

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)»



**Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой КИПР

_____ **В.Н. Татаринов**

“ ___ ” _____ 2012 г.

Разработка посадочных мест для монтажа конструктивных элементов на печатной плате в P-CAD

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Информационные технологии проектирования РЭС» для студентов очного и заочного обучения специальностей 211000.62 и 162107.65

Разработчик:

Доцент кафедры КИПР

_____ **Ю.П. Кобрин**

Томск 2012

1	ЦЕЛИ РАБОТЫ	3
2	ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	3
3	ОТЧЕТНОСТЬ	3
4	УСТАНОВКА РАДИОЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ.....	4
4.1	Общие соображения	4
4.2	Выбор класса точности ПП	9
4.3	Выбор шага координатной сетки	11
4.4	Расчет диаметров отверстий на ПП	12
4.5	Выбор формы и размеров контактных площадок.....	15
4.6	Выбор варианта формовки выводов и установки РЭ на ПП	17
4.7	Особенности конструкции элементов печатного монтажа	22
4.8	Типовые посадочные места РЭ	23
5	РЕДАКТОР ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ РЭ P-CAD PATTERN EDITOR.....	26
5.1	Основные сведения о программе P-CAD Pattern Editor.....	26
5.2	Запуск редактора P-CAD Pattern Editor	27
5.3	Настройка конфигурации графического редактора Pattern Editor	28
5.4	Создание посадочного места для микросхемы 133ЛА6 с планарными выводами....	29
5.5	Создание посадочного места для микросхемы К511ПУ2 со штыревыми выводами .	34
5.6	Создание посадочного места транзистора КТ3102Г.....	40
5.7	Создание посадочного места диода КД403А.....	47
5.8	Разработка посадочного места резистора в режиме Pattern Wizard	52
5.9	Создание посадочного места конденсатора К73-17	59
5.10	Создание посадочного места конденсатора КМ6 методом редактирования в графическом редакторе P-CAD PCB.....	65
5.11	Создание посадочного места катушки индуктивности Д1-1,2-1	75
5.12	Создание посадочного места электрического соединителя ОНКС-10	79
5.13	Создание посадочного места «Корпус»	81
6	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	82
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	82

1 Цели работы

1. Знакомство с методикой разработки посадочных мест (корпусов) на печатных платах (ПП) средствами графического редактора **P-CAD Pattern Editor** [1] [2]. [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9].
2. Знакомство с основными вариантами формовки выводов и установки радиоэлементов на печатные платы [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17].
3. Приобретение практических навыков разработки посадочных мест для конструктивных элементов РЭС.

2 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основными правилами формовки выводов и установки радиоэлементов на печатные платы (раздел 4).
2. Проанализируйте Перечень используемых радиоэлементов схемы электрической принципиальной проектируемого Вами печатного узла. Используя справочники по радиоэлементам, а также Интернет, выпишите их размеры, требования к установке и другие технические условия.
3. В соответствии с требованиями технического задания выберите варианты установки всех РЭ.
4. С помощью программы **Library Executive** [7] внимательно просмотрите посадочные места соответствующих библиотек ***.lib**, так как описания посадочных мест некоторых радиоэлементов, возможно, созданы ранее.
5. Определите перечень радиоэлементов, изображения посадочных мест которых нужно дополнительно разработать или отредактировать, чтобы ввести в базу данных Вашего проекта. Согласуйте его с преподавателем.
6. Определите форму, размеры и положение всех контактных площадок и монтажных отверстий используемых посадочных мест в соответствии с разделом 4. [3]
7. Ознакомьтесь с основными приемами работы с графическим редактором **P-CAD Pattern Editor** (раздел 5). Выполните предложенные упражнения.
8. Создайте (или отредактируйте) с помощью графического редактора **P-CAD Pattern Editor** изображения посадочных мест всех необходимых в проекте радиоэлементов и введите их (после проверки) в базу данных Вашего проекта.
9. Ответьте на контрольные вопросы.
10. Выполните и защитите отчет о выполненной работе.

3 Отчетность

Для получения зачета по работе студент должен:

1. Знать первостепенные правила формирования выводов и установки радиоэлементов на печатные платы.
2. Уметь пользоваться редактором **P-CAD Pattern Editor**;
3. Представить сформированные изображения посадочных мест радиоэлементов Вашего проекта и уметь обосновать все принятые решения.

4 Установка радиоэлементов на печатные платы

4.1 Общие соображения

Как известно, печатная плата (англ. *printed circuit board, PCB; printed board*) — пластина из диэлектрика (чаще используются такие материалы, как стеклотекстолит, гетинакс, фторопласт), предназначенная для электрического и механического соединения различных радиоэлементов (Рис. 4.1).

