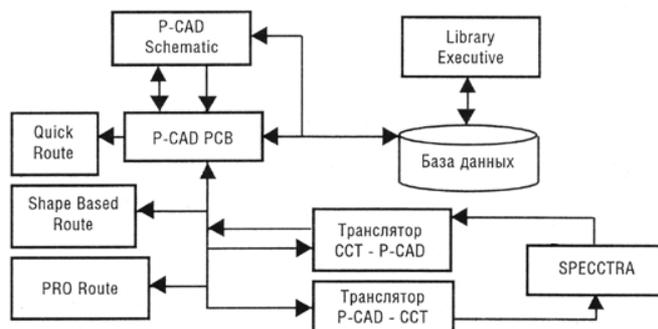


# АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СРЕДЕ PСAD-2000



• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
В СРЕДЕ PCAD-2000**

Методические указания  
для магистров техники и технологии специальности 551100  
«Проектирование и технология радиоэлектронных средств»

Тамбов  
• Издательство ТГТУ •  
2005

ББК ◀844-02я73-5  
УДК 621.38  
А22

Утверждено редакционно-издательским советом университета

Рецензент  
Доктор технических наук, профессор  
*П. С. Беляев*

A22 Автоматизированное проектирование в среде PCAD-2000: Метод. указ. / Сост. Н. А. Кольтюков. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 32 с.

Представлены методические указания по курсу САПР в которых рассмотрены основные принципы автоматизированного проектирования РЭС, примеры создания библиотек электронных компонентов, схем электрических принципиальных, печатных плат.

Методические указания предназначены для магистров техники и технологии специальности 551100 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств».

ББК ←844-02я73-5  
УДК 621.38

© Тамбовский государственный  
технический университет  
(ТГТУ), 2005

Учебное издание

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СРЕДЕ PCAD-2000

Методические указания

Составитель  
КАЛЬТЮКОВ Николай Александрович

Редактор Т. М. Федченко

Компьютерное макетирование И. В. Евсеевой

Подписано к печати 14.09.2005  
Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84/16. Бумага газетная.  
Печать офсетная. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,90 уч.-изд. л.  
Тираж 100 экз. С. 628

Издательско-полиграфический центр ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В трех лабораторных работах рассматриваются задачи автоматизированного проектирования электронных средств. При выполнении лабораторных работ студент получает возможность ознакомиться с системой проектирования радиоэлектронной аппаратуры P-CAD. Данная система на сегодняшний день является одной из самых мощных, полных и последовательных систем автоматизированного проектирования для персональных компьютеров. Основные характеристики системы проектирования P-CAD приведены ниже.

### *Общие характеристики:*

- 32-разрядная база данных;
- разрешающая способность P-CAD PCB и других программ равна 0,001 мм;
- до 100 открытых одновременно библиотек;
- число компонентов в одной библиотеке – неограничено;
- до 64 000 электрических цепей в одном проекте;
- до 10 000 выводов в одном компоненте;
- до 5000 секций (вентилей) в одном компоненте;
- до 2000 символов в атрибуте компонента;
- до 2000 символов в текстовой строке;
- до 20 символов в имени вывода, имени цепи, позиционном обозначении вывода (пробелы, знаки табуляции, точки и скобки не допускаются);
- до 16 символов в имени типа компонента (пробелы и знаки табуляции не допускаются);
- до 30 символов в позиционном обозначении компонента (двоеточие, пробелы, знаки табуляции, точка и точка с запятой не допускаются);
- до 8 символов в имени файла (в том числе и при работе в среде Windows);
- многошаговый «откат» вперед и назад. По умолчанию количество запоминаемых шагов установлено равным 10, но эту величину можно при необходимости изменить, редактируя файл конфигурации \*.ini.

• минимальный шаг сетки 0,1 mil в английской системе и 0,001 мм в метрической системе (1 mil = 0,001 дюйма = 0,0254 мм, 1 мм = 40 mil). Систему единиц можно изменять в любой фазе проекта.

### *Графический редактор принципиальных схем P-CAD Schematic:*

- до 99 листов схем в одном проекте, максимальный размер листа 60 × 60 дюймов;
- поддержка стандартных форматов листов от А до Е, АО-А4 и др. форматов;
- дискретность угла поворота компонента 90°;
- работает утилита ERC для просмотра и сортировки ошибок в принципиальных схемах;
- перекрестные связи между P-CAD Schematic и P-CAD PCB позволяют для выбранной на схеме цепи высветить на ППП соответствующий ей проводник и наоборот;
- возможна передача данных в программу моделирования Dr. Spice A/D.

### *Графический редактор печатных плат, P-CAD PCB:*

- до 99 слоев в ППП, из них 11 слоев предварительно определены;
- максимальный размер ППП 60 × 60 дюймов;
- автоматическая коррекция принципиальных схем по изменениям в печатной плате и наоборот (коррекция «назад» и «вперед»);
- до 64 000 типов контактных площадок в проекте;
- ширина проводника на ППП до 10 мм;
- до 64 000 стилей стеков контактных площадок в проекте;
- контактные площадки различных форм: эллипс, овал, прямоугольник, скругленный прямоугольник, сквозное переходное отверстие, перекрестье для сверления (target), непосредственное соединение, тепловой барьер с 2 или 4 перемычками;
- контроль соблюдения зазоров и полноты разводки ППП;
- минимальный дискрет угла поворота текста и графических объектов на 0,1 градуса;
- поддержка управляющих файлов фотоплоттеров Gerber и сверлильных станков с ЧПУ типа Excellon.

Программные средства системы позволяют автоматизировать весь процесс проектирования электронных средств, начиная с ввода принципиальной схемы, ее моделирования, упаковки схемы на печатную плату, интерактивного размещения радиоэлектронных компонентов на печатной плате и авто-трассировки соединений, вплоть до получения конструкторской документации и подготовки информации для производства плат на технологическом оборудовании.

# СОЗДАНИЕ И ПОПОЛНЕНИЕ БАЗ ДАННЫХ (БИБЛИОТЕК) КОМПОНЕНТОВ РЭС

*Цель работы:* научиться создавать и редактировать библиотеки радиоэлектронных компонентов для системы автоматизированного проектирования P-CAD 2000.

## Задание

- 1 Изучить структуру и принципы построения библиотек в системе P-CAD 2000.
- 2 Получить вариант задания у преподавателя.
- 3 Используя графические редакторы P-CAD Symbol Editor, P-CAD Pattern Editor и менеджер библиотек P-CAD Library Executive создать свою библиотеку из 10 элементов.
- 4 Оформить отчет о проделанной работе, сдать созданную библиотеку в электронном виде.

## Методические указания

### Общие сведения о системе P-CAD

Система P-CAD предназначена для проектирования многослойных печатных плат (ПП) вычислительных и радиоэлектронных устройств. В состав P-CAD входят четыре основных модуля – P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD Library Executive, P-CAD Autorouters и ряд других вспомогательных программ (рис. 1).

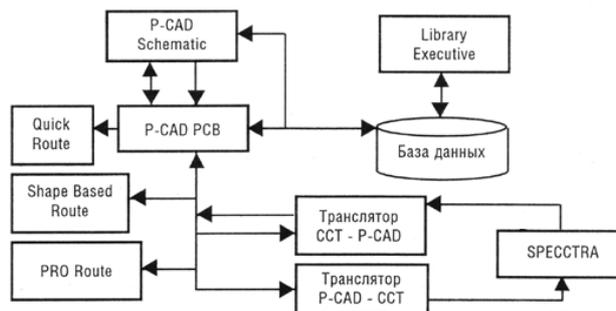


Рис. 1 Структура системы проектирования P-CAD

P-CAD Schematic и P-CAD PCB – соответственно графические редакторы принципиальных электрических схем и ПП. Редакторы имеют системы всплывающих меню в стиле Windows, а наиболее часто применяемым командам назначены пиктограммы. В поставляемых вместе с системой библиотеках зарубежных цифровых ИМС имеются три варианта графики: Normal – нормальный (в стандарте США), DeMorgan – обозначение логических функций, IEEE – в стандарте Института инженеров по электротехнике (наиболее близкий к российским стандартам).

Редактор P-CAD PCB может запускаться автономно и позволяет разместить модули на выбранном монтажно-коммутационном поле и проводить ручную, полуавтоматическую и автоматическую трассировку проводников. Если P-CAD PCB вызывается из редактора P-CAD Schematic, то автоматически составляется список соединений схемы, и на поле ПП переносятся изображения корпусов компонентов с указанием линий электрических соединений между их выводами. Эта операция называется упаковкой схемы на печатную плату. Затем вычерчивается контур ПП, на нем размещаются компоненты и, наконец, производится трассировка проводников.

Автотрассировщики вызываются из управляющей оболочки P-CAD PCB, где и производится настройка стратегии трассировки. Информацию об особенностях трассировки отдельных цепей можно с помощью стандартных атрибутов ввести на этапах создания принципиальной схемы или ПП. Первый трассировщик QuickRoute относится к трассировщикам лабиринтного типа и предназначен для трассировки простейших ПП. Второй автоматический трассировщик PRO Route трассирует ПП с числом сигнальных слоев до 32. Трассировщик Shape-Based Autorouter – бессеточная программа автотрассировки ПП. Программа предназначена для автоматической разводки многослойных печатных плат с высокой плотностью размещения элементов, эффективна при поверхностном монтаже корпусов элементов, выполненных в различных системах координат. Имеется возможность размещения проводников под различными углами на разных слоях платы, оптимизации их длины и числа переходных отверстий.

