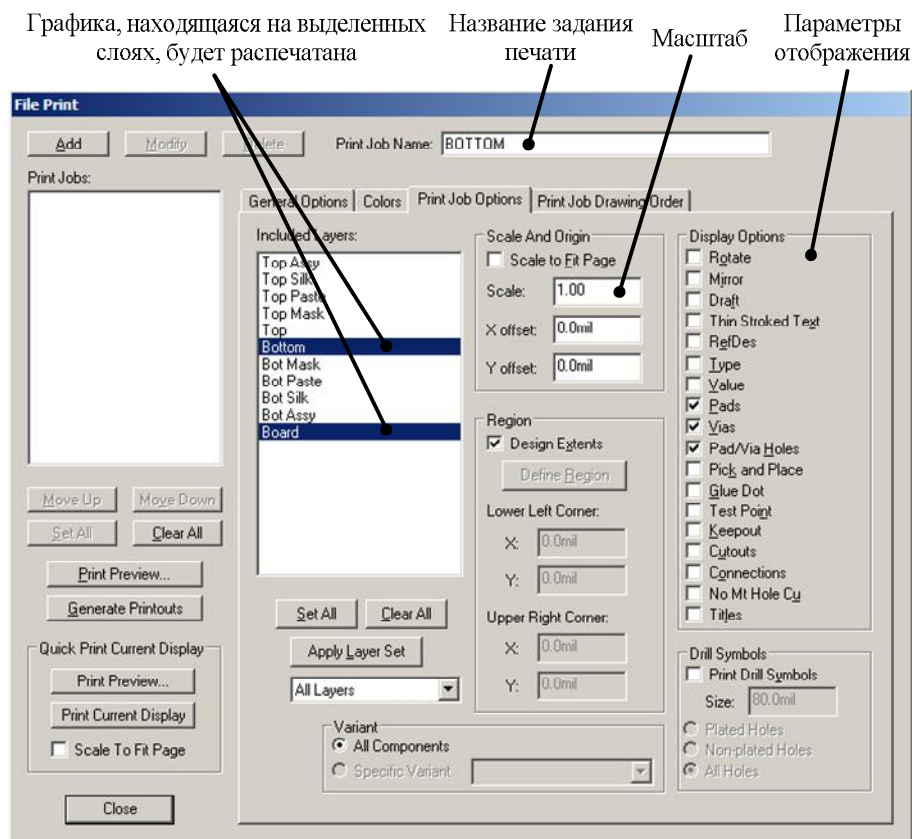


Рисунок 3.14 — Настройка задания для печати рисунка проводников, находящихся на слое Bottom

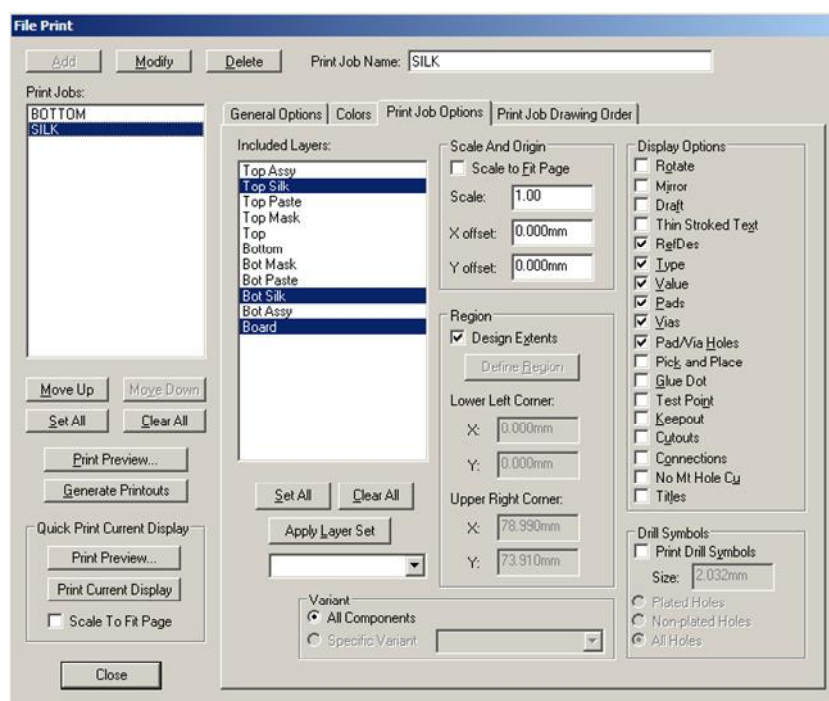


Рисунок 3.15 — Настройка задания для печати рисунка шелкографии печатной платы

На рисунке 3.16 показаны результаты выполнения описанных выше заданий печати для печатной платы, представленной на рисунке 3.12.

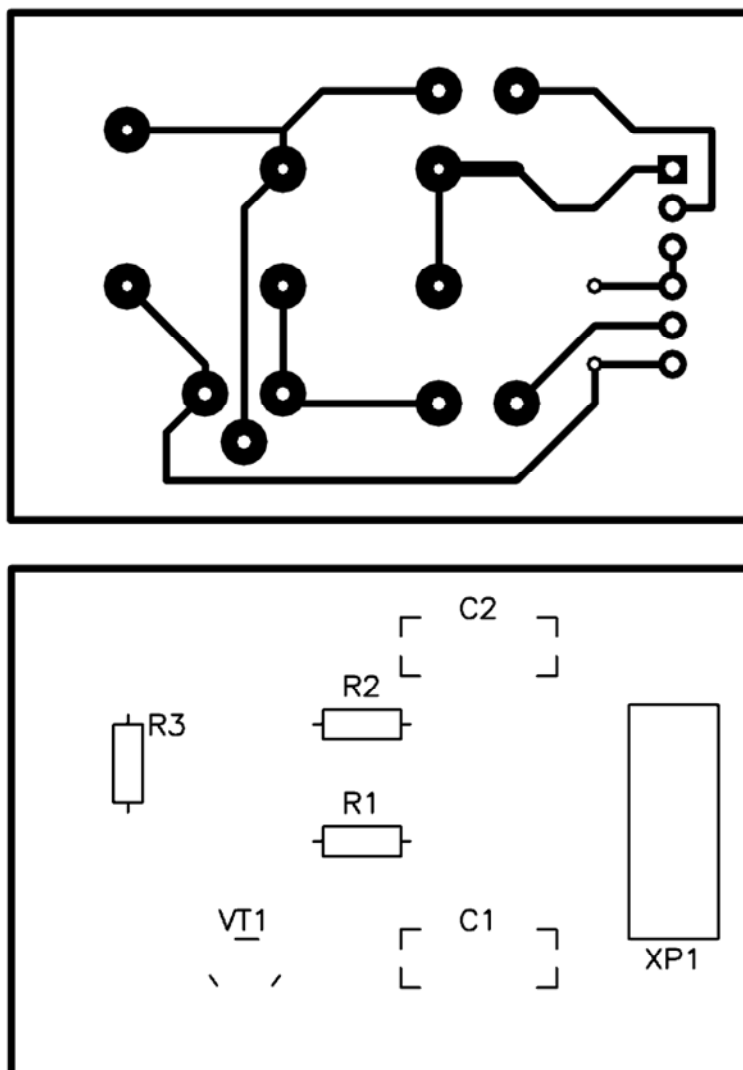


Рисунок 3.16 — Рисунки проводников нижнего слоя и шелкографии разработанной печатной платы, полученные в результате выполнения заданий печати

4. ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР SYMBOL EDITOR

4.1 Начальные настройки программы

Редактор символов *Symbol Editor*, входящий в САПР *P-CAD*, позволяет создавать новые и редактировать существующие символы компонентов. Он может быть запущен автономно (Пуск>Программы>*P-CAD 2006*>*Symbol Editor*), либо из другой программы, входящей в состав *САПР P-CAD* выбором в строке главного меню *Utils*>*P-CAD*>*Symbol Editor*. На рисунке 4.1 показан внешний вид окна *Symbol Editor*. Его интерфейс во многом схож с интерфейсом схемного редактора *Schematic*, который был подробно рассмотрен ранее.

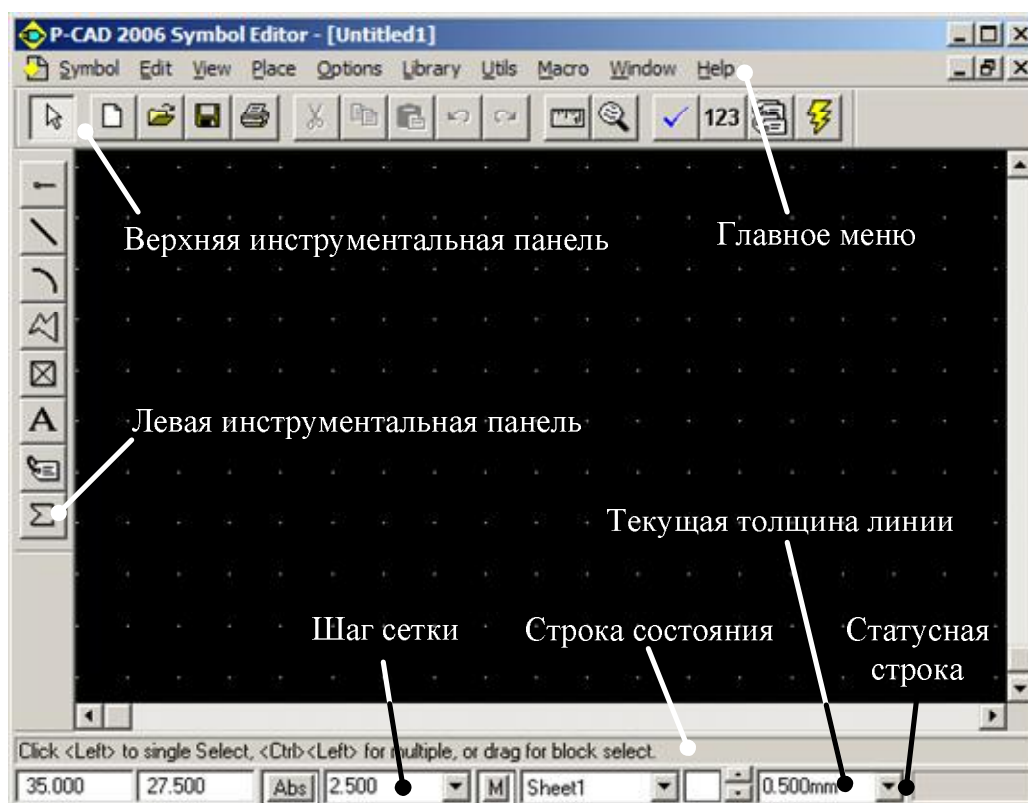


Рисунок 4.1 — Интерфейс редактора символов *Symbol Editor*

Перед началом создания символа компонента необходимо произвести настройку параметров редактора в окне *Options*>*Configure* аналогично действиям в программе *Schematic*. Внешний вид и рекомендуемые настройки этого окна приведены на рисунке 4.2. Также следует обратить особое внимание на настройки рабочей сетки и толщины линий. **Рекомендуется установить толщину линий равную 0,5 мм.**

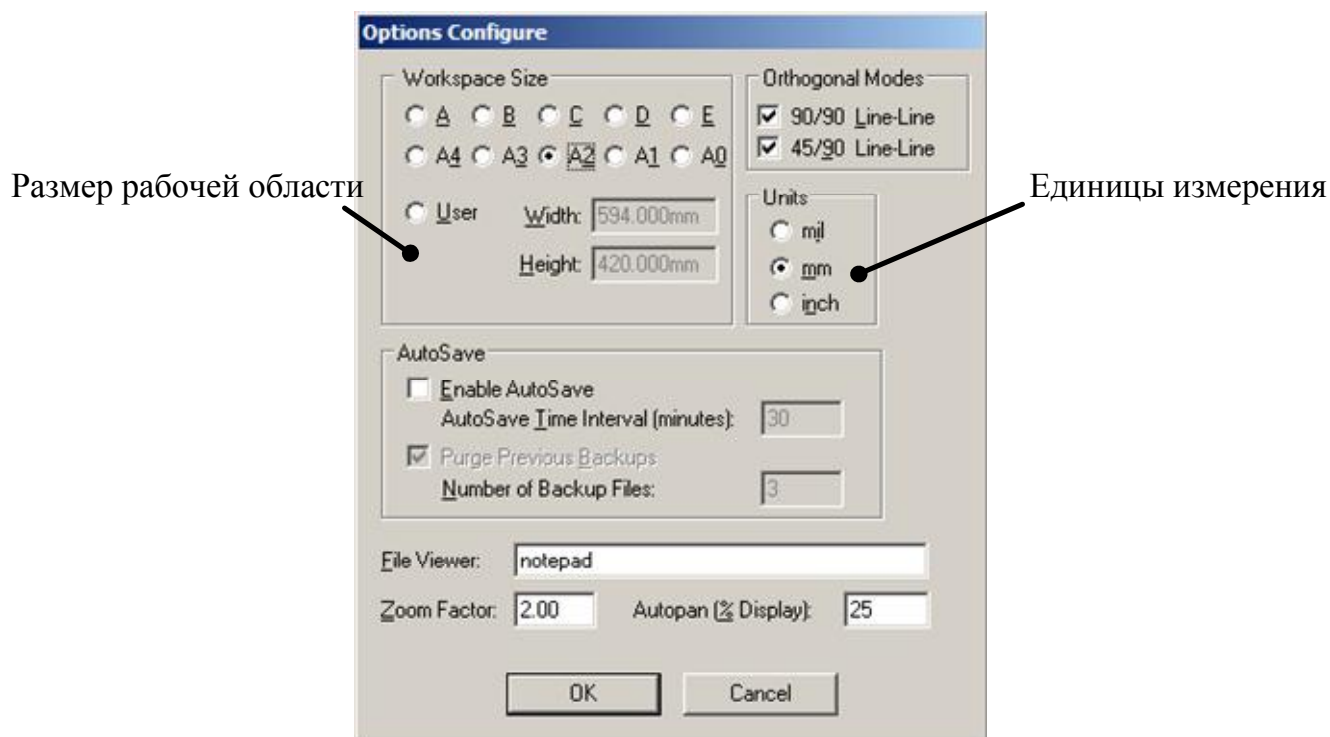


Рисунок 4.2 — Окно *Options Configure* редактора символов *Symbol Editor*

В окне Options>Grids необходимо задать два шага сетки — 0,5 мм и 2,5 мм (рисунок 4.3). Шаг сетки в процессе рисования может изменяться, однако **необходимо помнить, что выводы компонентов должны располагаться в узлах сетки, шаг которой составляет 2,5 мм** (см. рисунок 4.1).