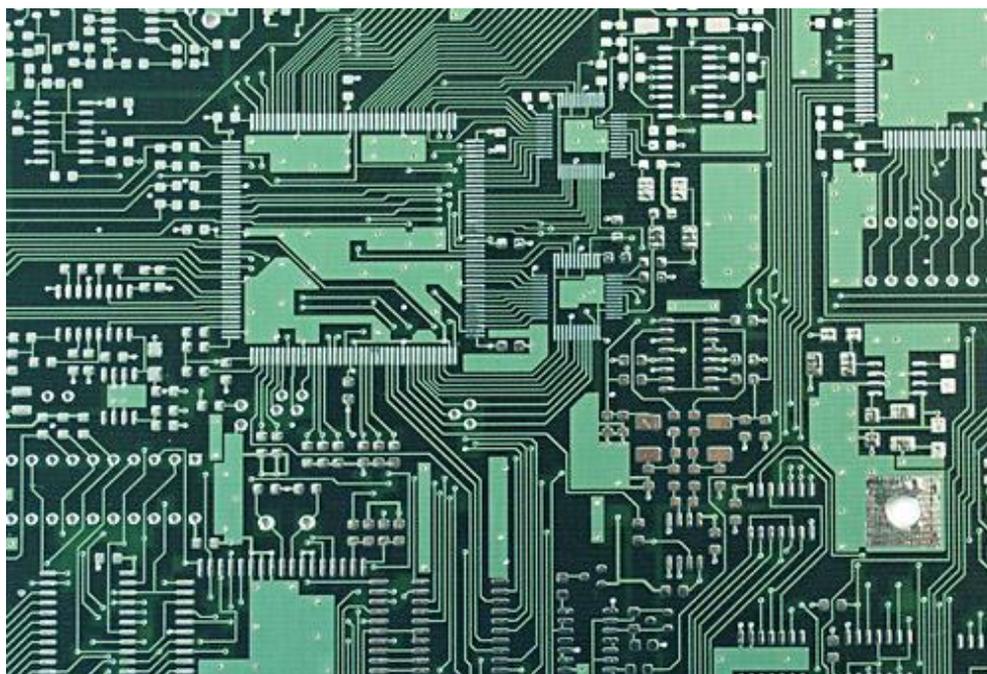
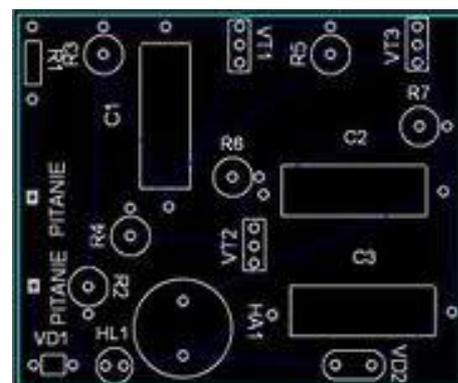


Рис. 4.1 - На поверхности или в объеме ПП сформирован электропроводящий рисунок электронной схемы, с которым электронные компоненты пайкой соединяются своими выводами.

Посадочное место (ПМ) — это комплект конструктивных элементов печатной платы, предназначенный для монтажа отдельного РЭ (Рис. 4.2). В него входят в различных сочетаниях контактные площадки (КП), металлизированные отверстия, печатные проводники на наружных слоях и гладкие крепежные отверстия. Кроме этого ПМ могут включать в себя параметры защитной и паяльной масок, элементы маркировки и графические элементы сборочного чертежа.

Конструкторско-технологическое изображение посадочного места компонента электронной схемы создается с помощью графического редактора *P-CAD Pattern Editor* согласно ГОСТ 29137—91 [18], ОСТ45.010.030-92 [19] и более поздних нормативных документов.



В зависимости от числа диэлектрических слоев различают следующие виды печатных плат:

● **Односторонние (ОПП)** (Рис. 4.3) имеют один изоляционный слой, на котором находятся проводники - один слой фольги (отверстия только неметаллизованные). ОПП отличаются простотой технологического процесса изготовления ПП и низкой стоимостью конструкции (0,1 .. 0,2 от стоимости двухсторонних плат).