SPECCTRA – программа ручного, полуавтоматического и автоматического размещения компонентов и трассировки проводников. Трассирует ПП большой сложности с числом слоев до 256. В программе используется так называемая бессеточная Shape-Based – технология трассировки. За счет этого повышается эффективность трассировки ПП с высокой плотностью размещения компонентов, а также обеспечивается трассировка одной и той же цепи трассами различной ширины. Программа SPECCTRA имеет модуль AutoPlace, предназначенный для автоматического размещения компонентов на ПП. Вызов программы производится автономно из среды Windows или из программы P-CAD PCB.

P-CAD Library Executive – менеджер библиотек. Интегрированные библиотеки P-CAD содержат как графическую информацию о символах и типовых корпусах компонентов, так и текстовую информацию (число секций в корпусе компонента, номера и имена выводов, коды логической эквивалентности выводов и т.д.). Программа имеет встроенные модули: Symbol Editor – для создания и редактирования символов компонентов и Pattern Editor – для создания и редактирования посадочного места и корпуса компонента. Упаковка вентиля компонента, ведение и контроль библиотек осуществляются модулем Library Executive. Модуль имеет средства просмотра библиотечных файлов, поиска компонентов, символов и корпусов компонентов по всем возможным атрибутам.

Вспомогательные утилиты, образующие интерфейс DBX (Data Base Exchange), в частности, производят перенумерацию компонентов, создают отчеты в требуемом формате, автоматически создают компоненты, выводы которых расположены на окружности или образуют массив, рассчитывают паразитные параметры ПП и т. п.

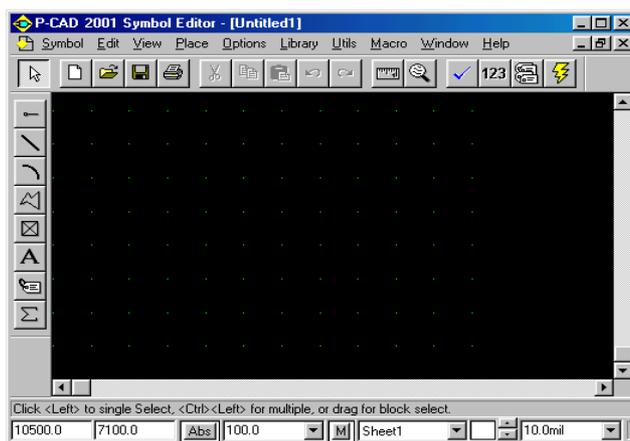
### ***Создание компонентов и менеджер библиотек проекта***

Если при проектировании пользователь и применяет уже созданные им ранее или кем-либо другим библиотеки компонентов, то в процессе работы неизбежно возникает задача или создания новых, или редактирования ранее созданных компонентов для привязки их к требованиям конкретного проекта.

### ***Создание символов компонента для схем электрических принципиальных***

Для решения поставленной задачи используется встроенный в систему специальный графический редактор P-CAD Symbol Editor. Указанный редактор может быть запущен автономно исполняемым модулем SYMED.EXE, или из редактора P-CAD Schematic, или из редактора P-Cad PCB, или из менеджера библиотек P-CAD Library Executive после выполнения команды Utils/P-CAD Symbol Editor.

На рис. 2 представлен экранный интерфейс указанного редактора, основные элементы которого описаны выше.



**Рис. 2** Экран редактора P-CAD Symbol Editor

Отличием данного интерфейса является наличие четырех дополнительных кнопок:

- Validate Symbol – средства проверки правильности созданного символа;
- Renumber Pins – средства перенумерации выводов символа;
- Symbol Attributes – средства просмотра атрибутов символа;
- Symbol Wizard – мастер создания символа компонента.

Слева расположена панель Placement Toolbar с пиктограммами для размещения вывода символа, рисования линии, дуги, полигона, установки точки привязки символа, ввода текста, задания атрибутов

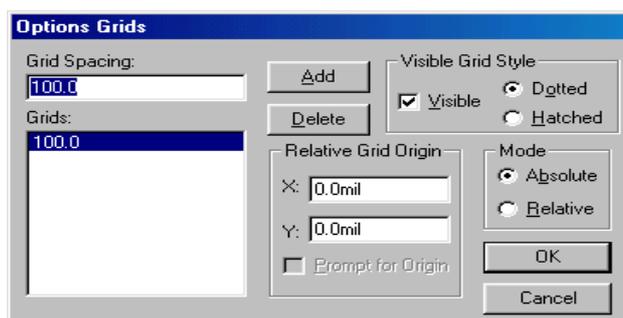
символа и размещения стандартного символа IEEE, указывающего функциональное назначение символа.

После загрузки редактора P-CAD Symbol Editor для создания символа компонента необходимо проделать операции, указанные ниже.

### ***Настройка конфигурации графического редактора***

Выполнить команду Options/Configure. Установить систему единиц – мм, размер форматки – А4. Нажать кнопку ОК. Размер рабочего поля составит примерно 280 × 210 мм.

Выполнить команду Options/Grids. Появится диалоговое окно (рис. 3) для определения списка нужных сеток. Для установки сетки с нужным шагом следует в поле Grid Spacing ввести числовое значение шага (например, 5 мм) и нажать кнопку Add (добавить), а затем – кнопку ОК. В случае необходимости можно добавить и другие размеры шагов сетки. После ввода каждого значения шага сетки необходимо нажимать кнопку Add. Переключение шагов сетки в дальнейшем можно производить непосредственно в окне строки состояний экрана.



**Рис. 3** Список установленных сеток экрана

### ***Рисование контура графического изображения символа компонента***

Рисование контура изображения символа производится при помощи команд Place/Line и Place/Arc линиями выбранной толщины. Рисование линии (Place/Line) производится указанием начальной точки линии и последующем перемещении курсора с нажатой левой кнопкой мыши (будущая линия видна) или перемещением курсора с отжатой левой кнопкой мыши (будущая линия не видна). В местах изгиба линии, в зависимости от указанного способа рисования, отпускается (или нажимается) левая кнопка мыши. В процессе рисования курсор имеет форму креста, что указывает на возможность продолжения рисования. По окончании рисования линии нажимают правую кнопку мыши или клавишу Esc. Проявляется линия заданной ширины и конфигурации.

Рисование дуги (Place/Arc) производится в следующем порядке: курсор помещается в начальную точку дуги, затем нажимается левая кнопка мыши и курсор протягивается в конец дуги, кнопка мыши отпускается. В результате подсвечивается дуга с центром, расположенным посередине линии, соединяющей конечные точки дуги. Поместить курсор в центр линии и щелкнуть мышью. Дуга рисуется окончательно. Для редактирования дуги ее нужно выделить, и, перетаскивая появившиеся на дуге метки, можно придать дуге нужную форму и размеры. После выделения дуги можно использовать клавишу R для поворота на 90° (нажатие клавиш Shift+R поворачивает дугу в обратную сторону) и клавишу F – для зеркального отображения дуги относительно оси Y.

Для рисования окружности необходимо вначале указать точку на линии окружности, а затем щелкнуть в точке центра окружности.

### ***Создание символов компонентов***

**Внимание!** Изображение символа компонента, его размер и пропорции элемента определяются требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Последовательность операций для создания образа символа рассмотрим на примере вентиля (секции) для микросхемы K155ЛА3. Условимся, что шаг между выводами символа кратен 5 мм. Установливаем шаг сетки 2,5 мм и рисуем прямоугольник размером 10 × 12,5 мм.

Выбираем команду Place/Pin. В появившемся диалоговом окне (рис. 5) в поле Length (длина) устанавливаем флажок User (длина контакта выбирается пользователем) и в появившемся поле устанавливаем длину 5 мм.

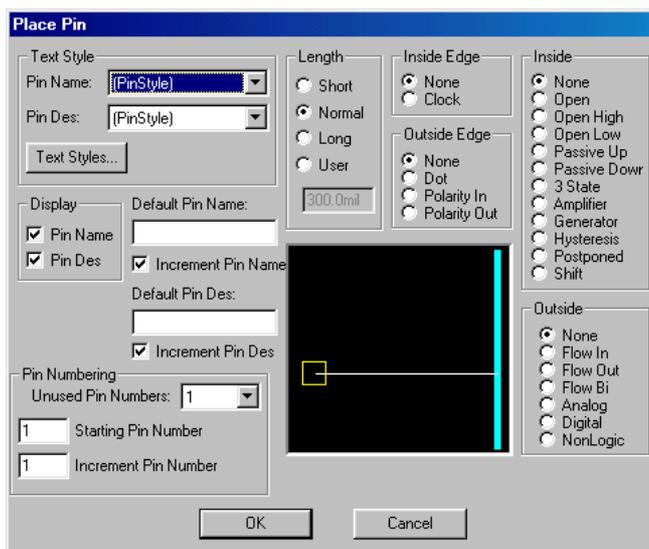


Рис. 4 Диалоговое окно для создания контактов символа

В поле Outside Edge (выходной контакт) выбираем значение Dot (кружок инверсии). В окне Default Pin Des (позиционное обозначение первого вывода) ставим *единицу*. В поле Display включаем флажки Pin Des (позиционное обозначение контакта на схеме) и Pin Name (имя контакта). Включаем флажок Increment Pin Des (приращение номера очередного размещаемого контакта на *единицу*). В поле Text Style в строках Pin Name и Pin Des можно выбрать стиль текста, например DefaultTTF.