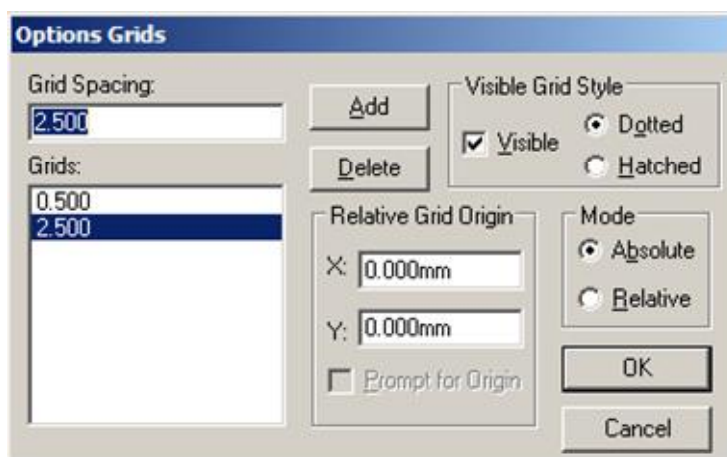


Рисунок 4.3 — Настройка сеток *Symbol Editor*

4.2 Создание символа

Процесс создания символа рассмотрим на примере создания УГО постоянного резистора. После запуска редактора символов *Symbol Editor* и его конфигурации необходимо переключиться на сетку 0,5 мм (кнопка <G>), перейти в режим рисования линий (пиктограмма  на левой инструментальной панели), после чего нарисовать прямоугольный контур символа размером 4x10 мм (см. рисунок 4.4).

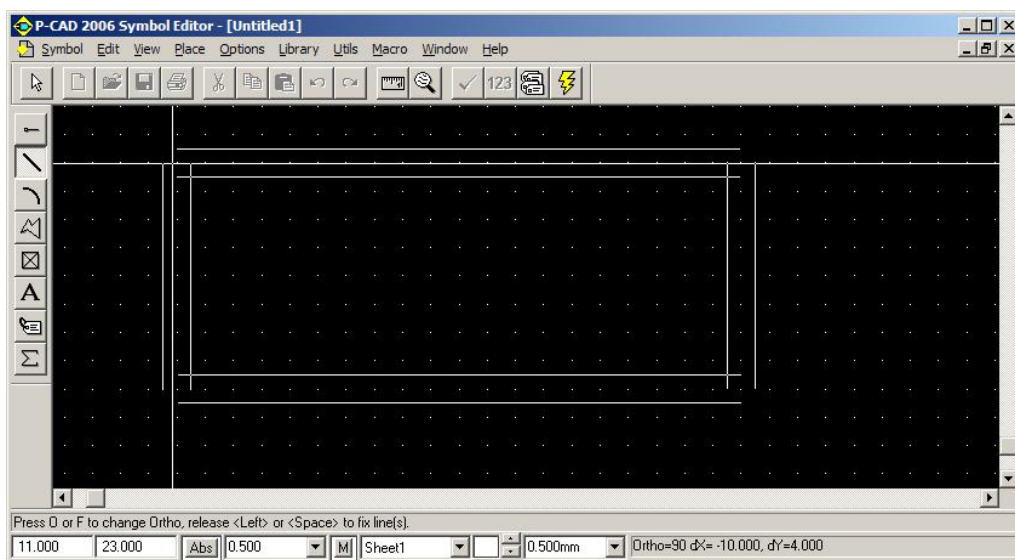


Рисунок 4.4 — Рисование контура символа резистора в режиме *Place Line*

Расстояния по осям отображаются в правой части статусной строки. После завершения рисования контура символа необходимо перейти в режим *Place Pin* с помощью пиктограммы  на левой инструментальной панели. В появившемся окне свойств (рисунок 4.5) необходимо отключить отображение наименования и обозначения вывода (убрать галочки в поле *Display* против соответствующих пунктов). После этого нужно установить длину вывода равной 2,5 мм путем установки в поле *Length* переключателя в положение *User* и ввода значения 2,5мм в соответствующее поле. Далее следует нажать кнопку *OK* и щелчком левой кнопки мыши указать местоположение первого вывода. После отпускания кнопки мыши вывод будет зафиксирован. В дальнейшем его положение может быть изменено в режиме *Select*. Повторный щелчок левой кнопкой мыши приведет к установке

второго вывода. Для изменения его положения следует перейти в режим *Select* (кнопка <S>), после чего выделить этот вывод и повернуть его в нужное положение с помощью кнопки <R>.

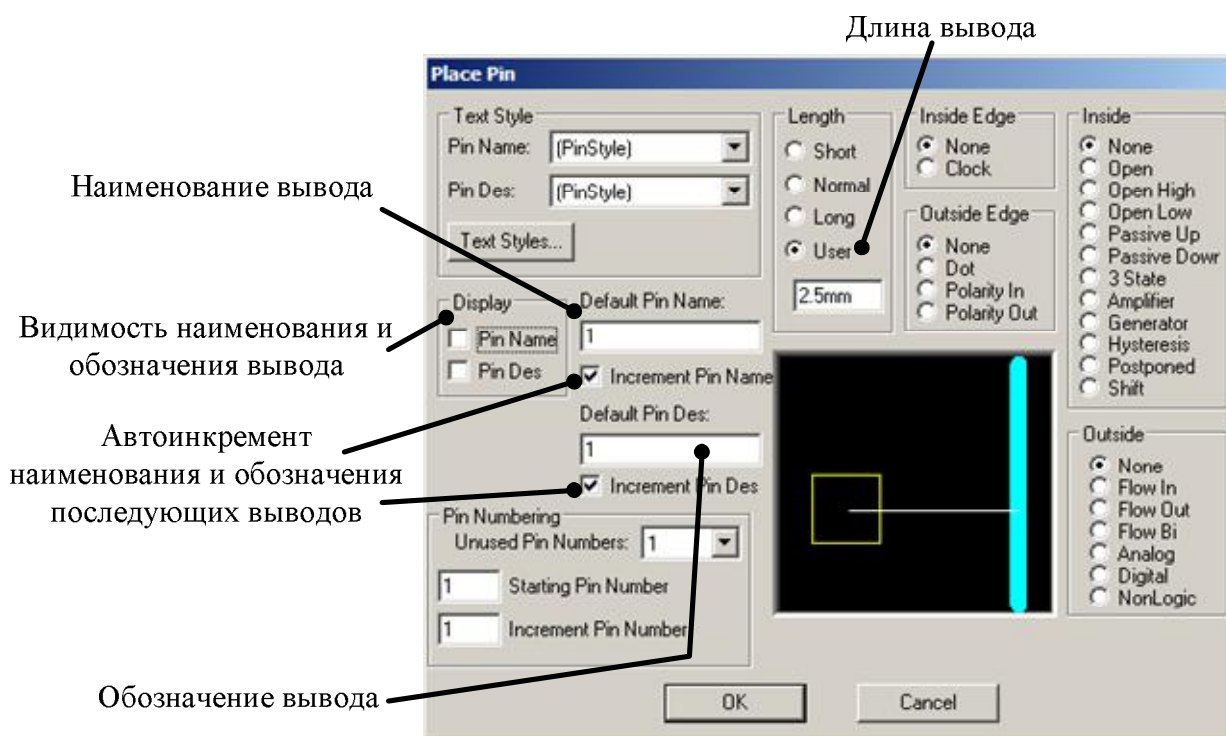


Рисунок 4.5 — Окно свойств вывода символа

При создании символа или компонента очень важно понимать смысл и назначение добавляемых и редактируемых атрибутов. В системе *P-CAD* у каждого вывода символа предполагается наличие трех основных атрибутов: номера вывода — (*Pin Number*), наименования вывода — (*Pin Name*) и обозначения вывода (*Pin Des*).

Номер вывода (*Pin Number*) - порядковый номер вывода. Это внутренний параметр САПР *P-CAD*, который является строго обязательным для каждого вывода символа. Последовательность порядковых номеров выводов для любого символа всегда начинается с единицы и не должна иметь разрывов. Номер вывода используется при создании компонента для привязки выводов символа к выводам посадочного места.

Наименование вывода (*Pin Name*) — необязательный параметр, который присваивается при необходимости указания функционального назначения вывода микросхем. У компонента могут быть несколько выводов с одинаковыми наиме-

нованиями. Наименования выводов могут быть буквенными, цифровыми или буквенно-цифровыми (длиной до 20 символов) **без пробелов и кириллицы!** Наименования выводов используются при создании компонента, поэтому рекомендуется присваивать им осмысленные имена. Например, для резисторов, неполярных конденсаторов, дросселей в качестве имен лучше всего использовать номера выводов. Для диодов, стабилитронов, электролитических конденсаторов можно использовать имена-мнемоники (*ANOD* или *A*, *KATOD* или *K*, *PLUS*, *MINUS* и т.д.), для транзисторов — *E*, *C*, *B* или *S*, *D*, *G*.

Обозначение вывода (*Pin Des*) —необязательный параметр, который используется для показа на схемах цоколевки выводов многовыводных компонентов. Обозначение вывода может быть буквенными, цифровыми или буквенно-цифровыми (длиной до 20 символов) **без пробелов и кириллицы!**. Не допускается использовать одинаковые обозначения для разных выводов. При создании простых символов (например, таких, как резистор) рекомендуется делать обозначения выводов совпадающими с их номерами.

После того, как расположены выводы резистора (рисунок 4.6,а), следует дорисовать его УГО (рисунок 4.6,б).

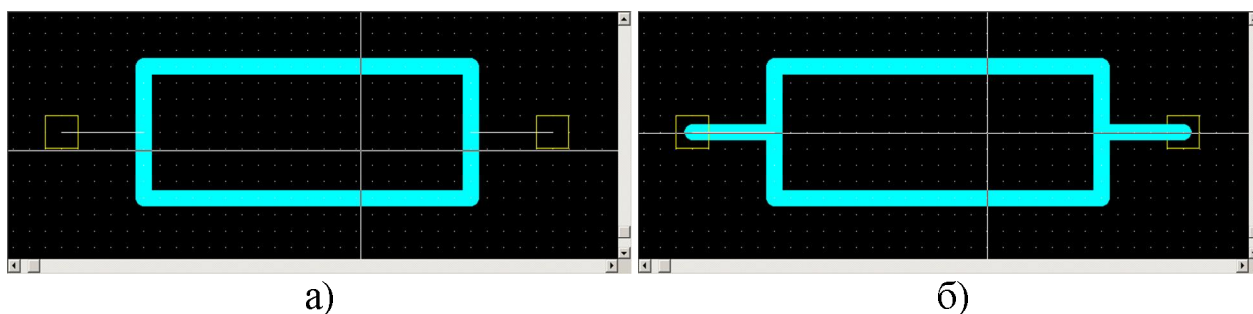


Рисунок 4.6 — УГО резистора в процессе рисования

Обязательным элементом любого компонента в *P-CAD* является его позиционное обозначение (атрибут *RefDes*). Помимо номинала, для резистора следует указать величину (атрибут *Value*). При изображении других символов целесообразным также может быть использование атрибута *Type*, указывающего тип используемого компонента. Для установки атрибута необходимо выбрать пиктограмму  на левой инструментальной панели и в появившемся окне последова-

тельно выбрать атрибуты *RefDes* и *Value* находящиеся в категории *Component* (см. рисунок 4.7).