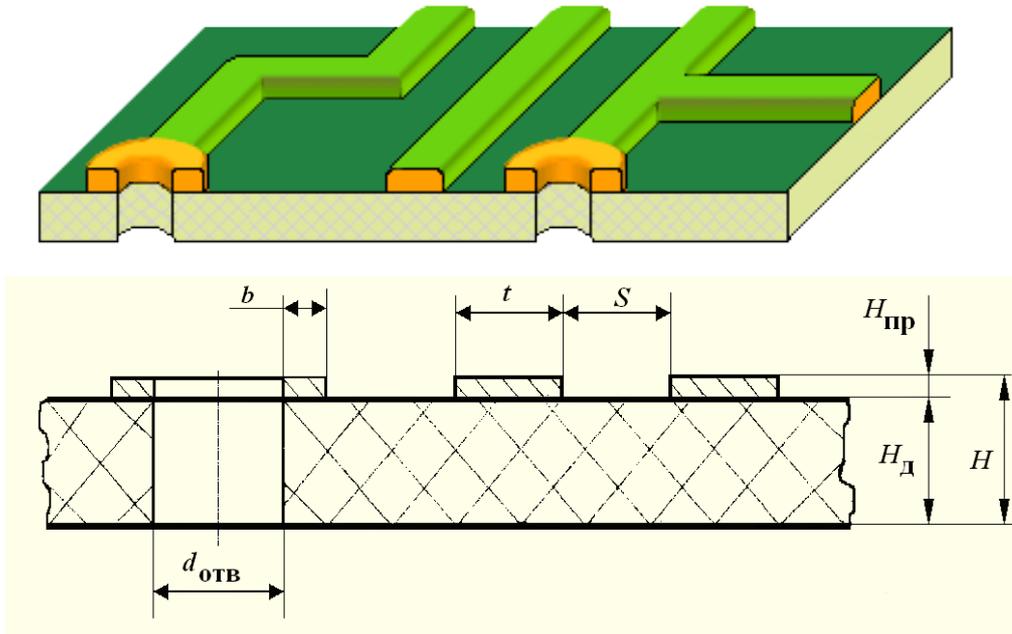


Рис. 4.3 - Конструкция односторонней печатной платы (ОПП)

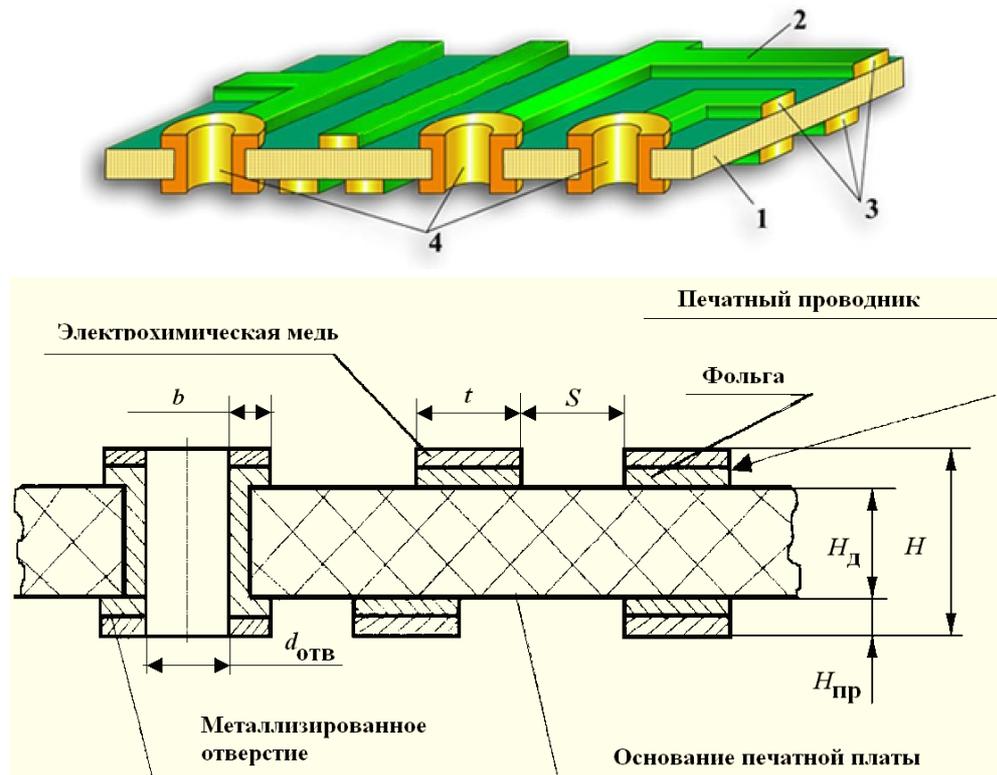


Рис. 4.4 - Конструкция двухсторонней печатной платы с химико-гальваническим соединением слоев: 1 - диэлектрик; 2 - защитный слой (маска); 3 - токопроводящая дорожка (печатный проводник); 4 – металлизированное контактное отверстие

● **Двусторонние печатные платы (ДПП)** (см. Рис. 4.4) позволяют плотнее компоновать элементы и отличаются повышенной трассировочной способностью в связи с возможностью использования переходных металлизированных отверстий. Их преимущество – наличие двух слоев, ДПП характеризуются повышенной плотностью сцепления выводов корпусных РЭ с проводящим рисунком платы и более высокой стоимостью, чем ОПП. Именно ДПП с металлизированными отверстиями пользуются наибольшей популярностью в изготовлении радиоэлектронных устройств

● Многослойные (МПП), (англ. multilayer printed circuit board) состоят из нескольких чередующихся слоев изоляционного материала с проводящими рисунками на двух и более слоях, между которыми выполнены требуемые соединения (Рис. 4.5). МПП применяются в случаях, когда разводка соединений на двусторонней плате становится слишком сложной. По мере роста сложности проектируемых устройств и плотности монтажа увеличивается количество слоёв на платах. Для соединения проводников между слоями используются переходные металлизированные отверстия.