Перемещаем курсор в ту точку (в нашем случае необходимо отступить сверху от правого верхнего угла прямоугольника на 6 мм) графического изображения символа, где будет размещен выход вентиля, нажимаем левую кнопку мыши (появится изображение контакта с инверсным выходом) и, не отпуская кнопку мыши, нажимаем F для симметричного отражения контакта в нужное положение, а затем отпускаем кнопку мыши. Контакт установлен.

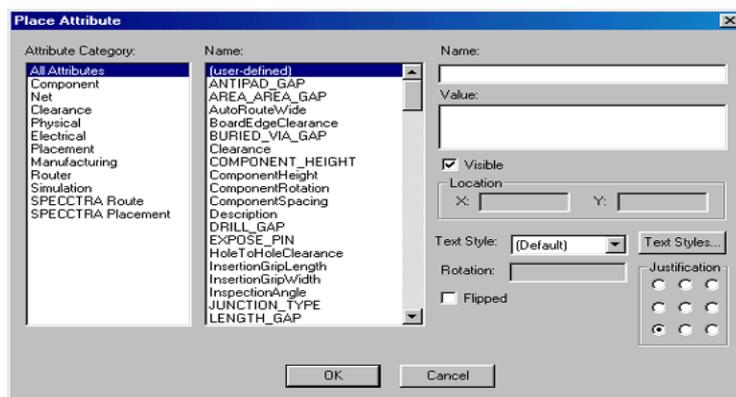
Далее аналогичным образом устанавливаем входные контакты (необходимо только в поле Outside Edge выбрать None т.е. убрать кружок инверсии).

В результате появится изображение символа компонента с нумерованными двумя входными и одним инверсным выходными контактами.

Для ввода текста необходимо выполнить команду Place/Text, затем установить курсор внутрь контура изображения символа и щелкнуть мышью. В поле Text открывшегося диалогового окна набираем символ &, можно установить выравнивание текста (Justification). В списке стилей текста (Style) можно выбрать необходимый стиль текста, например DefaultTTF. Если выделить текст, то его можно развернуть, нажав клавишу R необходимое число раз, или переместить в нужное место, если первоначальное размещение оказалось не очень удачным.

Далее задаем точку привязки, для этого необходимо выполнить команду Place/Ref Point. Перемещаем курсор в точку первого контакта символа и щелкаем мышью. В результате сверху изображения первого контакта появится светлый прямоугольник с диагоналями.

Выполняем команду Place/Attribute для задания атрибутов символа: места для размещения позиционного обозначения элемента на схеме и надписи типа элемента. Для этого щелкнув мышью в появившемся диалоговом окне (рис. 5) в области категорий атрибута (Attribute Category) указываем назначение атрибута для элемента (Component). В области имен атрибутов (Name) выбираем имя атрибута позиционного обозначения (Refdes). После выделения позиционного обозначения символа можно перетащить надпись в нужное место рисунка.



**Рис. 5** Окно установки атрибутов символа

Для проверки правильности создания символа выполняем команду *Utils/Validate*. Появится соответствующее ситуации сообщение – правильно или неправильно выполнено кодирование символа компонента.

### *Запись созданного элемента в библиотеку*

Для записи символа в имеющуюся библиотеку необходимо.

Вызвать команду *Symbol/Save As*. Откроется диалоговое окно *Symbol Save To Library* (рис. 6).



**Рис. 6** Запись символа в имеющуюся библиотеку

В поле *Library* выбрать имя нужной библиотеки. Включить метку занесения информации в библиотеку как отдельного элемента – *Create Component*. В окне *Symbol* набрать имя символа *NAND (И-НЕ)*, в окне *Component* – имя компонента *K155LA3* и нажать кнопку *OK*. В появившемся диалоговом окне *Save Component As* в области *Component Type* установить флажок *Normal* и нажать *OK*.

Если выполнить команду *Save To File As*, то можно сохранить файл с новым именем, не включая его в библиотеку (расширение файла *.sym*).

Для записи символа в новую библиотеку необходимо выбрать команду *Library/New* и в открывшемся диалоговом окне установить нужный диск, открыть (создать) папку, дать имя библиотеке с обязательным расширением *.lib* и нажать кнопку *Сохранить*. Запись символа в созданную библиотеку производится также как и в предыдущем случае.

### *Создание посадочного места компонента*

Посадочное место компонента можно создать с помощью графического редактора *P-CAD Pattern Editor*. Указанный редактор запускается исполняемым модулем *PATED.EXE* или из среды любого из редакторов *P-CAD* командой *Utils/P-CAD Pattern Editor*.

После запуска программы надо настроить ее конфигурацию аналогично вышеописанному.

Контактные площадки для выводов компонентов и переходных отверстий могут иметь различные формы и размеры. Поэтому для элементной базы, применяемой в разработках, пользователь и создает собственные библиотеки стеков контактных площадок и переходных отверстий.

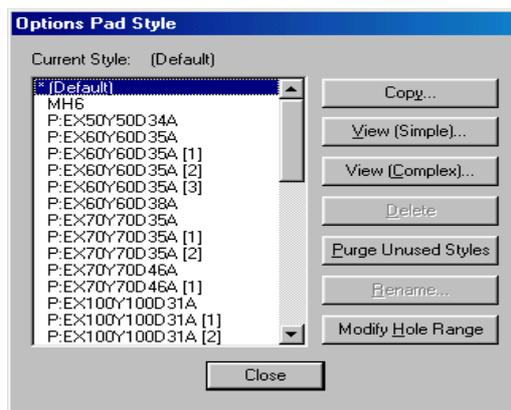
На печатных платах размещаются простые (*Simple*) и сложные (*Complex*) стеки контактных площадок и переходных отверстий (*Via Stacks*). Стек контактной площадки – это файл, который содержит описание графики контактной площадки в различных слоях ПП и номер апертуры фотоплоттера.

Стеки для штыревых выводов (*DIP*-корпусы) компонентов, которые имеют одинаковую форму контактных площадок на всех слоях ПП, и стеки для компонентов с планарными выводами (*SMD*-

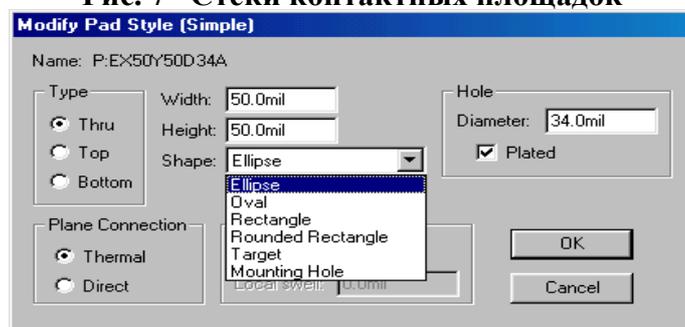
корпусы), имеющие контактные площадки на одном слое ПП, образуют простые стеки. Компоненты с планарными выводами размещаются на слоях Top или Bottom (на этих же слоях задается и графика корпусов этих компонентов). Сложные стеки на различных слоях ПП могут иметь различную геометрическую форму. Стек первого контакта компонента должен отличаться (например, квадрат) от других стеков этого же компонента.

Для формирования (редактирования) стеков выполняется команда Options/Pad Style. В области Current Style в начале работы обычно имеется только один стек контактной площадки – Default. Выделите строчку Default, нажмите кнопку Copy и в окне Pad Name введите имя нового стека контактной площадки (например, dip17) и нажмите OK. В области Current Style появится имя новой контактной площадки. Аналогично можно последовательно ввести имена всех необходимых стеков. На рис. 7 представлены примеры стеков.

После выделения имени стека и нажатии на кнопку Modify (Simple) открывается меню редактирования простых стеков контактных площадок (рис. 8).



**Рис. 7 Стеки контактных площадок**



**Рис. 8 Окно редактирования простых стеков**

В области Type выбирается тип контактной площадки:

- Thru – контактная площадка для штыревого вывода;
- Top – контактная площадка для планарного вывода со стороны установки компонента на ПП;
- Bottom – контактная площадка для планарного вывода со стороны монтажа компонента.

В области Plane Connection указывается тип контактных площадках при подключении их к сплошным слоям металлизации:

- Thermal – контактная площадка с тепловым барьером;
- Direct – сплошная контактная площадка, напрямую подключена к слою металлизации.

В списке окна Shape устанавливается форма контактной площадки:

- Ellipse – эллиптическая (круг);
- Oval – овальная;
- Rectangle – прямоугольная;
- Rounded Rectangle – прямоугольная со скругленными углами;
- Target – перекрестье для сверления;
- Mounting Hole – крепежное (монтажное) отверстие.

Геометрические размеры контактных площадок устанавливаются в окнах Width (ширина), Height (высота) и Diameter (диаметр отверстия для сверления). Если отверстие металлизированное, то в области Hole устанавливается флажок Plated.