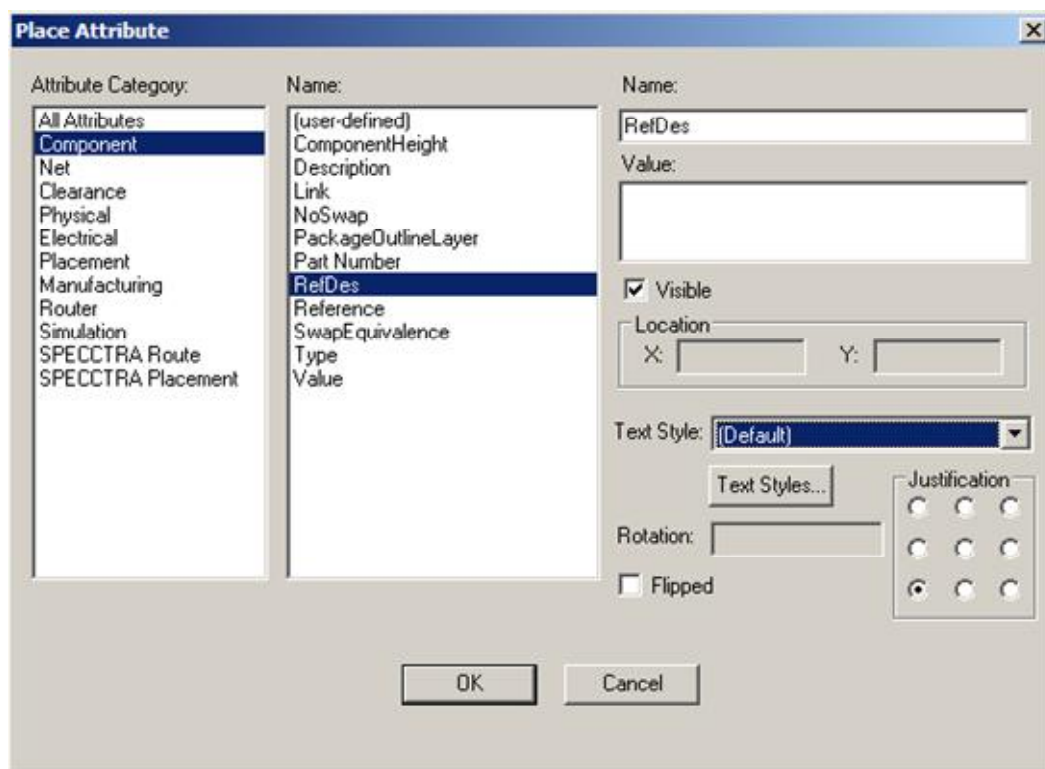


Рисунок 4.7 — Окно атрибутов символа

Последним обязательным элементом символа является знак опорной точки привязки компонента (*Reference Point*). Для его ввода нужно нажать пиктограмму  на левой инструментальной панели, после чего разместить этот знак на конце первого вывода. Внешний вид получившегося символа показан на рисунке 4.8.

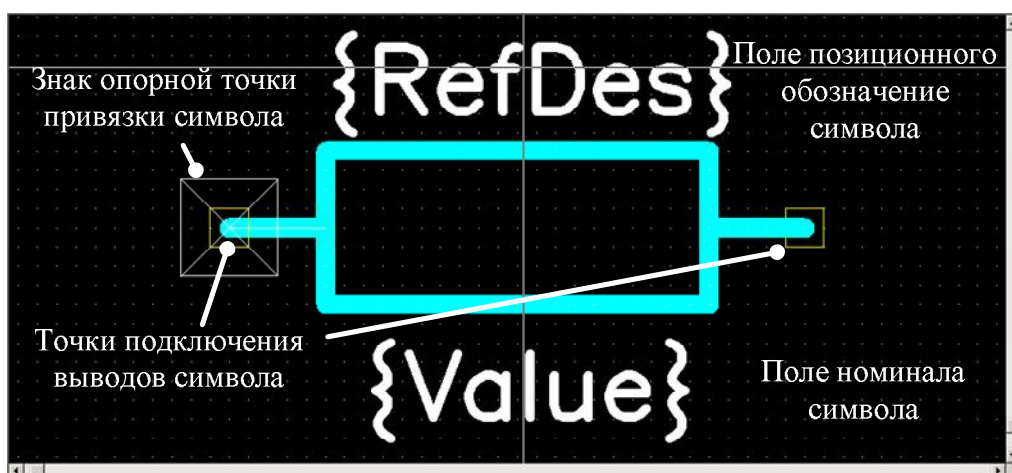


Рисунок 4.8 — Взаимное размещение и описание основных элементов символа резистора

После завершения описанных выше операций следует произвести проверку символа с помощью инструмента *Validate Symbol*, который запускается с помощью пиктограммы  на верхней инструментальной панели. При отсутствии ошибок полученный символ можно сохранить в текущую библиотеку с помощью команды *Symbol>Save As* главного меню, либо виде отдельного файла с расширением *.sym* с помощью команды *Symbol>Save To File As*.

При создании символов многовыводных компонентов, например операционных усилителей, ПЛИС, микроконтроллеров и т.д., описанные операции можно существенно упростить путем использования мастера создания символов. Он запускается с помощью команды *Symbol>Symbol Wizard* главного меню редактора *Symbol Editor*. Внешний вид окна редактора при использовании мастера создания символов показан на рисунке 4.9.

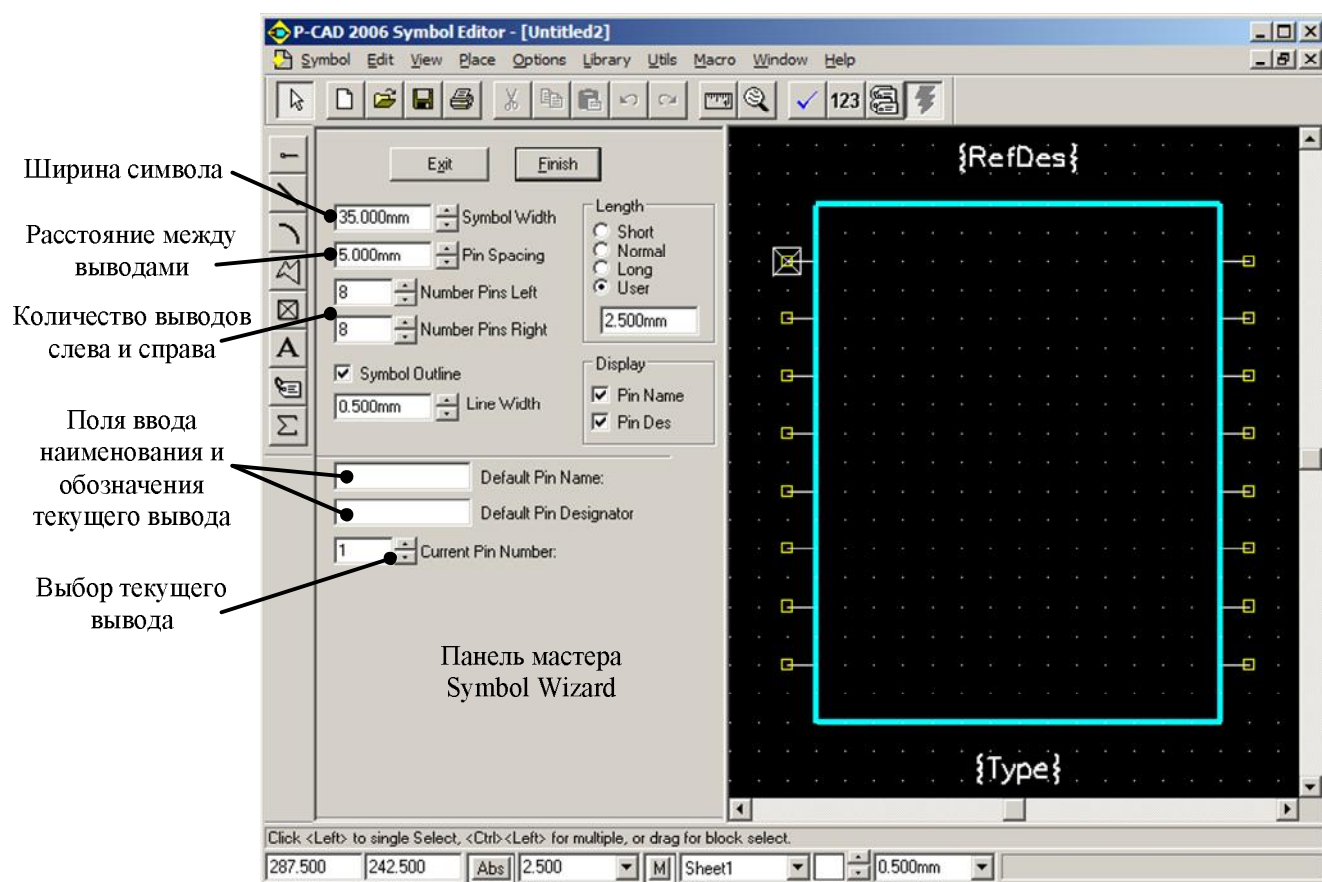


Рисунок 4.9 — Создание символа с помощью *Symbol Wizard*

После установки желаемых размеров символа, указания количества его выводов, а также заполнения полей наименования и обозначения для каждого из выводов следует нажать кнопку *Finish*, после чего, при необходимости, скорректировать полученный символ вручную.

5. ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР PATTERN EDITOR

5.1 Начальные настройки программы

Редактор посадочных мест *Pattern Editor*, входящий в САПР *P-CAD*, позволяет создавать новые и редактировать существующие посадочные места (паттерны) компонентов. Он может быть запущен автономно (Пуск>Программы>*P-CAD 2006*>*Pattern Editor*), либо из другой программы, входящей в состав *САПР P-CAD* выбором в строке главного меню *Utils*>*P-CAD Pattern Editor*. На рисунке 5.1 показан внешний вид окна *Pattern Editor*. Его интерфейс во многом схож с интерфейсом редактора печатных плат *PCB*, который был подробно рассмотрен ранее.

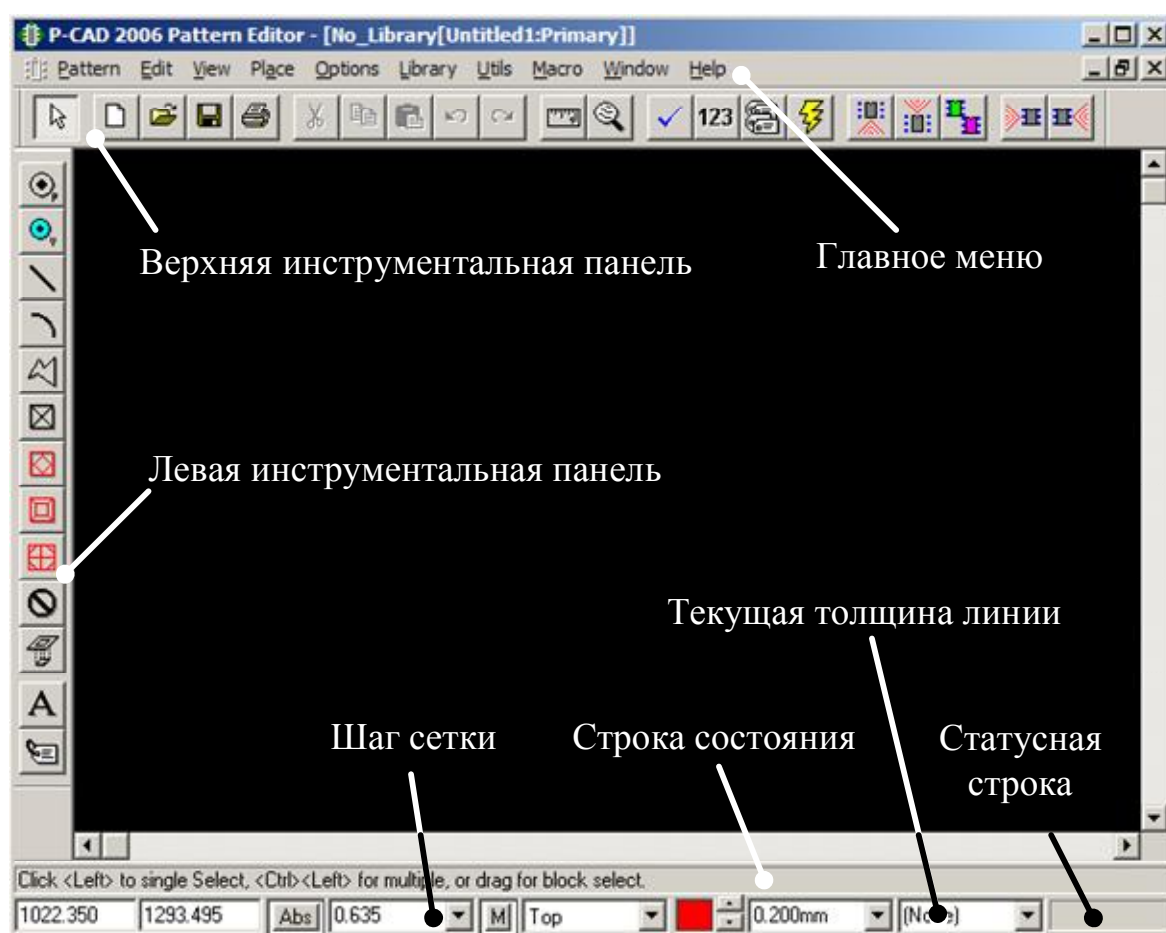


Рисунок 5.1 — Интерфейс редактора посадочных мест *Patten Editor*

В таблице 5.1 приведено описание специальных команд левой инструментальной панели, а в таблице 5.2 — команд верхней инструментальной панели *Pattern Editor*.