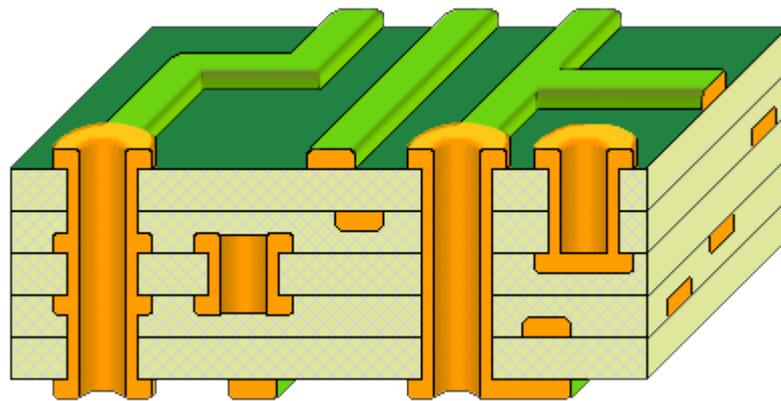


Рис. 4.5 - Конструкция многослойной печатной платы (МПП)

МПП позволяют увеличить плотность монтажа, сократить длину проводников и уменьшить паразитные связи и наводки, но имеют достаточно высокую стоимость.

Технология сборки печатных узлов позволяет производить монтаж ПП, содержащих как радиоэлементы, монтируемые в отверстия, так и поверхностно монтируемые элементы (SMD), а также производить смешанный монтаж (Рис. 4.6).

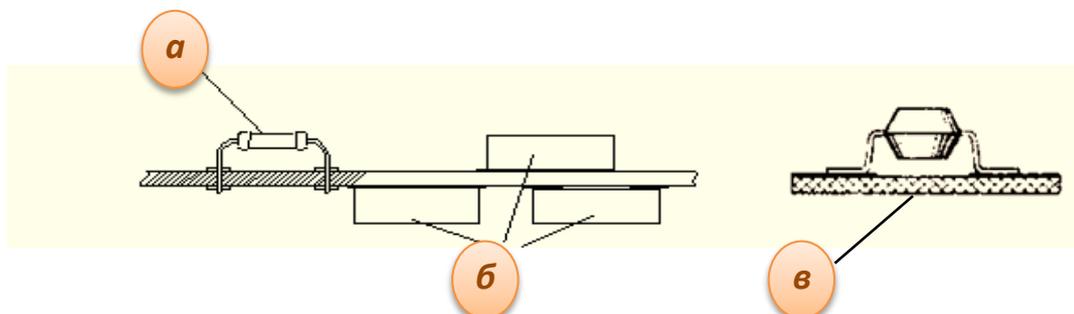


Рис. 4.6 – Монтаж РЭ с выводами: а) - аксиальными; б) – поверхностно-монтируемыми (SMD); в) - планарными

Металлизированные отверстия на печатных платах могут быть двух типов:

● **Переходные** - для создания электрических связей между слоями (естественно, контакты между проводниками в разных слоях через край ПП недопустимы);

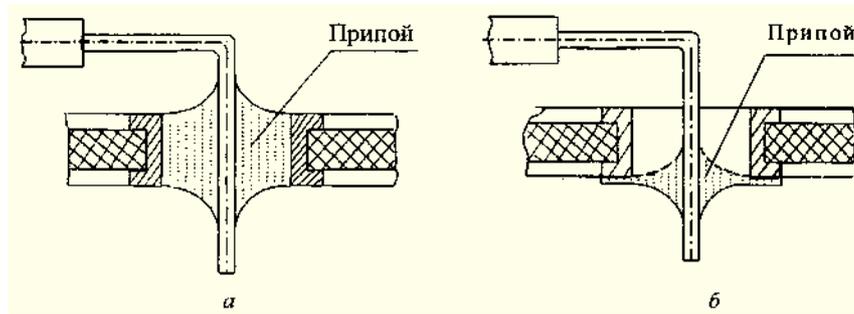


Рис. 4.7 - Вид паяного соединения: *а* - пайка металлизированного отверстия; *б* - пайка неметаллизированного отверстия

● **монтажные** - для крепления вывода РЭ. При установке объемных проводников и выводов элементов в металлизированное монтажное отверстие обеспечивается более надежный электрический контакт при пайке (Рис. 4.7). Как видно из этого рисунка, при пайке в металлизированное отверстие припой затекает в отверстие и тем самым уменьшает возможность создания «ложных» паек, что повышает надежность ПП.

На характеристики формируемого посадочного места наибольшее влияние оказывают:

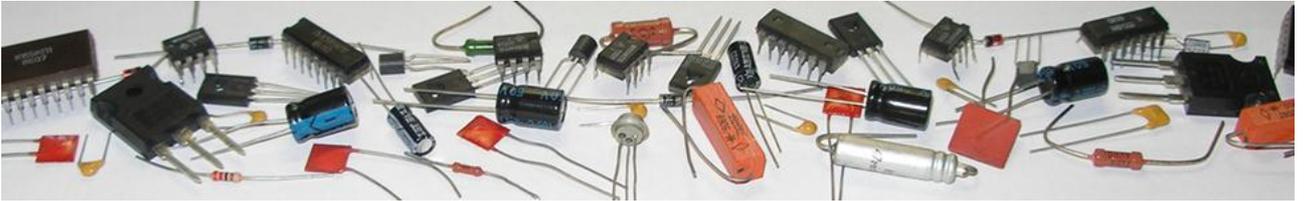
- тип ПП, для которой разрабатывается ПМ (ОПП, ДПП или МПП);
- класс точности ПП, устанавливающий номинальные, минимальные, максимальные и другие точностные значения элементов печатного рисунка и параметров печатных плат (диаметры отверстий, габаритные размеры и т.д.);
- форма и размеры контактных площадок;
- вид и координаты размещения монтажных и переходных отверстий;
- диаметры монтажных и переходных отверстий;
- диаметры сквозных отверстий под крепежные детали;
- наличие защитного слоя (маски)¹.