В области Plane Swell устанавливается значение зазора между слоем металлизации и неподсоединенными к нему контактными площадками и переходными отверстиями. Этот зазор выдерживается при автоматической трассировке связей на печатной плате. После всех установок нажмите ОК.

При выделении нужного имени стека и нажатии кнопки Modify (Complex) в диалоговом окне Options Pad Style (Complex) производится редактирование сложных стеков контактных площадок (рис. 9).

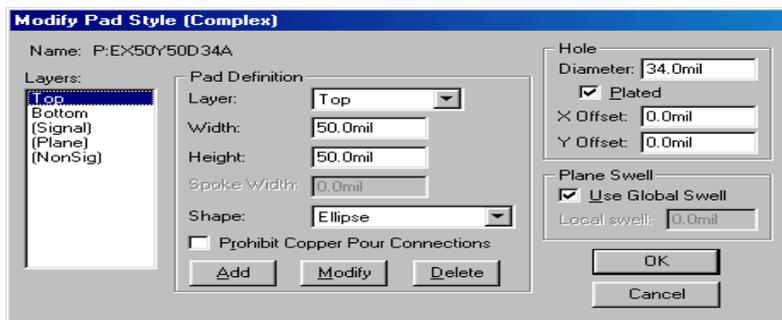


Рис. 9 Редактирование сложных стеков

В окне Layers последовательно указывают имена слоев, на которых будут размещаться контактные площадки стека. Имена слоев появляются при раскрытии списка слоев в окне Layer области Pad Definition, нужный слой выбирается из списка и добавляется в поле Layers при нажатии на кнопку Add. В окнах Shape, Width и Height области Pad Definition указывают форму контактной площадки на выбранном слое, ее ширину и высоту соответственно.

В списке Shape указаны тринадцать вариантов форм контактных площадок:

- Polygon – контактная площадка, определяемая полигоном;
- Thermal 2 Spoke – контактная площадка с двумя тепловыми барьерами;
- Thermal 2 Spoke/90 – контактная площадка с двумя тепловыми барьерами, развернутыми на 90°;
- Thermal 4 Spoke – контактная площадка с четырьмя тепловыми барьерами;
- Thermal 4 Spoke/45 – контактная площадка с четырьмя тепловыми барьерами, развернутыми на 45°;
- Direct Connect – контактная площадка с прямым соединением со сплошным слоем металлизации.
- Другие варианты – как для контактных площадок с простыми формами.

В области Hole в окне Diameter устанавливается диаметр металлизированного/неметаллизированного (включен/выключен флажок Plated) отверстия, соединяющего слои ПП.

После окончания установки параметров для каждой контактной площадки нажимается кнопка Modify. После окончания установок данных для стека по всем слоям нажать кнопку ОК.

Стеки переходных отверстий формируются после выполнения команды Options/Via Style аналогично формированию стеков контактных площадок. Имена стеков переходных отверстий проекта задаются по команде Pattern/Design Technology Parameters.

Все сформированные стеки контактных площадок могут быть размещены на рабочем поле ПП после выполнения команды Place/Pad программы P-CAD Pattern Editor. Такое размещение контактных площадок стеков производится для формирования установочного места компонента с целью последующей записи его в библиотеку или в отдельный файл (расширение PAT).

### **Создание установочного места со штыревыми контактами**

Загрузите программу P-CAD Pattern Editor. Сформируем установочное место для микросхемы K155ЛАЗ.

Настройте конфигурацию программы (см. выше). Установите шаг сетки рабочего поля равным 1,25 мм, а число сигнальных слоев – два.

Если еще не сформированы стеки контактных площадок, выполните команды Options/Pad Style и Options/Via Style и сформируйте нужное количество стеков контактных площадок и переходных отверстий, количество и тип которых зависит от применяемой вами элементной базы и перечня элементов проекта. В нашем случае формируем два простых стека: первый стек (квадрат со стороной 1,2

мм, диаметр внутреннего отверстия – 0,8 мм) – для первого (ключевого) контакта, второй стек (площадка диаметром 1,2 мм, диаметр внутреннего отверстия – 0,8мм) – для всех остальных контактов; отверстия – сквозные (Thru).

Командой **Pattern/Open** подключите ранее созданную библиотеку или создайте новую – **Library/New**.

После выполнения указанных действий еще раз выберите команду **Options/Pad Style**, выберите нужный стиль стека (например, стиль первого контакта компонента) и нажмите кнопку **Close**.

На панели **Placement Toolbar** нажмите кнопку **Place Pad** и установите первый контакт (следите за стилем первого контакта!) в нужную точку рабочего поля.

Повторите команду **Options/Pad Style** и, последовательно выбирая стиль всех прочих контактов компонента, разместите их, сообразуясь с чертежом установочного места конкретного компонента. В нашем случае расстояние между контактами в вертикальном ряду – 2,5 мм, а расстояние между двумя вертикальными рядами – 7,5 мм. Все контакты будут автоматически нумерованы в заданной последовательности. Увеличьте изображение, если номера контактов не видны на экране.

**Внимание!** При размещении контактов следите за именами слоев, на которых размещаются контакты.

Выберите команду **Place/Kef Point** (точка привязки компонента) и щелкните по первому контакту. В результате этого на первый контакт будет наложен квадрат с диагоналями, отображающий точку привязки компонента.

Выберите команду **Place Attribute** и щелкните в любом месте экрана монитора. В области **Attribute Category** появившегося диалогового окна установите категорию **Component**, а в области **Name** установите значение **RefDes** и установите флажок **Visible** (видимый). Щелкните на кнопке **OK** и в верхней части изображения установочного места компонента укажите место размещения для указанного атрибута **RefDes**. При необходимости атрибут можно передвинуть в другую позицию (в месте установки указанного атрибута при размещении компонента в рабочем поле в дальнейшем появится схемное обозначение компонента, задаваемое пользователем – DD1, DD5, R12, C8 и т.д.).

Командой **Options/Layers** установите слой **Top Silk** и после выбора команды **Place Line** или **Place Arc** нарисуйте контур компонента так, как этого требуют нормативные документы.

Проверьте правильность создания файла командой **Utils/Validate**.

Выполните команду **Pattern/Save As**. В диалоговом окне установите имя библиотеки, в которую будет произведена запись изображения установочного места компонента. В окне **Pattern** введите имя посадочного места (например, DIP14), включите флажок **Create Component**, в окне **Component** введите имя компонента (например, K155ЛА3) и нажмите кнопку **OK**. Будет произведена запись созданного установочного места компонента в заданную вами библиотеку.

### ***Создание установочного места компонента с планарными контактами***

Все операции по формированию установочного места компонента с планарными выводами аналогичны операциям, перечисленным для формирования компонента со штыревыми контактами. Для создания файла, естественно, вначале конструируются стеки планарных контактов. Эти стеки должны располагаться в библиотеке вашего проекта.

### ***Менеджер библиотек P-CAD Library Executive***

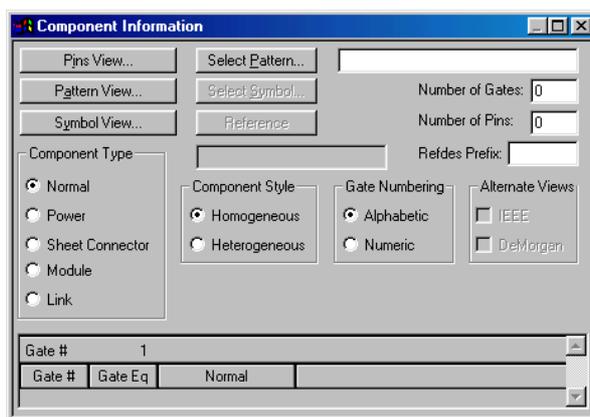
При решении задачи согласования используемых в проекте символов компонентов и их посадочных мест и внесения дополнительных данных для упаковки компонента в корпус используется менеджер библиотек

**P-CAD Library Executive**, который содержит интегрированную информацию о графике корпусов и символов компонентов, а также текстовую информацию о компонентах.

Запускается Менеджер исполняемым файлом **CMR.EXE** или из среды любого графического редактора **P-CAD** командой **Utils/P-CAD Library Executive**.

После запуска программы необходимо выполнить команду **Component New** и выбрать нужную библиотеку, в которой ранее записаны сведения о графике символов и посадочных местах компонентов, и заполнить нужные окна диалогового окна (рис. 10). Работу менеджера библиотек рассмотрим на примере создания интегрированных данных для компонента **K561ЛА7**.

Щелкните по кнопке **Select Pattern**, введите имя посадочного места (в нашем случае – DIP14) в окно **Number of Gates** введите число вентилях компонента (4) и нажмите **Enter**. В нижней части диалогового окна отобразится таблица, столбцы которой содержат следующую информацию: **Gate#** – имена (номера) логических секций, **Gate Eq** – коды логической эквивалентности секций (поскольку все секции однородного компонента одинаковы, то в этом столбце во всех ячейках автоматически устанавливается число 1), **Normal** – информация, соответствующая библиотечному имени символа данной секции (компонент может состоять и из разных функциональных секций!). Этот символ определяется после установки курсора в ячейку столбца **Normal** напротив имени нужной секции, нажатии на кнопку **Select Symbol**, выборе из появившегося списка имени символа и нажатии кнопки **OK**.