Таблица 5.1 — Описание специальных команд левой панели *Placement Toolbar* редактора *Pattern Editor*

Номер кнопки в панели	Внешний вид кнопки	Назначение	Описание
1		<i>Place Pad</i> Разместить контактную площадку	Размещает контактную площадку в указанную точку рабочего пространства
2		<i>Place Via</i> Разместить переходное отверстие	Размещает переходное отверстие в указанную точку рабочего пространства
3		<i>Place Polygon</i> Разместить полигон	Размещает полигон произвольной формы <u>в текущем слое</u>
4		<i>Place Reference Point</i> Разместить опорную точку	Размещает опорную точку
5		<i>Place Text</i> Разместить текст	Размещает текст <u>в текущем слое</u>
6		<i>Place Attribute</i> Разместить атрибут	Размещает атрибут <u>в текущем слое</u>

Таблица 5.2 — Описание специальных команд верхней панели *Command Toolbar* редактора *Pattern Editor*

Номер кнопки в панели	Внешний вид кнопки	Назначение	Описание
1		<i>Validate Pattern</i> Проверка посадочного места	Запускает процедуру проверки правильности созданного посадочного места
2		<i>Renumber Pads</i> Перенумерация выводов	Запускает процедуру перенумерации номеров выводов и их обозначений
3		<i>Pattern Wizard</i> Вызов мастера создания посадочных мест	Запускает мастер создания посадочных мест
4		<i>Add Pattern Graphics</i> Добавить посадочное место	Добавляет посадочное место
5		<i>Remove Pattern Graphics</i> Удалить посадочное место	Удаляет посадочное место
6		<i>Rename Pattern Graphics</i> Переименовать посадочное место	Переименовывает посадочное место
7		<i>Next Pattern Graphics</i> Следующее посадочное место	Выбирает следующее посадочное место
8		<i>Previous Pattern Graphics</i> Предыдущее посадочное место	Выбирает предыдущее посадочное место

Перед началом создания посадочного места компонента необходимо произвести настройку параметров редактора в окне *Options>Configure* аналогично настройкам программы *PCB*. Внешний вид и рекомендуемые настройки этого окна приведены на рисунке 5.2. **Следует обратить особое внимание на выбор метрических единиц измерения (в поле *Units* переключатель должен быть в положении *mm*).**

Размер рабочей области

Единицы измерения

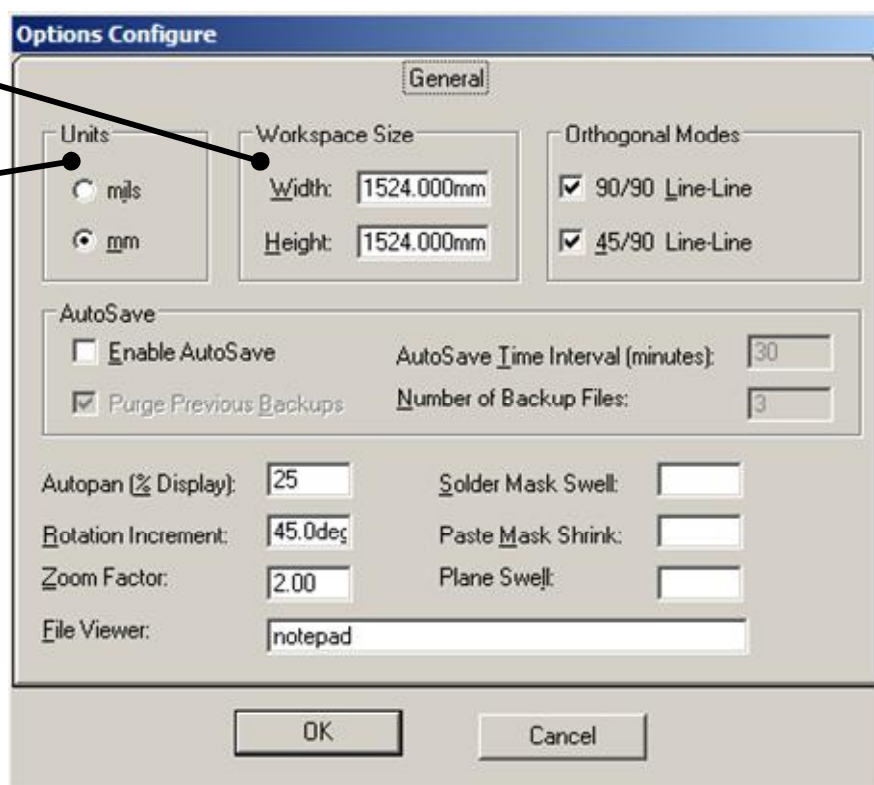


Рисунок 5.2 — Окно *Options Configure* редактора посадочных мест *Pattern Editor*

В окне *Options>Grids* необходимо задать шаги рабочих сеток, исходя из того, что один из шагов сетки должен быть равен или кратен расстоянию между выводами посадочного места, которое будет создаваться. **Поскольку подавляющее большинство современной элементной базы относится к изделиям зарубежного производства, разрабатываемой в дюймовой системе, поэтому при создании посадочных мест наиболее часто используются значения сетки, кратные 2,54: 0,635 мм; 0,254 мм; 0,127 мм.**

5.2 Создание посадочного места

Рассмотрим процесс создания посадочного места для резистора. При этом, учитываем, что возможны два варианта установки постоянных резисторов (рисунок 5.3).

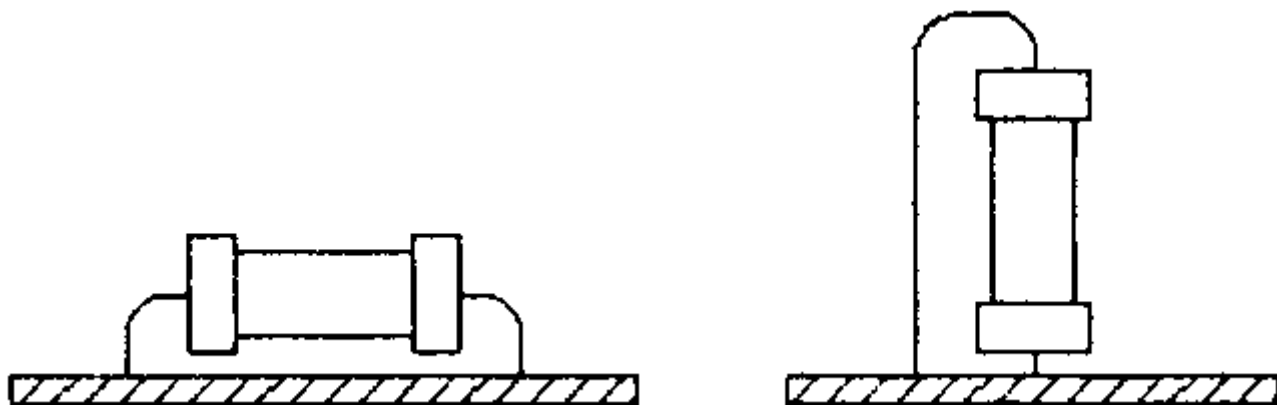


Рисунок 5.3 — Варианты установки постоянного резистора

После запуска редактора *Pattern Editor* и его конфигурации необходимо переключиться на сетку 0,635 мм. Далее, нажав пиктограмму  на верхней инструментальной панели, в появившемся диалоговом окне *Add Pattern Graphics* следует добавить имя нового посадочного места, например “vertical” и нажать кнопку *Add*. Таким образом, создаваемое посадочное место будет иметь два варианта («primary», «vertical»), которые можно будет выбирать непосредственно при выполнении разводки печатной платы.

После определения необходимого количества вариантов посадочных мест следует приступить к изображению контура элемента. Для этого следует перейти на верхний слой шелкографии «*Top Silk*», выбрать/установить толщину линий равной 0,2 мм и нарисовать контур резистора требуемого размера (рисунок 5.5, а). После того, как контур компонента будет готов, необходимо разместить его контактные площадки. Для этого необходимо нажать пиктограмму  на левой инструментальной панели, после чего в появившемся диалоговом окне *Place Pad* (рисунок 5.4) установить все значения равными «1» и нажать *OK*. После этого

следует разместить на рабочем поле контактные площадки резистора (рисунок 5.5,б).

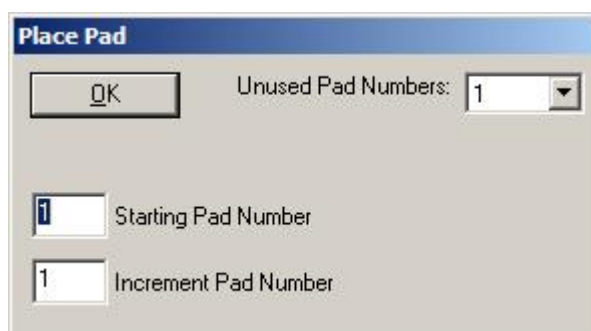


Рисунок 5.4 — Диалоговое окно *Place Pad*



а)



б)

Рисунок 5.5 — Создание посадочного места постоянного резистора

Контактные площадки, созданные редактором *Pattern Editor* по умолчанию, не подходят для создаваемого компонента. Для редактирования параметров контактной площадки необходимо в режиме *Select* выбрать ее с помощью левой кнопки мыши (при этом она изменит свой цвет), после чего вызвать контекстное меню щелчком правой кнопки мыши и выбрать в нем пункт *Properties* (рисунок 5.6). В окне свойств контактной площадки необходимо нажать кнопку *Pad Styles*. Это приведет к запуску менеджера стилей контактных площадок (рисунок 5.7,а). По умолчанию стиль, создаваемый системой, называется *Default* и не может быть изменен. Просмотреть и изменить свойства любого стиля можно с помощью команд *View (Simple)* или *View (Complex)*. На начальном этапе работы с САПР *P-CAD* для работы со стилями контактных площадок рекомендуется пользоваться только командой *View (Simple)*. На рисунке 5.7,б показано окно, появляющееся после выполнения этой команды. Видно, что все настройки стиля *Default* неактивны.

Для изменения настроек контактных площадок посадочного места резистора в менеджере стилей *Options Pad Style* следует скопировать стиль *Default* с помощью команды *Copy* и указать новое имя. Настоятельно рекомендуется давать стилю каждой новой контактной площадки компонента название, в котором заложена информация о типе контактной площадки и ее размерах. Возможный вариант такой кодировки представлен на рисунке 5.8.

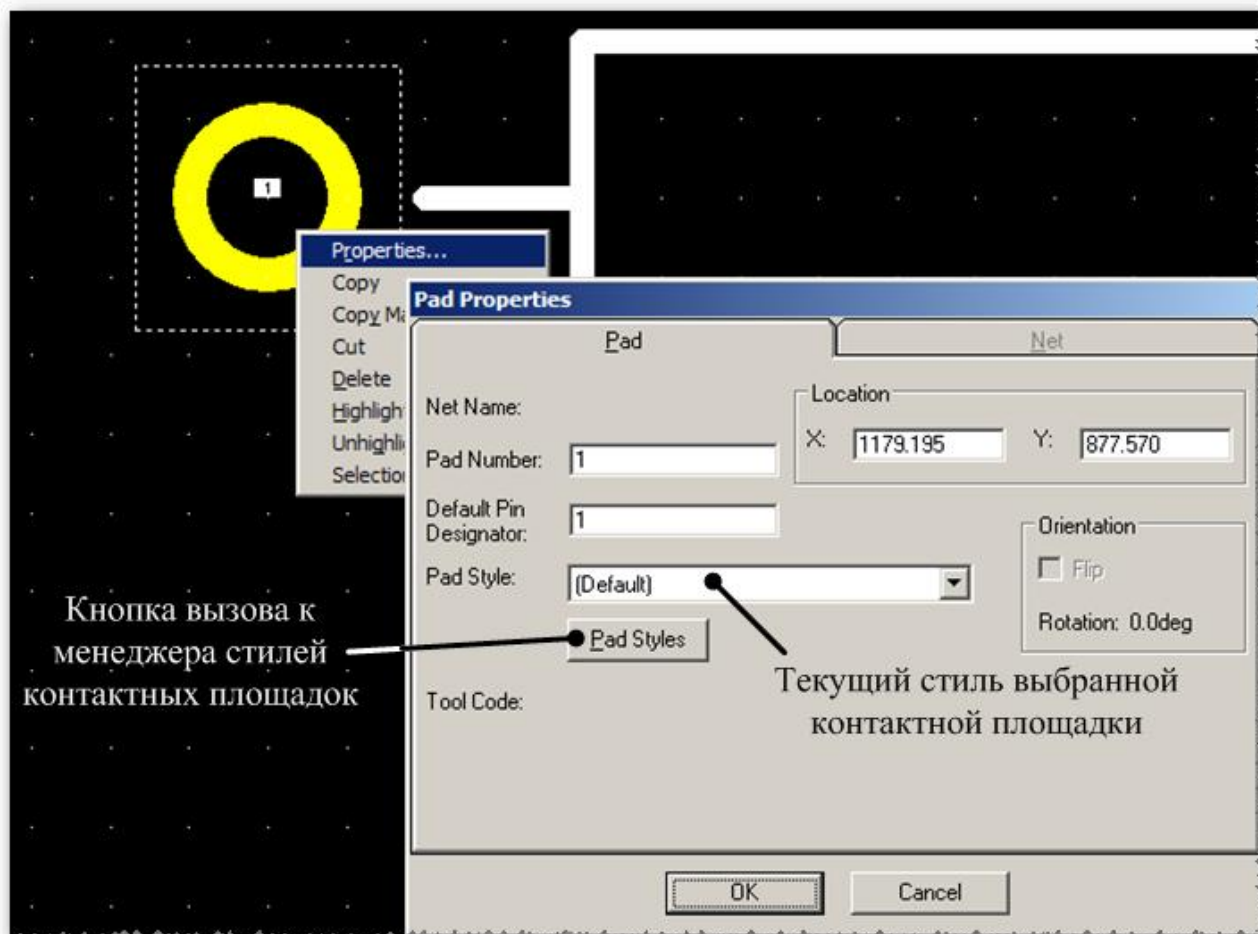
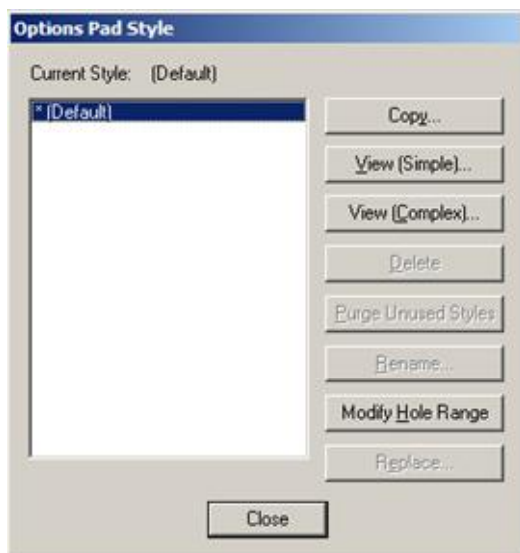