Как правило, библиотеку посадочных мест для системы *P-CAD* составляют конструкторы, которые должны:

- иметь достаточную квалификацию по конструированию ПП;
- проработать техническую документацию, регламентирующую установку компонентов на ПП;
- представлять требования к разрабатываемой аппаратуре;
- иметь представления о материале ПП и технологии ее изготовления;
- согласовать разработку со специалистами-технологами, как правило, того завода, на котором будет изготавливаться изделие.

Перед выполнением формирования посадочных мест радиоэлементов следует выпи- сать из справочников все необходимые данные об их установочных размерах.

¹ Как правило, на ПП наносится паяльная маска (она же "зеленка") - слой прочного материала, предназначенного для защиты проводников от попадания припоя и флюса при пайке, а также от перегрева. Маска закрывает основную часть поверхности ПП и оставляет открытыми только контактные площадки, которые будут использоваться в дальнейшем при монтаже (пайке), радиоэлектронных компонентов на эту ПП.



Используя установочные данные радиоэлементов, следует еще раз уточнить - подходят ли они для печатного монтажа, не слишком ли велики их размеры по сравнению с другими элементами, удовлетворяют ли они требованиям технического задания по условиям эксплуатации (климатическим и механическим и т.п. воздействиям), надежности, нужны ли дополнительные крепления, радиаторы охлаждения и др.

Из справочников также следует выписать обозначения радиоэлементов в конструкторских документах (ТУ, ГОСТ).

Информацию о применяемых в проекте РЭ необходимо представить в форме таблицы конструктивных характеристик РЭ (Рис. 4.8 - Форма таблицы конструктивных характеристик РЭРис. 4.8).

Наименование, тип и обозначение РЭ	Кол, шт.	Габаритные размеры, мм	Установочная площадь, мм ²	Масса, г.	Диаметр выводов, мм.	Вариант установки

Рис. 4.8 - Форма таблицы конструктивных характеристик РЭ

Следует **самостоятельно** сделать выбор типа равноценного заменяющего элемента, если:

- указанный в схеме электрической принципиальной тип радиоэлемента не подходит для печатного монтажа;
- на схеме радиоустройства и в его описании не указан тип радиоэлемента;
- радиоэлемент является устаревшим и не выпускается промышленностью;
- радиоэлемент не входит в перечень допустимых к применению на данном предприятии радиоэлементов.

При выборе типа заменяющего элемента следует учитывать:

- возможность его установки (крепления) на печатную плату;
- идентичность его по функциональному назначению и по параметрам;
- условия эксплуатации (можно полагать, что разрабатываемый Вами узел РЭС будет работать в лабораторных условиях, в отапливаемых и хорошо проветриваемых помещениях, если условия эксплуатации не оговорены в техническом задании);
- класс точности изготовления элемента;
- допустимую мощность рассеивания;
- допустимое рабочее напряжение;
- допустимый рабочий ток.

Последние три параметра можно определить, делая прикидочный расчет схемы по постоянному току или сделав такой анализ с помощью соответствующей схемотехнической САПР.

При выборе допусков изготовления РЭ следует учитывать, что чем больше разброс его параметров, тем он дешевле. С другой стороны, нередко от выбора меньших допусков изготовления РЭ во многом зависит соответствие выходных параметров РЭС требованиям ТЗ.

4.2 Выбор класса точности ПП

Точность изготовления ПП зависит от комплекса технологических характеристик и с практической точки зрения определяет основные параметры элементов печатной платы. В первую очередь это относится к минимальной ширине проводников, минимальному зазору между элементами проводящего рисунка (все это выполнено из меди) и к ряду других параметров.

ГОСТ 23.751-86 предусматривает пять классов точности печатных плат (см. табл. 4.1), и в конструкторской документации на печатную плату должно содержаться указание на соответствующий класс, который обусловлен уровнем технологического оснащения производства. Поэтому выбор класса точности всегда связан с конкретным производством.