**Рис. 10** Окно **Component Information**

В окне **Refdes Prefix** напишите **DD** (так будут на схеме именоваться в будущем позиционные обозначения компонентов).

В области **Component Type** включите флажок **Normal** – обычный компонент (возможны варианты: **Power** – источник питания, **Sheet Connector** – соединитель листов схемы, **Module** – модуль иерархического символа, **Link** – схема модуля).

В области **Component Style** выберите **Homogeneous** – однородный компонент (все секции одинаковы). В области **Gate Numbering** задайте способ нумерации секций (**Alphabetic** – буквенный или **Numeric** – числовой способ).

Кнопки **Pins View**, **Pattern View** и **Symbol View** используются для открытия окон редактирования соответствующих параметров компонентов.

Для создания таблицы выводов **Pins View** щелкните по кнопке **Pins View** и заполните таблицу информацией, взятой из технической документации для текущего компонента (или задайте эти данные сами).

В столбцы **Pad#** (номера контактных площадок корпуса компонента) и **Pin Des** (позиционные номера выводов компонентов на схеме) для нашего примера в оба столбца вносится одна и та же информация о порядке их нумерации.

Прежде всего устанавливается соответствие между номерами контактов столбца **Sym Pin #** и номерами выводов в столбце **Pin Des**. В столбце **Sym Pin #** указывается номер вывода символа в соответствующей секции символа компонента.

В столбец **Pin Name** вводят имена выводов в каждой секции (включая контакты «земли» – имя **GND** и «питания» – имя **VCC**).

В столбцы **Gate Eq** и **Pin Eq** вводят данные о логической эквивалентности секций и выводов соответственно. Выводы и секции с одинаковой эквивалентностью в процессе размещения модулей на печатной плате могут быть автоматически «переставлены». Для некоторых компонентов указанные столбцы не заполняются, ввиду отсутствия у них эквивалентных секций и выводов.

В столбце **Gate #** указывается номер секции (вентиля), в которую назначен вывод символа.

В столбце **Elec. Type** указывается тип вывода, используемый при поиске ошибок в схемах электрических принципиальных (этот столбец рекомендуется заполнить до ввода данных в столбец **Gate #**). После установки курсора в ячейку столбца и нажатии стрелки справа в одноименной горизонтальной строке раскрывается список типов выводов.

- **Unknown** – вывод, не имеющий определенного типа (по умолчанию);

- Passive – пассивный вывод;
- Input – входной вывод;
- Output – выходной вывод;
- Bidirectional – двунаправленный вывод;
- Open-H – открытый эмиттер ИС типа ЭСЛ (к выводу должен быть подключен нагрузочный резистор);
- Open-L – открытый коллектор ИС типа ТТЛ (к выводу должен быть подключен нагрузочный резистор);
- Passive-H – пассивный компонент (обычно резистор), подключаемый к источнику питания (соответствует высокому логическому уровню);
- Passive-L – пассивный компонент (обычно резистор), подключаемый к «земле» (соответствует низкому логическому уровню);
- 3-State – трехстабильный вывод (имеет высокий и низкий логический уровень и уровень высокого импеданса);
- Power – вывод питания или «земли». Назначение этого типа выводу автоматически проставляет номер секции PWR в столбце Gate # таблицы выводов.

После выбора типа вывода надо нажать Enter.

Для выбора, просмотра и возможного редактирования символа компонента надо щелкнуть по кнопке Symbol View в окне Pins View.

После выполнения всех указанных выше операций для создания интегрированного образа компонента необходимо выполнить команду Component/Validate для проверки согласованности всех данных компонента и, в случае отсутствия ошибок, сохранить компонент в текущей библиотеке командой Component Save As. Имя компонента указывается по дополнительному запросу (в нашем случае – K561LA7).

### **Вопросы для проверки**

- 1 Какова структура библиотек системы P-CAD?
- 2 Что такое стек контактной площадки?
- 3 Какие слои необходимо использовать для рисования контуров элемента?

### *Лабораторная работа № 2*

## **СОЗДАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ**

*Цель работы:* научиться создавать и редактировать схемы электрические принципиальные и функциональные в системе автоматизированного проектирования P-CAD 2000.

### **Задание**

- 1 Получить вариант задания у преподавателя.
- 2 Используя созданную библиотеку из предыдущей работы и имеющиеся библиотеки кафедры с помощью графического редактора P-CAD Schematic создать схему электрическую принципиальную из 50 элементов.
- 3 Оформить отчет о проделанной работе, сдать схему электрическую принципиальную в электронном виде.

### **Методические указания**

#### ***Настройка конфигурации редактора P-CAD Schematic***

Настройка параметров конфигурации редактора производится после выполнения команды Options/Configure, диалоговое окно которого представлено на рис. 11.

В области окна Workspace Size (размер форматки) необходимо выбрать один из стандартных листов, на который будут выводиться сформированные данные: элементы библиотек, создаваемые электрические схемы и т.д. Габариты выбранного формата листа подсвечиваются в строках окна Width (ши-

рина) и Height (высота). После нажатия в области окна Title Sheets на кнопку Edit Title Sheets в появившейся вкладке Titles можно: включить/выключить разрешение вывода чертежа форматки на экран (при включенном флажке Display Border рисунок формата листа становится видимым на экране монитора); определить, цифровыми (Numeric) или буквенным (Alpha) будут обозначения горизонтальной и вертикальной зон форматки, а после нажатия на кнопку Fields заполнить текстом разделы форматки.

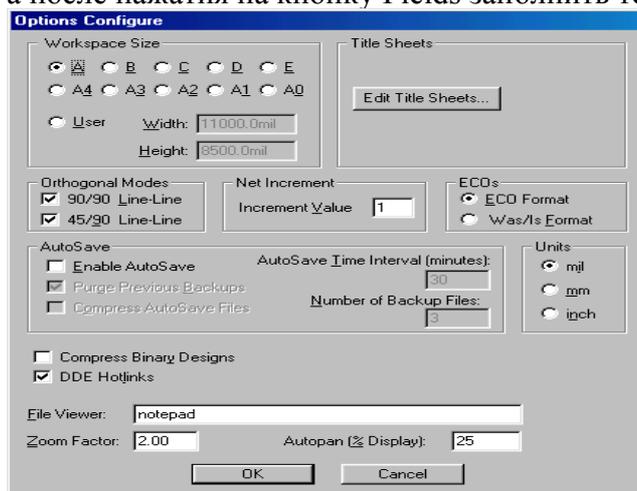


Рис. 11 Настройка конфигурации P-CAD Schematic

В области Orthogonal Modes устанавливается режим ввода электрических цепей и линий: 90/90 Line-Line – ввод ортогональных линий, 45/90 Line-Line – ввод диагональных линий. При включенном первом режиме линии проводятся под прямым или под произвольным углом. Во втором случае – по диагоналям или под произвольным углом. Рекомендуется включить оба режима.

Число, проставленное в окне Increment Value области Net Increment, указывает шаг, на который увеличивается номер электрической цепи, вводимой в схему.

В области окна AutoSave устанавливаются режимы автосохранения файла с заменой предыдущей резервной копии. Установленный флажок Enable AutoSave разрешает автоматическое сохранение проекта через количество минут, указанных в окне AutoSave Time Interval (minutes). Флажок Purge Previous Backups разрешает при новом запуске P-CAD Schematic удалить все резервные копии, сохраненные в предыдущем сеансе работы.

Настройки сетки экрана, производится аналогично P-CAD Symbol Editor.

Цвета различных объектов, стили рисования шин и ряд других параметров устанавливаются в меню Options/Display.

Правила по определению классов электрических цепей и правил трассировки вносятся после выполнения команды Options/Design Rules.

### ***Создание схем электрических принципиальных***

Электрические схемы выполняются без соблюдения масштаба. Реальное расположение компонентов на монтажно-коммутационном поле не учитывается при рисовании электрических схем. Выбранный размер форматки листа, на который выводится рисунок схемы, должен обеспечить компактность и ясность при чтении деталей схемы.

После настройки конфигурации графического редактора P-CAD Schematic и при наличии в библиотеке всех символов компонентов, содержащихся в заданной электрической схеме (текущем проекте), можно приступать к созданию последней. Последовательность действий при этом такова.

- Загрузите графический редактор P-CAD Schematic.
- Настройте конфигурацию редактора. При настройке щелкните кнопку Edit Title Sheets, затем в заставке Titles в области Title Block щёлкните кнопку Select, выберите файл с готовой форматкой и щелкните кнопку «Открыть». Закройте все предыдущие окна. На экране появится изображение форматки с полями.

Загрузите нужные библиотеки командой Library Setup, добавляя их имена в область Open Libraries после нажатия кнопки Add.

### ***Размещение библиотечных элементов в поле форматки***

Настройте рабочее окно так, чтобы была видна вся форматка. После этого выполните команду Place/Part и в появившемся диалоговом окне выберите требуемый символ, активизировав нужную строку появившегося списка элементов открытой ранее библиотеки (или откройте нужную библиотеку, нажав кнопку Library Setup). Предварительно изображение выбранного символа можно просмотреть после нажатия на кнопку Browse. В окне Part Num по умолчанию указывается номер секции 1, однако вы можете изменить номер секции в окне. После выбора соответствующих параметров нажмите ОК.