Рисунок 5.6 — Вызов свойств контактной площадки



а)



б)

Рисунок 5.7 — Менеджер свойств контактной площадки

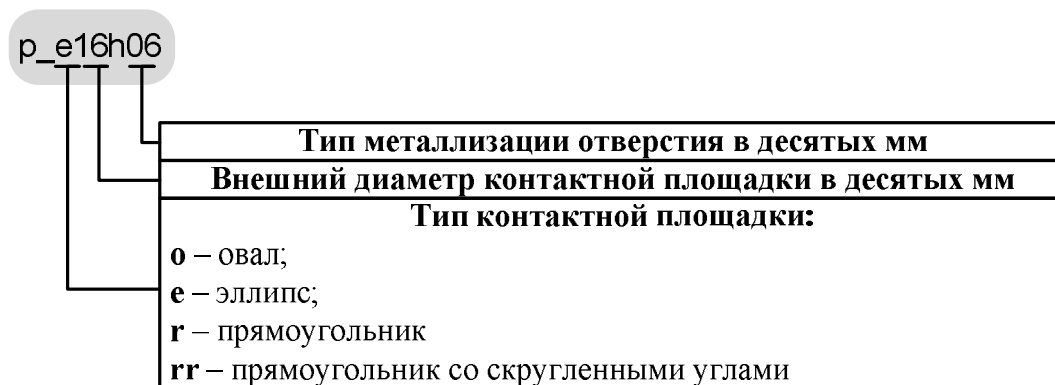


Рисунок 5.8 — Расшифровка названий контактных площадок

В соответствии с рисунком 5.8 следует дать имя стилю контактных площадок «p_e16h06» — контактная площадка, тип — эллипс, диаметр 1,6 мм, диаметр отверстия — 0,6 мм. Открыв окно редактирования свойств этой контактной площадки, следует установить указанные значения так, как показано на рисунке 5.9.

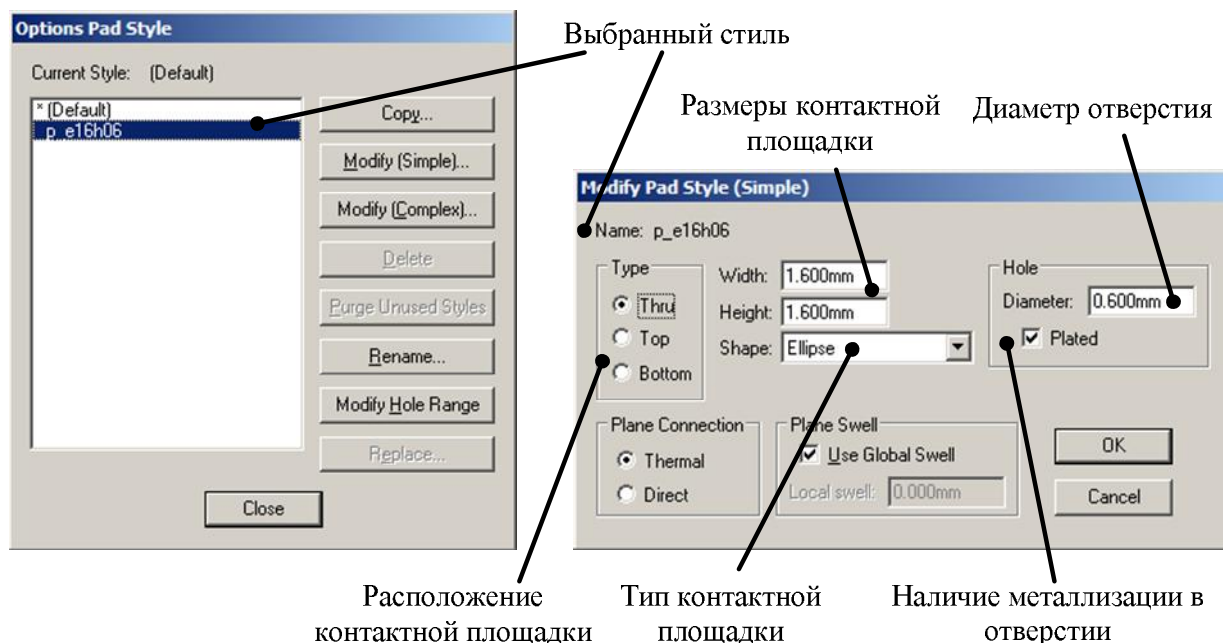


Рисунок 5.9 — Настройки стиля контактной площадки

После нажатия кнопки **OK** в окне *Modify Pad Style* и **Close** — в окне *Options Pad Style* происходит возврат в окно свойств контактной площадки *Pad Properties* (рисунок 5.10). При этом, в поле *Pad Style* появился новый стиль, который и следует выбрать для обоих выводов посадочного места резистора.

Так же, как и для символа, обязательными элементами посадочного места в P-CAD являются его позиционное обозначение (атрибут *RefDes*) и номинал (атрибут *Value*). Для установки атрибута необходимо выбрать пиктограмму  на левой инструментальной панели и в появившемся окне последовательно выбрать атрибуты *RefDes* и *Value*, находящиеся в категории *Component*. При этом следует следить, чтобы эти атрибуты располагались на слое «*Top Silk*».

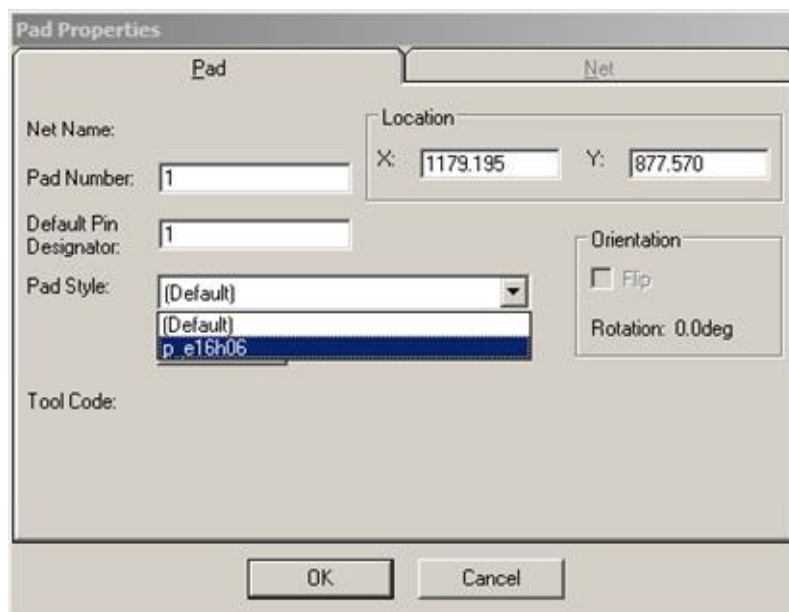


Рисунок 5.10 — Выбор стиля контактной площадки

Последним обязательным элементом символа является знак опорной точки привязки компонента (*Reference Point*). Для его ввода нужно нажать пиктограмму  на левой инструментальной панели, после чего разместить этот знак на конце первого вывода. Второе посадочное место резистора выполняется аналогично. Для ускорения подготовки посадочного места «*vertical*» можно скопировать посадочное место «*primary*» и уменьшить его ширину. Внешний вид двух получившихся посадочных мест показан на рисунке 5.11.

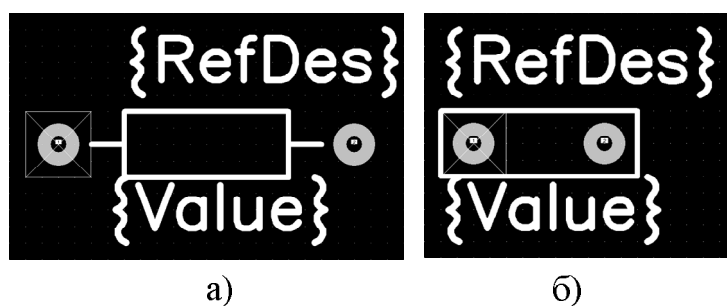


Рисунок 5.11 — Посадочные места для двух вариантов установки резистора

После завершения описанных выше операций следует произвести проверку посадочного места с помощью инструмента *Validate Pattern*, который запускается с помощью пиктограммы  на верхней инструментальной панели. При отсутствии ошибок полученное посадочное место можно сохранить в текущую библио-

теку с помощью команды *Symbol>Save As* главного меню, либо в виде отдельного файла с расширением *.pat* с помощью команды *Symbol>Save To File As*.

При создании посадочных мест многовыводных компонентов, например операционных усилителей, ПЛИС, микроконтроллеров и т.д. описанные операции можно существенно упростить, путем использования мастера создания посадочных мест. Он запускается с помощью команды *Pattern>Pattern Wizard* главного меню редактора *Pattern Editor*. Внешний вид окна редактора при использовании мастера создания символов показан на рисунке 5.12

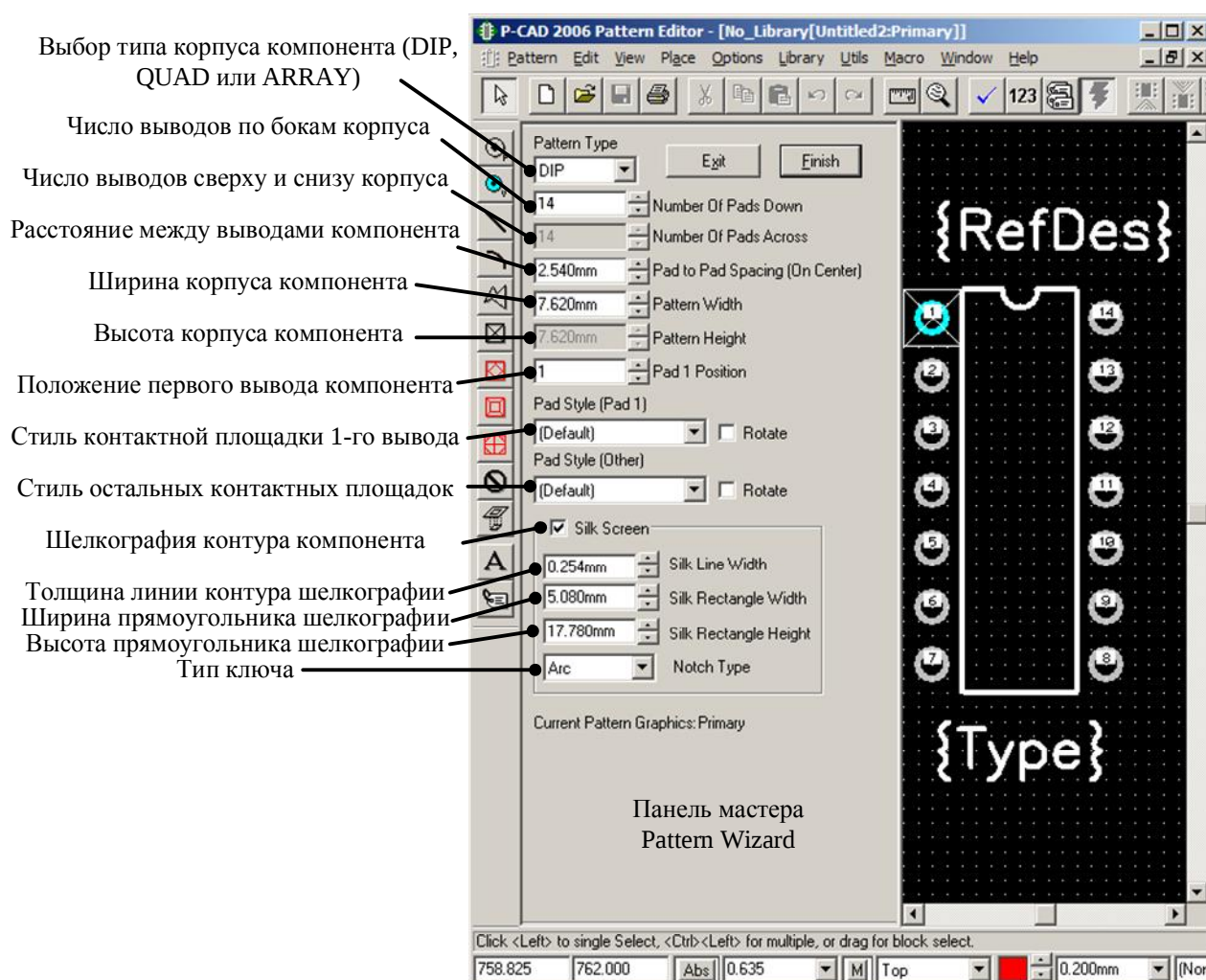


Рисунок 5.12 — Создание посадочного места компонента с помощью *Pattern Wizard*

После установки размеров посадочного места компонента, указания его типа и количества выводов, следует нажать кнопку *Finish*, после чего, при необходимости, скорректировать полученное посадочное место вручную.