Таблица 4.1 - Характеристика классов точности ПП

Класс точности	Область применения	Основной материал	Тип производства
1	Печатные платы с дискретными элементами и низкой плотностью монтажа (1 и 2-я группы сложности)	Фольгированный гетинакс	Любой
2	Печатные платы с дискретными элементами и ИМС со средней плотностью монтажа (2-4-я группы сложности)	Фольгированный текстолит	Все, кроме массового
3	Печатные платы с ИМС и высокой плотностью монтажа (3 и 4-я группы сложности)	Фольгированный стеклотекстолит с толщиной фольги 20-35 мкм	Единичное и мелкосерийное
4, 5	Печатные платы с БИС, СБИС, ИМС и высокой плотностью монтажа (5-я группа сложности)	Термостойкие травящиеся диэлектрики со сверхтонкой фольгой	Единичное и мелкосерийное

Печатные платы 1-го и 2-го класса точности с невысокими (и даже с низкими) конструктивными параметрами предназначены для недорогих устройств с малой плотностью монтажа. Выпуск печатных плат 1-го и 2-го классов осуществляется на простейшем оборудовании, что обеспечивает их малую стоимость.

Печатные платы 3-го класса - наиболее распространены, поскольку обеспечивают достаточно высокую плотность трассировки и монтажа и для их производства требуется обычное, хотя и специализированное оборудование. Печатные платы 4-го класса выпускаются на высокоточном оборудовании, но требования к материалам, оборудованию и помещениям ниже, чем для пятого класса. Изготовление печатных плат 5-го класса требует применения уникального высокоточного оборудования, специальных (как правило, дорогих) материалов,

безусадочной фотопленки и создания в производственных помещениях «чистой зоны» с термостатированием. Таким требованиям отвечает далеко не каждое производство. Но ПП небольшого размера могут выполняться по пятому классу на оборудовании, обеспечивающем получение плат четвертого класса. Комплексно решить все эти проблемы удастся только на реальном производстве.

Перед разработчиками современных РЭС в настоящее время возникает задача, связанная с повышением плотности коммутации, улучшением массогабаритных характеристик, повышением надежности аппаратуры и снижением ее стоимости. Производители элементной базы постоянно объявляют о новых достижениях в области интеграции микросхем. В связи с этим совершенствуются технологии монтажа, а также конструкции и технологии изготовления печатных плат.

Особенно эта тенденция изготовления печатных плат стала очевидна при использовании микросхем в BGA-корпусах с матричным расположением выводов (Рис. 4.9), для которых требуются печатные платы 5-го и выше класса точности (за рубежом иная классификация сложности печатных плат).

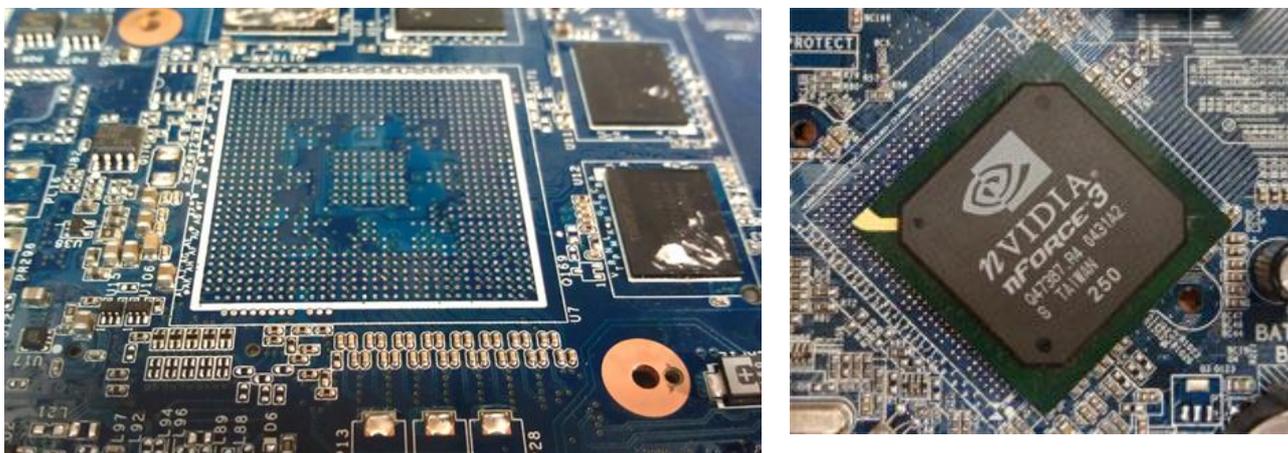


Рис. 4.9 – Посадочное место и микросхема в BGA-корпусе с матричным расположением выводов

Класс точности учреждает, прежде всего, минимально допустимые геометрические размеры (табл. 4.2) элементов посадочных мест РЭ и других элементов ПП отмеченные на Рис. 4.3 и Рис. 4.4.

Таблица 4.2 - Влияние класса точности на параметры ПП

Минимально допустимые геометрические параметры ПП	Номинальное значение основных параметров для класса точности				
	1	2	3	4	5
Ширина проводника t , мм (mil)	0.75 (29.5)	0.45 (17.7)	0.25 (9.84)	0.15 (5.9)	0.1 (3.937)
Расстояние между соседними элементами S , мм (mil)	0.75 (29.5)	0.45 (17.7)	0.25 (9.84)	0.15 (5.9)	0.1 (3.937)
Ширина гарантийного пояса b , мм (mil)	0.3 (11.81)	0.2 (7.874)	0.1 (3.937)	0.05 (1.97)	0.025(0.984)
Относительная толщина платы J , мм (mil) для стандартного текстолита толщиной 1.5 мм	0.4 / 0.6 (23.6)	0.4 / 0.6(23.6)	0.33 / 0.495(19.5)	0.25 / 0.375(14.76)	0.2 / 0.3(11.8)

Ширина печатного проводника t - поперечный размер проводника на любом участке в плоскости основания.