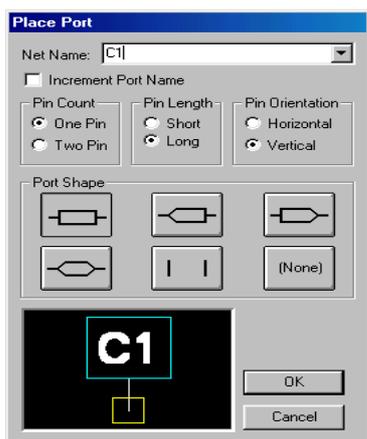
После проведения перечисленных подготовительных операций для размещения символа щелкните в нужном месте форматки – появится изображение выбранного элемента схемы. Если требуется размножить элемент, то щелкните в разных местах форматки. В результате появятся копии выбранного элемента с разными позиционными номерами. До тех пор, пока нажата кнопка мыши, символ компонента можно перемещать по полю экрана, поворачивать его (клавиша R), зеркально отображать (клавиша F).

Электрическое соединение контактов размещенных элементов производится после выполнения команды Place/Wire. Ширина линии связи устанавливается по команде Options/Current Wire: Thick – (широкая) шириной 0,381 мм (15 mil), Thin (узкая) шириной 0,254 мм (10 mil) и User – задается пользователем в пределах от 0 до 100 mil. Щелкая мышкой в соответствующих местах рабочего поля можно соединять контакты линиями связи различной конфигурации. Нажатие клавиши O до отпущения кнопки мыши изменяет угол ввода линии из числа разрешенных углов, задаваемых в меню Options/Configure, а нажатие клавиши F изменяет ориентацию линии. При окончании проведения очередной электрической цепи щелкните правую кнопку мыши или клавишу Esc. Для включения в цепь дополнительной точки излома выполняется команда Rewire/Manual.

Электрическое соединение отрезков линий, изображающих одну и ту же цепь, на схеме обозначается точкой (по умолчанию – зеленого цвета). На T-образных соединениях точка проставляется автоматически. Для соединения пересекающихся отрезков цепей необходимо при построении второй цепи щелкнуть курсором в точке пересечения цепей, а затем продолжить нужные построения цепи.

Для проведения общей шины выполните команду Place/Bus и проведите линию нужной конфигурации. Ширина линии 0,76 мм = 30 мил устанавливается автоматически программой и изменить ее нельзя.

Если проводится несколько шин, то имена шин система задает автоматически (BusXXXXX, где XXXXX – пятизначный порядковый номер шины). Для изменения имени шины необходимо



выделить ее, вызвать контекстное меню, выбрать строчку Properties, ввести новое имя шины и, в случае необходимости визуализации имени шины на экране монитора, активизировать флажок Display. После выделения (при нажатой клавише Shift) имени (номера) шины его можно перенести в другое место.

Имена электрических цепей, подводимых к шине, задаются командой Place/Port для подключения к цепи портов. Порт – специальный элемент схемы, который присваивает имя подключенной к нему цепи и определяет ее для всех листов проекта (глобальная цепь) или нескольким частям (фрагментам) цепи на одном листе схемы. Такая цепь представляет собой единую компоненту связности, а порт используется для объединения элементов шины в одну компоненту связности. Порту присваивается имя цепи. У порта может быть один или два контакта для подсоединения к цепи.

После вызова команды Place/Port щелкните в любом месте экрана – появится диалоговое окно (рис. 12).

В окне Net Name можно ввести имя электрической цепи. Если желательна упорядоченная последовательность имен цепей подводимых к шине, установите флажок Increment Port Name. Переключатели Pin Count, Pin Length и Pin Orientation (число контактов порта, длина, вывода и ориентация контакта соответственно) установите в нужное положение. Установите форму порта Port Shape и нажмите кнопку ОК.

Теперь можно подключать порты к именованным цепям щелчком мыши. Текущее имя цепи отображается автоматически (рис. 13). Именованные таким образом цепи являются глобальными (Global) и их можно переименовывать командой Edit/Nets.

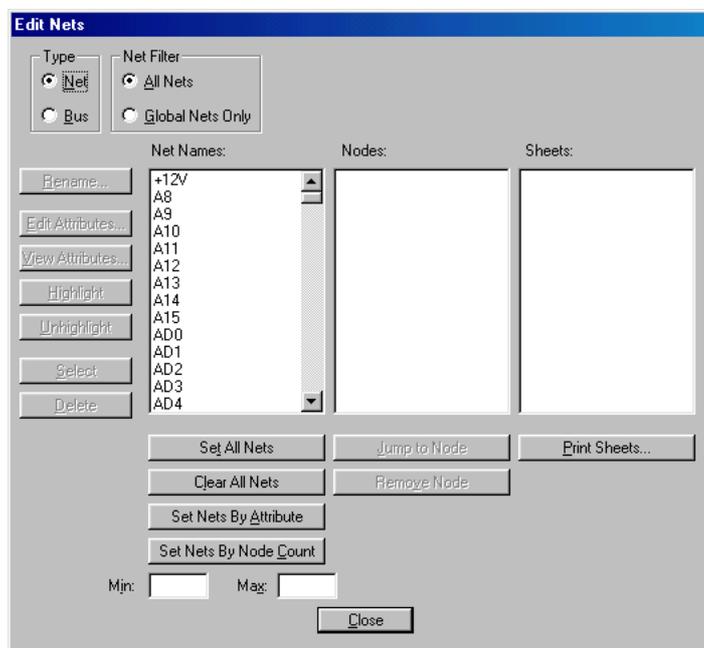


Рис. 13 Шина (слева), порты и подведенные к ним цепи

Имя шины можно вывести на экран после выделения шины или ее фрагмента, нажатия правой кнопки мыши, выделения опции Properties, введения в окно Bus Name имени шины и установки флажка Display.

### Создание многолистовой схемы

Для создания многолистовой схемы используется команда Options/ Sheets. В диалоговое окно Sheets вносятся имена всех листов. После внесения имени каждого из листов нажимается кнопка Add (добавить). Нажатие кнопки Current делает лист текущим. Текущий лист в окне Sheets помечается «звездочкой». Изменение имени листа производится при выделении его прежнего имени, простановке в окне Sheet Name его нового имени и последующем нажатии на кнопку Modify. Удаление листа производится при выделении его имени и нажатии кнопки Delete.

Все листы одного проекта находятся в одном файле! Нужный лист можно вывести на экран с помощью строки состояний рабочего окна системы.

При переносе части схемы на другой лист необходимо к выводу компонента, от которого идет связь на другой лист, подключить порт, который имеет один вывод и присвоить ему имя цепи (рис. 14). На рисунке имя цепи – B5. На другом листе должен быть размещен порт с тем же именем цепи для обеспечения электрического соединения.

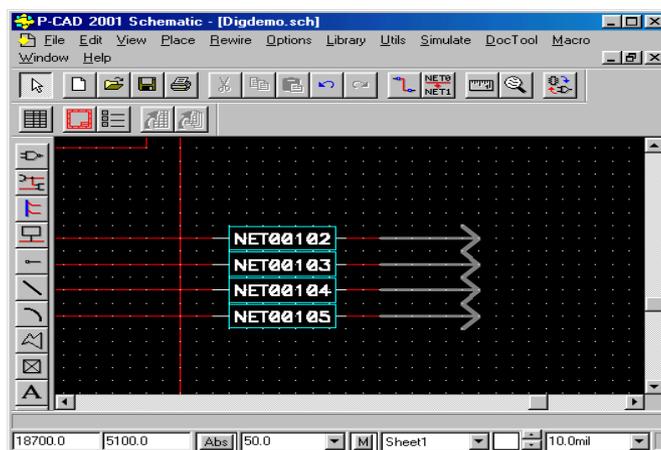


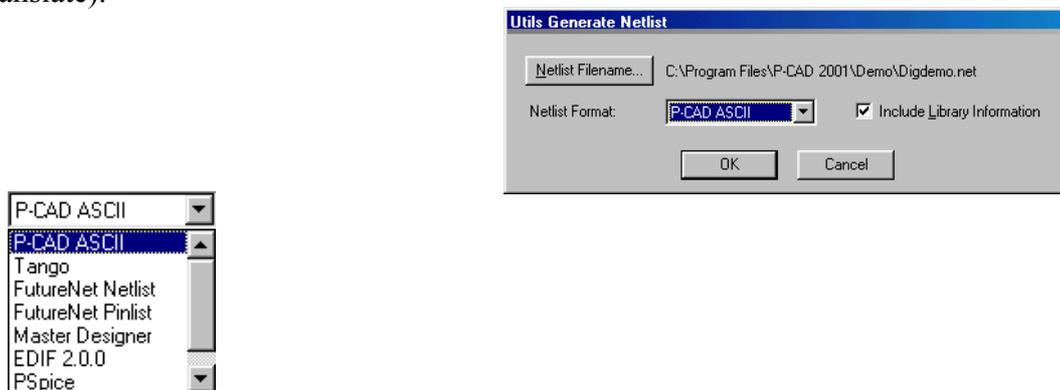
Рис. 14 Соединитель страниц

### Генерация списка соединений

Список соединений включает в себя информацию о соединении вывода компонента с определенной цепью (указывается номер или имя электрической цепи). Эта информация используется при «упаковке схемы на печатную плату», т.е. при размещении корпусов-компонентов на монтажно-коммутационном поле – ПП.