6. МЕНЕДЖЕР БИБЛИОТЕК LIBRARY EXECUTIVE

В системе автоматизированного проектирования *P-CAD* используются интегрированные библиотеки. Такие библиотеки содержат символ компонента (УГО), который помещается на схему, посадочное место компонента, которое помещается на печатную плату, а также текстовое описание упаковки (компоновки) символа (набора символов) в корпус. Следует отметить, что не все библиотечные компоненты имеют все три указанных составляющих; например, символ «земли» не имеет посадочного места и корпуса, поскольку используется только в электрической схеме. Процесс создания компонентов состоит из нескольких этапов:

- создание условного графического обозначения компонента (символа) в соответствии с ГОСТ и нормами ЕСКД с помощью *Symbol Editor*;
- создание посадочного места компонента в *Pattern Editor*;
- упаковку символа (символов) и посадочного места в единый компонент, добавление и редактирование текстовых атрибутов компонента, а также проверку компонента и размещение его в библиотеке с помощью *Library Executive*.

Следует отметить, что *Library Executive* располагает расширенными возможностями работы с готовыми библиотеками компонентов — импортирование и обновление данных, включая существующие базы элементов. Данный подход к ведению библиотек предполагает упорядоченное создание и ведение библиотек, получение схмотехнической документации для схем, разработанных в системе *P-CAD*.

6.1 Понятие о библиотеках и компонентах в *P-CAD*

Интегрированные библиотеки в *P-CAD* содержат компоненты (*components*), корпуса (*patterns*) и символы (*symbols*). Представление компонента на принципиальной схеме и на печатной плате показано на рисунке 6.1.

Каждый компонент состоит из одной или нескольких **логических секций** (*gates*), которые упаковываются в корпус. Несколько различных компонентов могут упаковываться в один и тот же типовой корпус, например корпус DIP16, показанный на рисунке 6.1.

Редактор *PCB* не может использовать информацию только о компоненте (так как это только текстовая информация) или только о корпусе (так как это только графическая информация), для него необходимы совместные данные «компонент/корпус». Аналогично, для редактора *Schematic* необходимы совместные данные «компонент/символ».

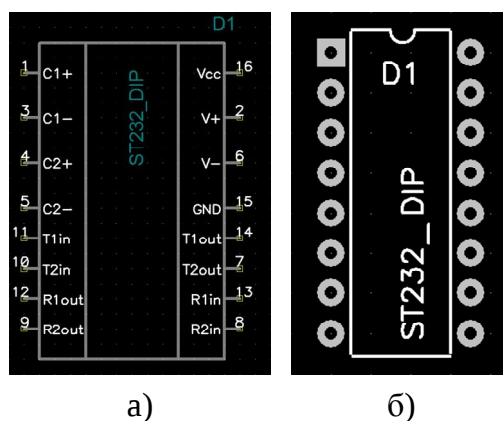


Рисунок 6.1 — Изображение символа компонента на схеме (а)
и печатной плате (б)

Когда компонент размещается на схеме или печатной плате, используется графика корпусов или символов, на которые сделаны ссылки в описании компонента. Разные компоненты могут ссылаться на одну и ту же графику корпусов или символов. Корпуса и символы, на которые имеются ссылки в компонентах, должны находиться в одной и той же библиотеке.

Ссылки в разных компонентах на одни и те же корпуса и символы значительно экономят память, занимаемую библиотекой. Также, редактирование типовых корпусов и символов сразу вносит изменения в графику всех родственных компонентов. Однако это представляет и некоторую опасность, если не контролировать связи между компонентами и графикой корпусов и символов. При работе с библиотекой компонентов важно различать следующие основные понятия:

Pad Numbers — номера выводов компонентов;

Pin Designator — обозначения выводов (обычно совпадают с номерами выводов, но в принципе могут от них отличаться);

Symbol Pin Numbers — номера выводов в пределах секции компонента;

Pin Names — имена выводов секции компонента.

6.2 Принципы работы с менеджером библиотек *Library Executive*

Важнейшим компонентом любой современной САПР является набор библиотек компонентов, с которыми она работает. Весь спектр операций с библиотеками и входящими в них компонентами в *P-CAD* выполняет программа *Library Executive*. Эта программа выполняет операции поиска, импорта атрибутов компонентов, верификации библиотек и т.д.. *Library Executive* позволяет составлять списки соответствий выводов символов и корпусов компонентов и имеет средства просмотра параметров компонентов. В электронных таблицах параметров обеспечена возможность одновременного изменения содержания нескольких выбранных ячеек. Во все электронные таблицы параметров (*Pins*, *Pattern* и *Symbol*) включены столбцы номеров выводов (*Pad Number*). Имеются средства просмотра всех библиотечных файлов и поиска компонентов по всевозможным атрибутам.

Справочная информация об именах выводов, номерах выводов, подключающихся к земле и питанию, а также о типе корпуса берется из технической документации на создаваемый компонент. Запуск программы *Library Executive* осуществляется двойным щелчком по иконке , либо через меню *Пуск > Программы > P-CAD 2006 > Library Executive*. После заставки появится окно диспетчера библиотек *Library Executive*. Внешний вид диспетчера библиотек в режиме редактирования символа показан на рисунке 6.2. Описание команд инструментальной панели представлено в таблице 6.1. Рабочие окна диспетчера библиотек *Library Executive* с описанием назначения основных функций приведены на рисунках 6.3-6.6.

Все компоненты в *P-CAD* можно разделить на две группы: **однородные (гомогенные)** — состоящие из одной или более одинаковых секций, и **неоднородные (гетерогенные)** — содержащие как минимум две различные секции. К однородным компонентам относятся: резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, их сборки и т.д. Неоднородными можно считать компоненты реле, наборы логических элементов, компараторов и функциональных микросхем, которые объединяют в одном корпусе несколько законченных узлов. Использование со-

ставных компонентов позволяет размещать секции одного компонента на разных участках принципиальной схемы, что облегчает ее понимание и чтение.

Инструментальная панель

Окно обзора библиотек

Окно просмотра символа компонента

Окно информации о компоненте

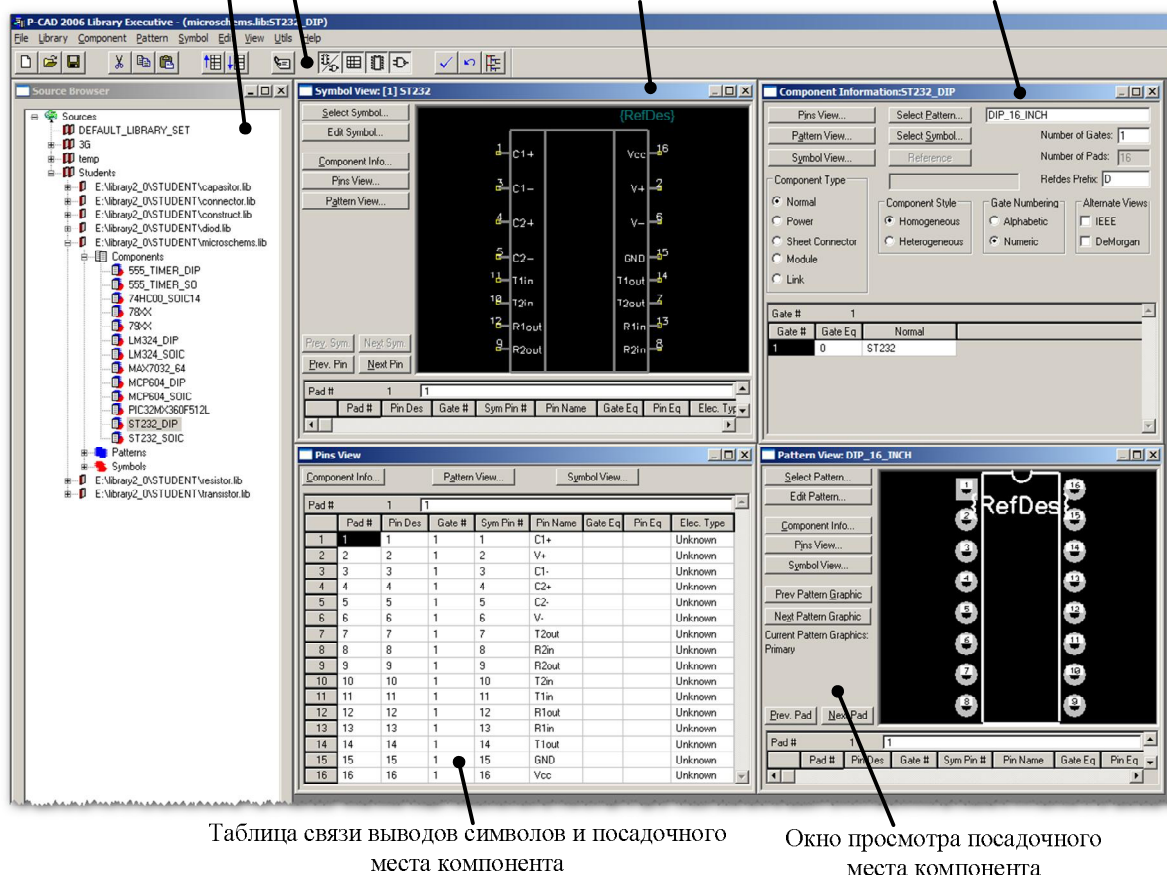


Рисунок 6.2 — Рабочее окно диспетчера библиотек *Library Executive*

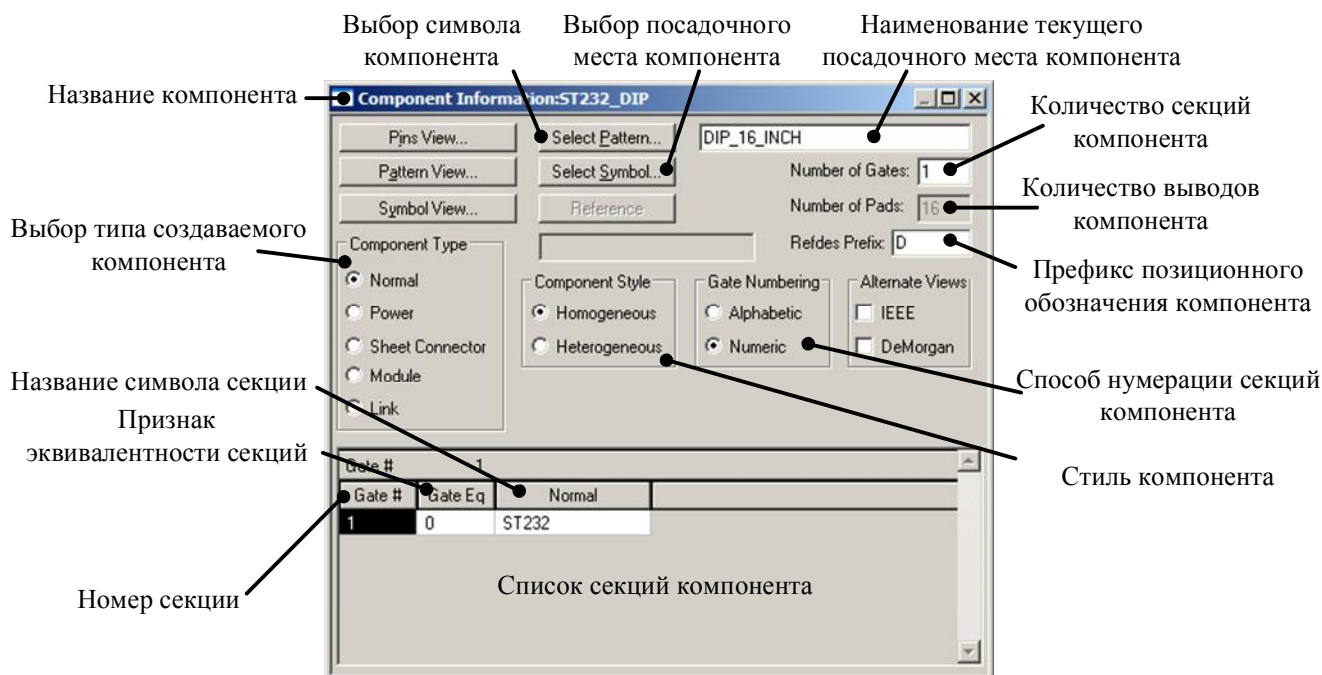


Рисунок 6.3 — Окно информации о компоненте

Таблица 6.1 — Описание команд инструментальной панели Command Toolbar редактора *Library Executive*