Расстояние между проводниками S - расстояние между краями соседних проводников на одном слое ПП.

Ширина гарантийного пояса b - расстояние между краем монтажного отверстия и краем контактной площадки (Рис. 4.10).

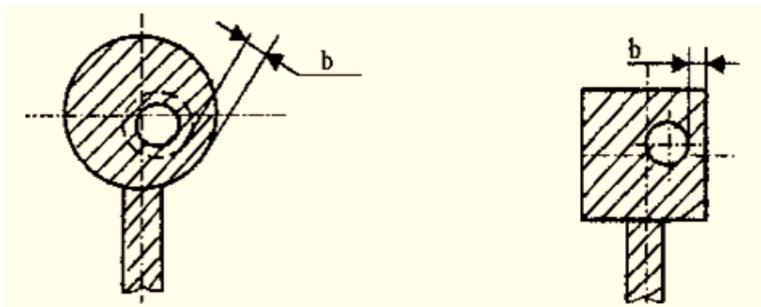


Рис. 4.10 - Гарантийный пояс: *a* - металлизированное отверстие; *б* - неметаллизированное отверстие

Относительная толщина ПП J - отношение минимального диаметра металлизированного отверстия к толщине платы. Толщина платы определяется толщиной материала основания с учетом толщины фольги.

4.3 Выбор шага координатной сетки

Координатная сетка вводится для задания координат центров монтажных и переходных отверстий, контактных площадок и других элементов печатного рисунка на поверхности ПП.

Центры контактных площадок выводов РЭ *непрерывно* должны находиться в узлах координатной сетки. Шаг установки выводов радиоэлементов на ПП регламентирован ГОСТ Р 51040-97. «Платы печатные. Шаги координатной сетки» [20].

Шаг координатной сетки - это расстояние между линиями координатной сетки и его значения (для прямоугольных координат). Для размещения соединений на печатной плате должна применяться координатная сетка с номинальным шагом 0.50 мм в обоих направлениях. Если координатная сетка с номинальным шагом 0.50 мм не удовлетворяет требованиям конкретной конструкции, то должна применяться координатная сетка с номинальным шагом 0.05 мм².

При выборе шага сетки руководствуются следующими соображениями.

- Для классов точности 1 и 2, при низкой плотности монтажа, разумно выбрать шаг 2,5 мм.
- Шаг 1.25 мм применяют в том случае, если на плату устанавливают многовыводные элементы с шагом расположения выводов 1,25 мм, так как все монтажные отверстия должны попадать в узлы координатной сетки.
- При использовании многовыводных элементов (количество выводов по одной стороне более 24) зарубежного производства для обеспечения условий сборки печатных уз-

² Допускается применение шага координатной сетки 0.625 мм для конкретных конструкций, использующих элементную базу с шагом 0.625 мм.

лов в САПР необходимо применять не метрическую, а дюймовую систему задания шага ПП кратную 2.54 мм.

- Применяемое технологическое оборудование для автоматизированного производства ПП тоже накладывает свои ограничения, так как большинство из них имеет дискретность установки шага 0,25 мм.

4.4 Расчет диаметров отверстий на ПП

Одними из главных элементов конструкции ПП являются отверстия. Большинство параметров ПП связано именно с размерами этих отверстий, которые могут быть металлизированными и гладкими, а по назначению — монтажными, куда устанавливаются и запаиваются выводы элементов, и переходными (межслойными), обеспечивающими только электрические соединения между слоями платы. Металлизированные монтажные отверстия являются одновременно переходными отверстиями. Кроме того, на ПП обычно присутствует некоторое количество неметаллизированных конструкционных отверстий, служащих для фиксации компонентов, крепления печатных плат к несущим элементам конструкций и других целей. Эти отверстия чаще всего бывают гладкими, без контактных площадок и металлизации. Однако нередко крепежные отверстия с целью удешевления производства выполняются одновременно с монтажными (по той же технологии), поэтому в них присутствует внутренняя металлизация, но отсутствуют контактные площадки.

Определение размеров металлизированных отверстий.

- Минимальный диаметр $d_{\text{мин}}$ металлизированного отверстия зависит от класса точности (табл. 4.1) и его можно определить из следующего соотношения:

$$d_{\text{мин}} = J \cdot H, \quad (4.1)$$

где J - относительная толщина ПП (выбирается по табл. 4.2); H - толщина платы с учетом фольги (см. рис. 4.1 и 4.2).

- Для отверстий в пластмассах, применяемых для оснований ПП (в отличие от металлов), в соответствии с ГОСТ 23751-86 допуск Δd на номинальный размер диаметра может быть как положительным, так и отрицательным (табл. 4.3).