Список соединений формируется после выполнения команды Utils/ Generate Netlist. В диалоговом окне (рис. 15) в окне Netlist Format выбирается требуемый формат записи списка соединений.

В нашем случае выбирается формат P-CAD ASCII. Имя файла списка соединений предлагается по умолчанию, а изменить имя можно после нажатия на кнопку Netlist Filename. При включении флажка Include Library Information в файл включается информация, необходимая для формирования в проекте библиотеки символов компонентов с помощью программы Library Executive (команда Library/ Translate).



**Рис. 15** Выбор формата списка соединений

### Вопросы для проверки

- 1 Понятие многолистовых схем, порядок создания?
- 2 Как создаются шины соединений, что такое порт?
- 3 Каким образом создается список соединений, где он используется?

*Лабораторная работа № 3*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Цель работы: освоить размещение электрорадиоэлементов и трассировку проводников печатной платы ручным и автоматическим способом.

### Задание

- 1 Получить вариант задания у преподавателя.
- 2 Осуществить размещение элементов в ручном режиме.
- 3 Используя программу SPECCTRA осуществить размещение элементов в автоматическом режиме.
- 4 Осуществить трассировку проводников печатной платы в ручном и интерактивном режиме.
- 5 Осуществить трассировку проводников печатной платы, используя программы автотрассировки (Quick Route, PRO Route 2/4, PRO Route, P-CAD Shape-Based Router, SPECCTRA).

### Методические указания

Редактор печатных плат P-CAD PCB используется для размещения компонентов на монтажно-коммутационном поле и для ручной, интерактивной или автоматической трассировки проводников. В интерактивном режиме курсором отмечается начало и конец сегмента проводника, который сразу же трассируется с учетом препятствий. При этом соблюдаются все ограничения на проведение трассы, установленные пользователем.

## ***Настройка конфигурации***

После запуска графического редактора (файл PCB.EXE) необходимо настроить его конфигурацию, параметры которой устанавливаются в текущем файле и сохраняются для последующих сеансов проектирования ПП. Настройка параметров производится при вызове соответствующих опций меню Options в закладках General, Online DRC, Route и Manufacturing.

В области параметров соединений Connection Options в окне Optimize Partial Route разрешается/не разрешается оптимизировать связь для достижения минимальной «манхэттенской длины» после ручной трассировки связи. Если включен указанный флажок, то при ручной трассировке проводник подсоединяется к ближайшему фрагменту проводимой цепи.

Прочие опции окна General аналогичны опциям, которые описаны в меню Options Configure для программы P-GAD SCHEMATIC.

## ***Структура слоев печатной платы***

Слои можно использовать по умолчанию, а также создавать и удалять после выполнения команды Options/Layers. В закладке Layers в области Type слои платы подразделяются на три типа и помечаются:

- Signal – слой разводки проводников, помечается первым символом S;
- Plane – слой металлизации, помечается первым символом P;
- Non Signal – вспомогательные слои, помечаются первым символом N. Список слоев проекта указывается в столбце Layers;
  - Top проводники на верхней стороне платы (сторона установки компонентов);
  - Top Assy – атрибуты на верхней стороне платы (текстовые обозначения компонентов);
  - Top Silk – шелкография на верхней стороне платы (позиционные обозначения компонентов);
  - Top Paste – графика пайки на верхней стороне платы;
  - Top Mask – графика маски пайки на верхней стороне платы;
  - Bottom – проводники на нижней стороне платы;
  - Bot Mask – графика маски пайки на нижней стороне платы;
  - Bot Paste – графика пайки на нижней стороне платы;
  - Bot Silk – шелкография на нижней стороне платы;
  - Bot Assy – атрибуты на нижней стороне платы;
  - Board – границы платы.

Каждый слой может быть включен (Enable, символ E) или выключен (Disable, символ D). Указанные установки производятся после выделения имени слоя и нажатии соответствующих кнопок, которые находятся в правой части панели. Все слои (кроме текущего) можно выключить кнопкой Disable All, а включить – кнопкой Enable All.

По умолчанию структура слоев для печатной платы устанавливается с двумя, сигнальными слоями. Для печатных плат с несколькими сигнальными слоями и со слоями сплошной металлизации, естественно, следует добавить дополнительные слои. Для создания нового слоя в окне Layer Name закладки Layers вводится имя нового слоя, в окне Layer Number определяется номер слоя и нажимается кнопка Add. Цвет создаваемых слоев устанавливается системой по умолчанию. При необходимости цвет слоя можно поменять после выполнения команды Options/Display, щелчка правой кнопкой мыши по прямоугольнику в строке имени слоя и выборе нужного цвета в появившейся палитре цветов.

В области Routing Bias указывается приоритетное направление трассировки проводников на тех или иных слоях печатной платы:

Auto – выбирается автоматически, во втором столбце окна Layers к имени слоя присоединяется символ A;

Horizontal – горизонтальное – присоединяется символ H;

Vertical – вертикальное – присоединяется символ V.

## ***Задание барьеров для трассировки***

Как правило, не во всем пространстве ПП можно проводить трассировку. Поэтому с помощью команды Options/Current Keepout (рис. 16) устанавливается стиль Style (линия – Line, или многоугольник – Polygon) и слой (текущий – Current или все слои – All) для барьеров – областей запретов для трассировки. Граница области запретов вводится (рисуеться) в слое Keepout командой Place/Keepout.

## ***Разработка печатных плат***

После настройки конфигурации и определения всех параметров проекта можно приступить непосредственно к разработке печатных плат. Задача разработки печатных плат сводится к размещению компонентов проекта по отношению друг к другу на поле печатной платы и созданию правил ручной и автоматической трассировки соединений на плате.

Перед размещением компонентов на плату определяется шаг сетки рабочего поля. Например, для компонентов с планарными выводами этот шаг устанавливается равным 1,25 мм, а для компонентов со штыревыми выводами – 2,5 мм.

Затем необходимо в слое Board нарисовать на рабочем поле монитора замкнутый контур печатной платы. Прорисовка производится с помощью команд Place/Line и Place/Arc.

Если отсутствует принципиальная схема, выполненная в P-CAD Schematic, то компоненты на плату устанавливают по команде Place/Component. Связи между компонентами проводят по команде Place/Connection.

Если же принципиальная схема имеется, то производится так называемая упаковка схемы на печатную плату (должна быть открыта нужная библиотека).

## ***Упаковка схемы на печатную плату***

Вначале необходимо по команде Utils/Load Netlist загрузить файл списка соединений (расширение .net) печатной платы.

Как правило, схема упаковывается на печатную плату, на которой предварительно размещены разъемы и другие фиксированные компоненты (после выделения соответствующих компонентов в диалоговом окне Properties устанавливается флажок Fixed) и проложены некоторые цепи.

После загрузки команды Utils/Load Netlist выводится сообщение о необходимости соблюдать следующие ограничения:

- компоненты с совпадающими на плате и схеме позиционными обозначениями (RefDes) должны иметь одинаковый тип корпуса (Type). В противном случае упаковка схемы не производится;
- все компоненты, установленные на плату перед упаковкой, но не входящие в список соединений, будут сохранены;
- на печатную плату переносятся все компоненты из списка соединений, которые предварительно не были установлены на плату;
- предварительно проложенные электрические связи, но отсутствующие в списке соединений, будут удалены (обновляется вся информация об электрических цепях). Однако все предварительно проложенные проводники, присутствующие в списке соединений, будут сохранены;
- после выполнения команды нельзя восстановить первоначальный вид печатной платы с предварительно размещенными компонентами, поэтому ее рекомендуется сохранить в отдельном файле.

После нажатия на кнопку Yes загружаемые компоненты проекта размещаются над верхней границей печатной платы (если уже размещена заготовка печатной платы). Если же нет заготовки печатной платы, то все компоненты размещаются в левом нижнем углу рабочего пространства проекта. При этом на экране отображаются прямые линии еще не проведенных электрических связей.

## ***Размещение компонентов на плате***

После упаковки схемы на печатную плату можно приступить к упорядоченному (с точки зрения разработчика) размещению компонентов на плоскости платы. «Паутина» линий связей, появляющаяся между компонентами, позволяет разработчику ориентироваться при размещении компонентов. При перемещении компонентов указанная «паутина» перемещается вместе с компонентом. Компоненты при установке можно разворачивать (клавиша R) или переносить на противоположную сторону платы (клавиша F).

При размещении компонентов можно скрыть или сделать видимыми электрические связи для одной или нескольких цепей, можно переименовать одну цепь или группу цепей, можно отредактировать значения атрибутов. Для этих и других целей служит диалоговое окно команды Edit/Nets.

Перед началом трассировки должны быть установлены на плате все компоненты схемы (команда Place/Component), определена(ы) сетка(и) трассировки, слой, в котором проводится трасса, ширина проводника и заданы все соединения, т. е. выполнена команда Utils/Load Netlist. После выполнения последней команды между контактами установленных компонентов на ПП появляются условные линии связей. Если вводится новая связь, не указанная в списке соединений, то предварительно, перед трассировкой, выполняется команда Place/Connection, и щелчком мыши вначале указывается первый контакт, а затем, не отпуская кнопку мыши, и второй контакт, подлежащие соединению. После указания второго контакта появляется окно, в котором пользователь может оставить предлагаемое системой имя цепи или изменить это имя и нажать ОК. После указанной процедуры появляется условная линия связи между контактами, а затем можно проводить связь вручную.