Номер кнопки в панели	Внешний вид кнопки	Назначение	Описание
9		<i>Component Attribute</i> Добавить атрибут компонента	Вызов окна инструмента изменения атрибутов текущего компонента <i>Component Attribute</i>
10		<i>Component Info</i> Информация о компоненте	Вызов окна информации о компоненте <i>Component information</i>
11		<i>Pins View</i> Таблица связи выводов	Вызов окна таблицы связи выводов компонента <i>Pins View</i>
12		<i>Pattern View</i> Просмотр посадочного места	Вызов окна просмотра посадочного места компонента <i>Pattern View</i>
13		<i>Symbol View</i> Просмотр символа	Вызов окна просмотра символа компонента <i>Symbol View</i>
14		<i>Component Validate</i> Проверка компонента	Проверка компонента на наличие ошибок
15		<i>Undo</i> Отмена последнего действия	Отменяет последнюю выполненную операцию
16		<i>Source Browser</i> Обзор библиотек	Вызов окна обзора библиотек <i>Source browser</i>

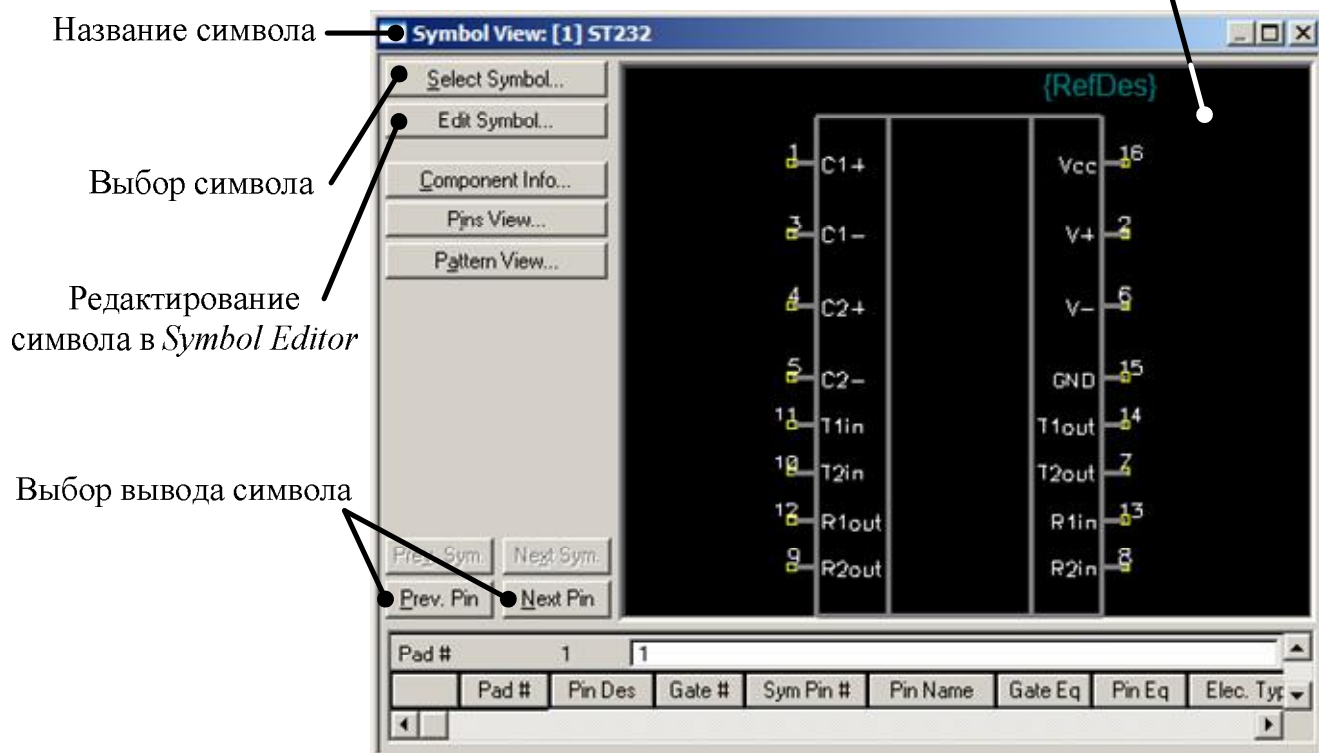


Рисунок 6.4 — Окно просмотра символа компонента

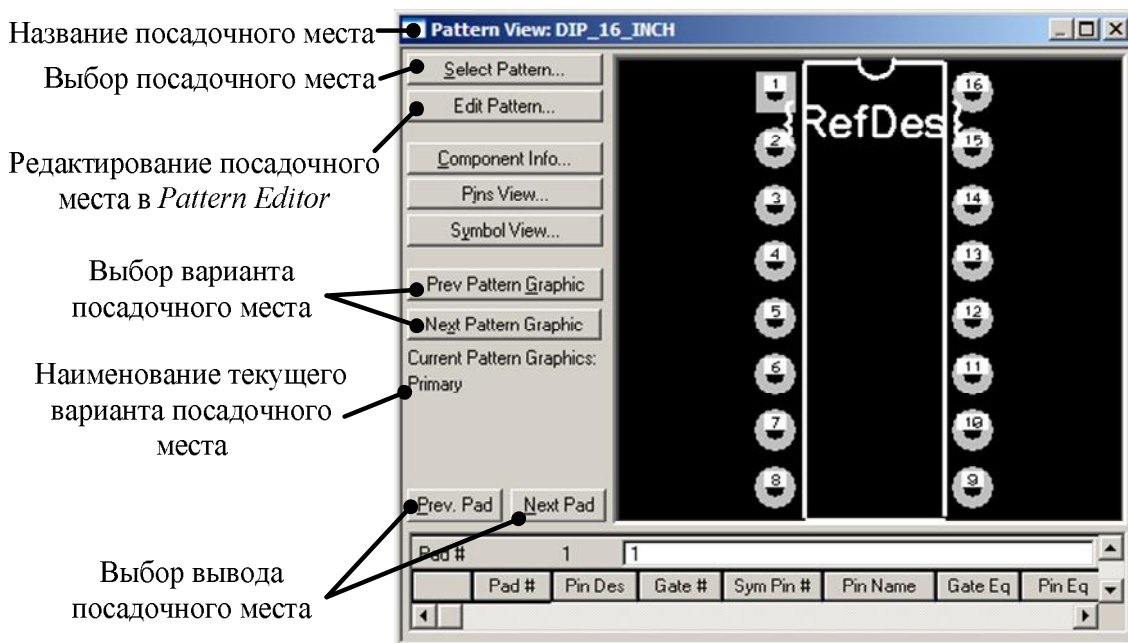


Рисунок 6.5 — Окно просмотра посадочного места компонента

Номер вывода (уникальный)

Позиционное обозначение вывода

Номер секции

Номер вывода символа
(уникальный в пределах секции)

Наименование вывода

Признак эквивалентности секций

Признак эквивалентности выводов

Электрический тип выводов

	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	1	C1+			Unknown
2	2	2	1	2	V+			Unknown
3	3	3	1	3	C1-			Unknown
4	4	4	1	4	C2+			Unknown
5	5	5	1	5	C2-			Unknown
6	6	6	1	6	V-			Unknown
7	7	7	1	7	T2out			Unknown
8	8	8	1	8	R2in			Unknown
9	9	9	1	9	R2out			Unknown
10	10	10	1	10	T2in			Unknown
11	11	11	1	11	T1in			Unknown
12	12	12	1	12	R1out			Unknown
13	13	13	1	13	R1in			Unknown
14	14	14	1	14	T1out			Unknown
15	15	15	1	15	GND			Unknown
16	16	16	1	16	Vcc			Unknown

Рисунок 6.6 — Таблица связи выводов символов и посадочного места компонента

6.3 Создание однородных компонентов

Рассмотрим процесс создания однородного компонента — содержащего один символ и одно посадочное место — на примере постоянного резистора

В главном меню *Library Executive* необходимо выполнить команду *Component>New*. В появившемся окне необходимо выбрать библиотеку, в которой находятся символ и посадочное место создаваемого компонента. В появившемся окне *Component Information* следует выполнить настройки в соответствии с рисунком 6.7. Особое внимание следует обратить на выбор правильного префикса для будущего компонента (поле *RefDes Prefix*). По ЕСКД для постоянного резистора определен префикс R. Далее, с помощью команд *Select Pattern* и *Select Symbol* выбрать посадочное место и символ резистора. После этого следует вызвать окна

просмотра символа и посадочного места компонента, а также таблицу связи выводов символа и посадочного места компонента, расположить их наиболее удобным для работы образом, например, так, как сделано на рисунке 6.2.

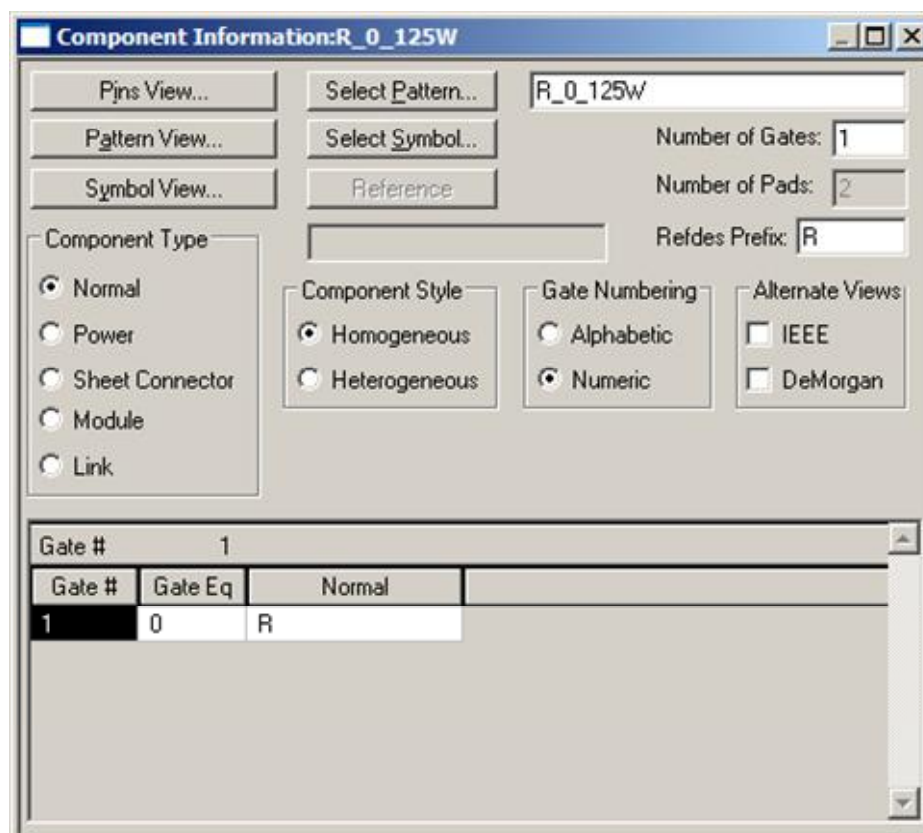


Рисунок 6.7 — Внешний вид окна *Component Information* в процессе создания резистора

Далее, следует проверить правильность выполненных соединений. Для этого, нажимая кнопки *Prev. Pin* или *Next Pin* в окне *Symbol View* либо *Prev. Pad* или *Next Pad* в окне *Pattern Vie*, следует проконтролировать по таблице связи правильность подключения символа резистора к его посадочному месту. После этого следует произвести проверку нового компонента с помощью кнопки . После исправления ошибок компонент может быть сохранен в библиотеку, которая указывалась в начале его создания (*Component>Save As*) либо в отдельный файл (*Component>Save To File As*). После этого созданным компонентом можно пользоваться при создании принципиальных схем и печатных плат.

6.4 Создание неоднородных компонентов

Процесс создания неоднородных компонентов проиллюстрируем на примере создания компонента реле *JZC-4123* с отдельными символами обмотки и переключающей контактной группы. Для этого в *Symbol Editor* создаются два символа — обмотки реле и контактной группы реле (рисунок 6.8). Каждый из этих символов сохраняется в библиотеке под своим именем, например, в рассматриваемом случае символ обмотки реле называется *COIL*, символ контактной группы — *SWITCH3*.