Ручная трассировка выполняется после команды Route/Manual или нажатия на соответствующую пиктограмму. Трассировка производится только в сигнальных слоях, в противном случае появляется сообщение об ошибке. Если необходима перетрассировка уже проведенной связи, то эта связь предварительно удаляется.

Для проведения связи щелчком мыши указывается первый контакт и, не отпуская кнопку мыши, рисуют первый сегмент трассы. Отпускание мыши фиксирует излом трассы. Для перемещения трассы на один дискрет сетки используются кнопки (при нажатой кнопке мыши). Нажатие клавиши O (не отпуская клавишу мыши) дает возможность менять характер излома (ортогонально, по диагонали, скругление), а клавиши F – менять расположение точки излома. Для создания T-образных соединений применяется опция T-Route by Default закладки Route команды Options/Configure.

При нажатии правой кнопки мыши трасса автоматически завершается по кратчайшему пути (заметим, что эта операция практически всегда завершается конфликтом, если ранее были уже проведены связи). Клавиши косой черты «\» и «/» прерывают разводку, не завершая ее.

При смене текущего слоя при прокладке трассы нажимают клавишу L, или Shift+L, или кнопку строки состояний, при этом переходное отверстие вставляется автоматически. Тип переходного отверстия задается командой Options/Via Style.

При прокладке трассы ширина проводника может быть изменена (в строке состояний или по команде Options/Current Line). Проведение трассы завершается нажатием на правую кнопку мыши.

При интерактивной трассировке автоматически выдерживаются установленные зазоры и автоматически огибаются препятствия. Интерактивная трассировка выполняется по команде Route/Interactive или после нажатия на соответствующую пиктограмму. Трассировка начинается щелчком курсора на выводе компонента и дальнейшем поточечном проведении сегментов трасс, или вторым щелчком указывается второй вывод компонента, подлежащий соединению с первым указанным выводом. При поточечной прокладке трассы будут звучать сигналы, информирующие о недопустимости нарушения зазоров при приближении трассы к другим цепям, контактам компонента или к переходным отверстиям. После нажатия правой кнопки мыши появляется меню для трассировки в интерактивном режиме:

- Complete – завершение прокладки трассы с соблюдением установленных ранее правил трассировки и соблюдением установленных зазоров;
- Suspend – прекращение прокладки трассы (трасса остается незавершенной);
- Cancel – прекращает трассировку и отменяет ввод последнего сегмента трассы;
- Options – активизирует закладку Route меню Options/Configure для возможных изменений опций трассировки;
- Layers – запускает команду Options/Layers для изменения структуры слоев платы;
- Via Style – запускает команду Via Style для выбора стиля переходного отверстия или его редактирования;
- Unwind – отменяет прокладку последнего сегмента проводника (то же самое, что и использование клавиши Backspace).

Клавиши O, F, "\", "/" , а также имеют те же назначения, что и при ручной трассировке, однако при интерактивной трассировке не производится скругление трассы по дуге.

Если произвести два последовательных щелчка вначале по первому, а затем по второму контакту, то трасса между ними будет проведена автоматически по кратчайшему пути с соблюдением всех правил трассировки и автоматическим переходом (если программа посчитает нужным это сделать) из слоя в слой.

При пересечении трассы металлизированного экрана в нем будут автоматически вырезаться каналы с соблюдением заданных ранее зазоров.

**Внимание!** При проведении трасс своевременно устанавливайте нужные слои, в которых производится прокладка трасс.

### ***Автоматическая трассировка***

В систему P-CAD входят четыре программы автоматической трассировки – Quick Route, PRO Route 2/4, PRO Route и P-CAD Shape-Based Router. Для выбора нужной программы выполняется команда Route/Autorouters из редактора P-CAD PCB.

Автотрассировщик Quick Route используется для трассировки несложных плат, содержащих небольшое число компонентов. Автотрассировщик PRO Route 2/4 трассирует однослойные и двухслойные платы без ограничения числа выводов или четырехслойные платы с числом выводов компонентов до 4000. Автотрассировщик PRO Route трассирует платы, имеющие до 30 слоев без указанных ограничений. Автотрассировщик SPECCTRA поставляется дополнительно к P-CAD и используется не только для трассировки соединений, но и для ручного или автоматического размещения компонентов на печатной плате. На сегодняшний день SPECCTRA является наиболее «продвинутым» автотрассировщиком печатных плат и используется при проектировании сложных печатных плат.

#### ***Автотрассировщик Quick Route***

Автотрассировщик запускается из графического редактора P-CAD PCB с помощью меню Route/Autorouters. Автотрассировщик не требует указания границы печатной платы в слое Board и не изменяет топологию предварительно проложенных пользователем проводников. Предварительно на плате должны быть размещены все компоненты, определены все электрические связи. Некоторые связи могут быть уже проведены. Можно задать области запрета для трассировки по команде Place/KeepOut.

#### ***Автотрассировщик Pro Route***

Автотрассировщик ProRoute позволяет трассировать без ограничения числа выводов компонентов проекта до 30 сигнальных слоев и до 99 слоев металлизации на печатной плате.

Так же как и в предыдущем случае автотрассировки, должна быть загружена плата с размещенными на ней компонентами и указаны связи между выводами компонентов. В слое Board должна быть указана область трассировки в виде контура и, в случае необходимости, барьеры для трассировки. Некоторые компоненты должны быть зафиксированы (разъемы, элементы питания и т. п.). Если вручную проведены некоторые электрические связи («земля», питание и др.), и они должны быть сохранены в процессе автотрассировки, то эти связи должны иметь атрибут NoAutoRoute.

#### ***Бессеточный трассировщик P-CAD Shape-Based Router***

Автотрассировщик предназначен для интерактивной и автоматической трассировки многослойных печатных плат с высокой плотностью размещения компонентов. Особенно эффективен для компонентов с планарными контактами, выполненных в разных системах единиц измерения. Автотрассировщик обрабатывает печатные платы, имеющих до 30 слоев, до 4000 компонентов, до 5000 контактов в одном компоненте до 1000 цепей и до 16 000 электрических соединений в проекте.

Запускается программа или непосредственно из редактора P-CAD PCB или автономно из среды WINDOWS (файл SR.EXE).

Настройка стратегии трассировщика производится после его запуска с помощью диалогового окна Options/Auto-Router.

Ручная трассировка новых соединений или редактирование существующих трасс производится после выполнения команды Tools/ Manual route. Перед началом работы на печатной плате должны быть размещены компоненты и определены соединения между контактами компонентов по команде Place/Connection или загружена полученная ранее информация о соединениях командой Utils/Load Netlist. Необходимо проверить также наличие всех слоев для трассировки (в противном случае необходимо выполнить команду Options/Layers и настроить слои трассировки). Трассировка производится только в сигнальных слоях. При попытке использовать для трассировки несигнальные слои появляется сообщение об ошибке.

Автоматическая трассировка производится после выполнения команды Tools/Start Autorouter в меню автотрассировщика P-CAD ShapeBased Router. В процессе трассировки в строке состояний отража-

ется ход трассировки: название текущего прохода трассировки, число разведенных цепей и количество введенных переходных отверстий, наличие конфликтов и т.д.

Для возвращения в программу P-CAD PCB с целью просмотра результатов трассировки и возможного редактирования этих результатов выполняется команда Save and Return.

### **Вопросы для проверки**

- 1 Каким образом производится упаковка схемы?
- 2 Каким образом задаются параметры трассировки?
- 3 В чем отличие автотрассировщиков Quick Route и PRO Route?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Разевиг В. Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000). М.: Солон-Р, 2000. 418 с.
- 2 Разевиг В. Д. Система P-CAD 2000: Справочник команд. М.: Горячая линия – Телеком, 2001. 256 с.
- 3 Стешенко В. Б. ACCEL EDA Технология проектирования печатных плат. М.: Нолидж, 2001. 507 с.
- 4 Уваров А. P-CAD 2000, ACCEL EDA. Конструирование печатных плат: Учебный курс. СПб.: Питер, 2001. 320 с.
- 5 Поляков Ю. В. Новый бессеточный автотрассировщик для P-CAD 2000 // EDA Express. 2000. Октябрь. № 2. С. 2 – 7.
- 6 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры / Под ред. В. А. Шахнова. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 528 с.
- 7 Информационные технологии в проектировании РЭС / В. М. Балыбин, Ю. Л. Муромцев, Д. Ю. Муромцев, Л. П. Орлова. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004. 80 с.
- 8 Конструирование функционального узла на печатном монтаже: Метод. указания / Сост.: Н. А. Малков, Ю. Л. Муромцев. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1998. 36 с.
- 9 Наремков И. П., Кузьмин П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий CALS – технологии. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 320 с.
- 10 Наремков И. П. Основы автоматизированного проектирования. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 326 с.
- 11 Принятие проектных решений / В. М. Балыбин, В. С. Лунев, Ю. Л. Муромцев, Л. П. Орлова. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003. 80 с.
- 12 Усатенко С. Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД. М.: Изд-во стандартов, 1989.