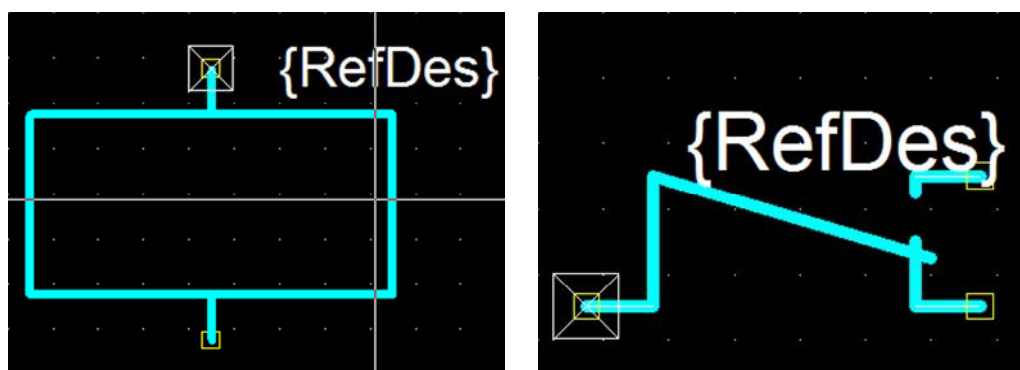


Рисунок 6.8 — Символы обмотки и контактной группы неоднородного компонента

После этого в *Pattern Editor* на основании технической документации создается посадочное место для этого реле (рисунок 6.9).

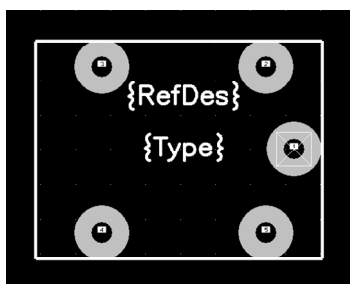


Рисунок 6.9 — посадочное место реле *JZC-4123*

После окончания создания символов и посадочного места в главном меню *Library Executive* необходимо выполнить команду *Component>New*. В появившемся окне необходимо выбрать библиотеку, в которой находятся символ и посадоч-

ное место создаваемого компонента. После этого в окне *Component Information* (см. рисунок 6.3) следует произвести следующие настройки: Тип компонента — *Normal*; Стилль компонента — *Heterogeneous*; Способ нумерации секций — *Numeric*; Количество секций компонента — 2; Префикс позиционного обозначения — К. После этого, необходимо выбрать посадочное место компонента с помощью кнопки *Select Pattern*. После этого, в списке секций компонента (см. рисунок 6.3) необходимо выбрать символ первой секции неоднородного компонента (рисунок 6.10).

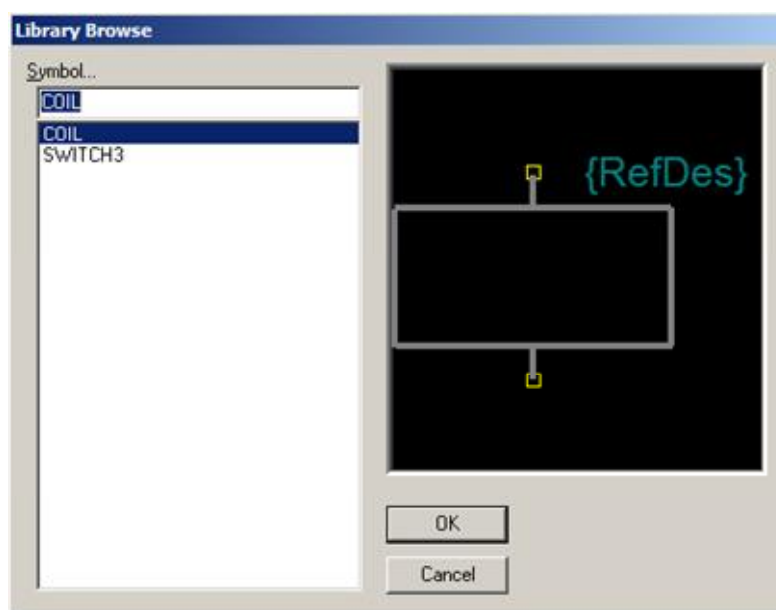


Рисунок 6.10 — Выбор первого символа неоднородного компонента

После нажатия кнопки *OK* система выдаст предупреждение (рисунок 6.11) об отличиях между параметрами выбранного символа и посадочного места компонента. Поскольку таблица соединений посадочного места с секциями будет позже корректироваться вручную, в этом окне следует нажать кнопку «*Нет*».

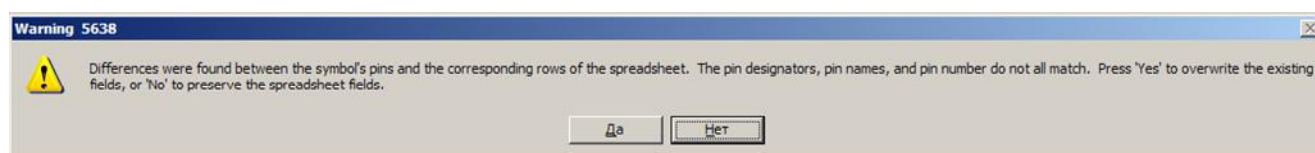


Рисунок 6.11 — Предупреждение менеджера библиотек о несоответствии параметров символа и посадочного места компонента

После завершения выбора первой секции компонента следует выбрать символ второй секции компонента аналогичным образом. На рисунке 6.12 показан внешний вид рабочих окон менеджера библиотек после выполнения указанных действий.

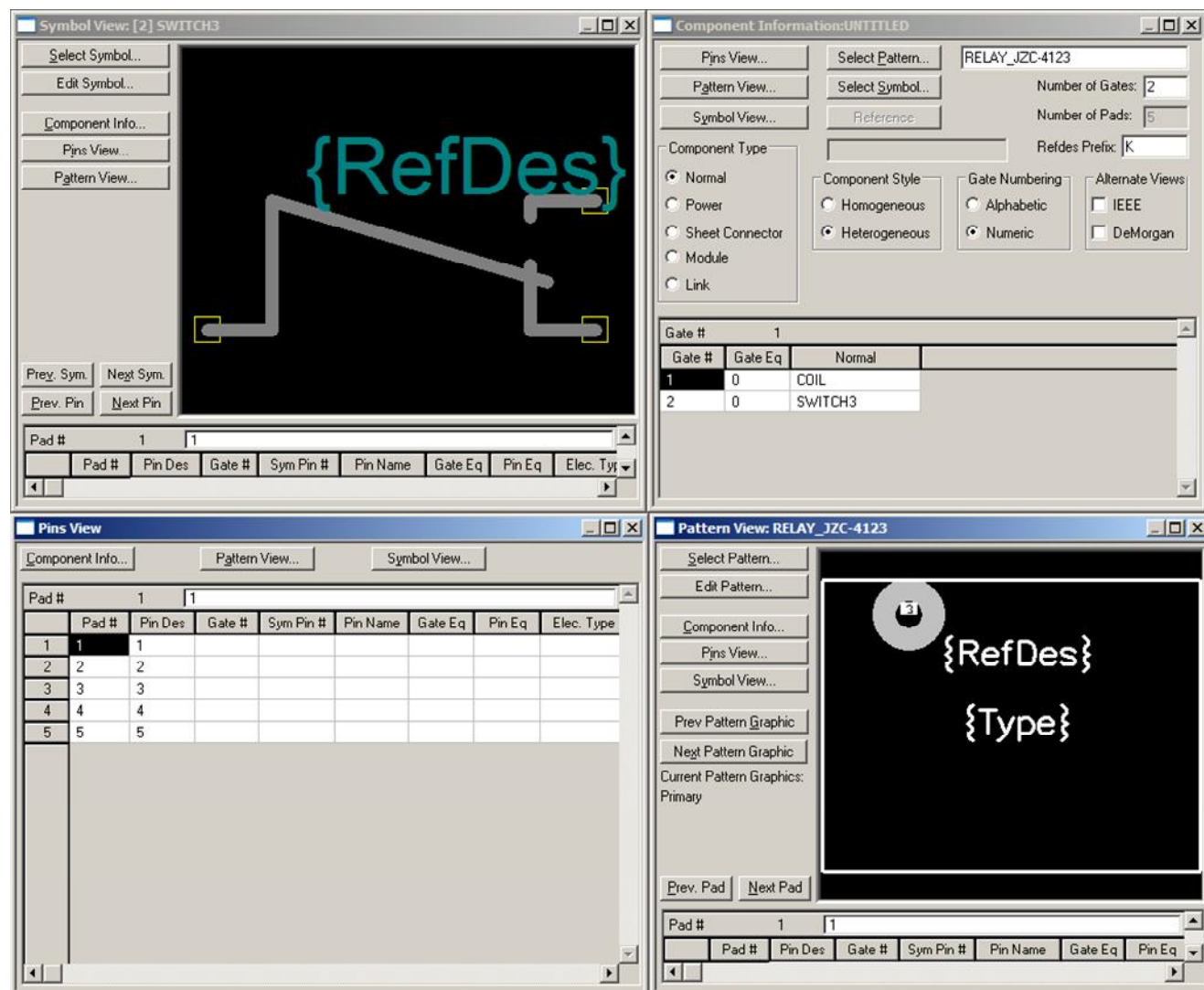
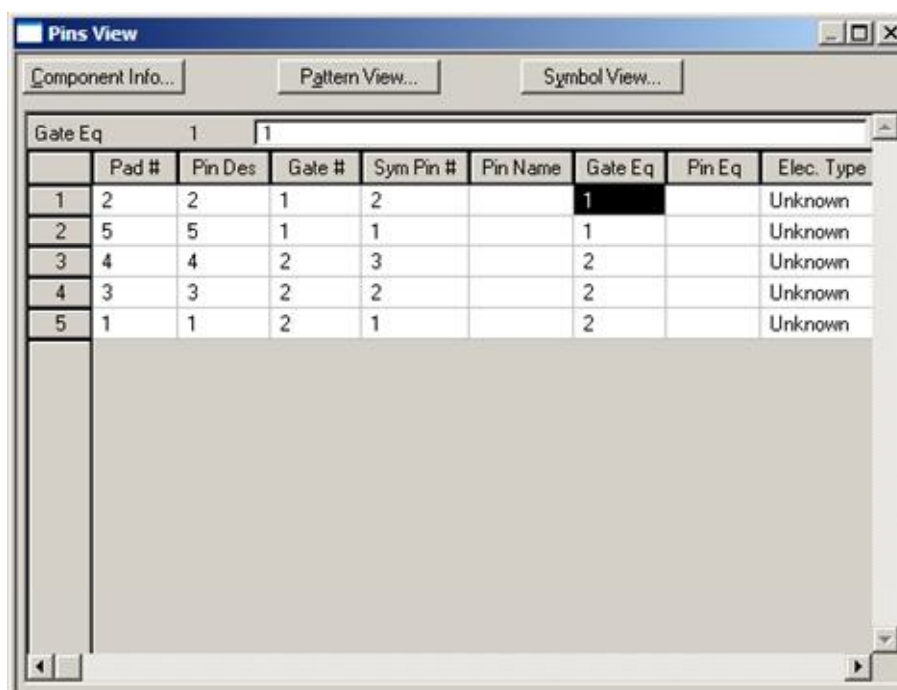


Рисунок 6.12 — Состояние рабочих окон диспетчера библиотек после выбора посадочного места и символов неоднородного компонента — реле JZC-4123

После того, как выбрано нужное посадочное место и символы всех секций неоднородного компонента, необходимо произвести стыковку этих символов с посадочным местом компонента. Эта операция выполняется в окне *Pins View*. Таблица в этом окне заполняется на основании технической документации на создаваемый компонент. В нашем случае тяговая обмотка реле, символ которой является первой секцией, должна быть подключена ко второму и пятому выводам

посадочного места. Поэтому, в столбце *Gate #* (номер секции) в строках, соответствующих второму и пятому выводам, следует ввести цифру 1. Поскольку создаваемый компонент состоит всего из двух секций, в остальных строках этого столбца следует поставить цифру 2. После этого в столбце *Sym Pin #* (номер вывода символа) следует распределить номера выводов для каждой из секций. Далее, в столбце *Gate Eq* (признак эквивалентности секций) следует продублировать цифры, введенные в столбце *Gate #*, поскольку в секции создаваемого компонента неодинаковы.

В результате проделанных операций таблица соединений в окне *Pins View* должна приобрести вид, близкий к приведенному на рисунке 6.12.



The screenshot shows the 'Pins View' window with a table of pin connections. The table has columns: Pad #, Pin Des, Gate #, Sym Pin #, Pin Name, Gate Eq, Pin Eq, and Elec. Type. The data is as follows:

	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	2	2	1	2		1		Unknown
2	5	5	1	1		1		Unknown
3	4	4	2	3		2		Unknown
4	3	3	2	2		2		Unknown
5	1	1	2	1		2		Unknown

Рисунок 6.12 — Окно *Pins View* для неоднородного компонента реле JZC-4123

Заключительным этапом создания любого компонента является проверка его правильности с помощью инструмента *Component Validate*, вызываемого с помощью пиктограммы  на инструментальной панели менеджера библиотек *Library Executive*. После исправления ошибок компонент сохраняется в выбранную библиотеку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лопаткин А.В. Р-CAD 2004 / А.В. Лопаткин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - 560 с.
2. Уваров А.С. Проектирование и конструирование электронных устройств. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2004. – 760 с.
3. Р-CAD 2006. Схемотехника и проектирование печатных плат: книга+видеокурс / К.М. Динц, А.А.Куприянов, Р.Г.Прокди [и др.]. – СПб.: Наука и Техника, 2009. – 320 с.
4. Иванова Н.Ю., Петров А.С., Поляков В.И., Романова Е.Б. Технология проектирования печатных плат в САПР Р-CAD-2006/ - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 168 с.

Заказ № _____ от «___» _____ 2012 Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