Таблица 4.3 - Предельные отклонения диаметров монтажных и переходных отверстий

Диаметр отверстия d , мм	Наличие металлизации	Предельное отклонение диаметра Δd , мм, для класса точности				
		1	2	3	4	5
До 1,0	Без металлизации	$\pm 0,10$	$+0,10$	$+0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,025$
	С металлиз. без оплавления	$+0,05..-0,15$	$+0,05..0,15$	$+0..-0,1$	$+0..-0,1$	$+0..0,075$
	С металлиз. и с оплавлением	$+0,05..0,18$	$+0,05..-0,18$	$+0..-0,13$	$+0..-0,13$	$+0..-0,13$
Св. 1,0	Без металлизации	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,1$	$+0,1$	$+0,01$
	С металлизац. без оплавления	$+0,1..-0,20$	$+0,1..-0,20$	$+0,05..-0,15$	$+0,05..-0,15$	$+0,05..-0,15$
	С металлиз. и с оплавлением	$+0,1..-0,23$	$+0,1; -0,23$	$+0,05..-0,18$	$+0,05..-0,18$	$+0,05..-0,18$

Поэтому **минимально применимый диаметр переходного отверстия** $d_{пер}$ необходимо вычислять по формуле

$$d_{пер} = J \cdot H + |\Delta d|, \quad (4.2)$$

где Δd - максимальное предельное отклонение диаметра рассчитываемого отверстия.

Для переходных отверстий значение Δd следует выбирать как для **неметаллизированных** отверстий.

- **Диаметр монтажного отверстия**, в отличие от переходного, должен быть больше диаметра вывода на величину, удовлетворяющую условиям пайки и автоматизированной сборки, и может быть рассчитан следующим образом:

$$d_{монт} = d_{выв} + |\Delta d| + r, \quad (4.3)$$

где $d_{выв}$ - диаметр (для прямоугольных выводов - размер по наибольшей стороне) вывода РЭ; r - гарантированный зазор между диаметром монтажного отверстия и выводом РЭ.

- Величину Δd для монтажных отверстий следует выбирать с учетом всех приведенных в *табл. 4.3* факторов (диаметра, металлизации и оплавления). Оплавление следует учитывать при нанесении покрытий (припой ПОС-61 и сплав РОЗЕ) горячим методом (для ПП, изготовленных фотоспособами) или гальваническим (О-С (60)) с последующим оплавлением (комбинированный позитивный способ или полуаддитивная технология).

- Численное значение гарантированного зазора r лежит в пределах от **0,1** до **0,4** мм. Отметим, что чем меньше зазор, тем больше капиллярный эффект и, соответственно, лучше пропай в монтажном отверстии. С другой стороны, большая величина зазора облегчает автоматизацию сборочных работ. Поэтому **при автоматизированной установке РЭ на ПП желательно применять металлизированные отверстия с зазором, равным 0,4 мм.**

- Формула (4.3) применима для случая, когда $d_{выв} > d_{пер}$. Для обратной ситуации при расчете $d_{монт}$ необходимо пользоваться следующим выражением:

$$d_{монт} = J \cdot H + |\Delta d| + r, \quad (4.4)$$

Условия выбора значения Δd такие же, как и для выражения (4.3). Обычно монтажные отверстия диаметром менее $0,5 \cdot H$ не применяют.

Определение размеров неметаллизированных отверстий.

- Диаметры неметаллизированных монтажных отверстий рассчитывают по выражению (4.3) с учетом того, что при автоматизированной сборке печатных узлов гарантированный зазор $r = 0,4$ мм, при ручной сборке $r = 0,1..0,2$ мм.

Округление размеров отверстий.

- Расчетные значения диаметров монтажных и переходных металлизированных и неметаллизированных отверстий приводятся к номинальным, которые в соответствии с ГОСТ 10317-79 должны быть выбраны из ряда 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0.

- Предпочтительные размеры монтажных отверстий выбирают из ряда 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5, переходных - из ряда 0,7; 0,9; 1,1. Рекомендуемое количество типоразмеров значений диаметров **не более трех** как для монтажных, так и для переходных отверстий.

- Для переходных отверстий необходимо проводить поверочные расчеты на возможность протекания через них заданного в ЧТЗ тока.
- Металлизированные отверстия **не выполняют на гетинаксе, фольгированном фторопласте (ФФ-4) и фольгированном армированном фторопласте (ФАФ-4)**. Гетинакс имеет температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР), отличающийся от меди примерно в 10 раз (стеклотекстолит - всего в 3 раза), поэтому возможно отслаивание осажденной металлизации. С фторопластом осажденная медь имеет плохую адгезию и, соответственно, надежность металлизированных отверстий в ФФ-4 и ФАФ-4 низка.

Выбор диаметров сквозных отверстий под крепежные детали.

- В соответствии с ГОСТ 11284—75 диаметр сквозного отверстия под крепежные детали имеет гарантированный зазор (*табл. 4.4*), величина которого зависит от диаметра крепежного изделия.

Таблица 4.4 - Номинальные значения диаметров крепежных отверстий

Диаметр крепежного отверстия, мм	Диаметр крепежного отверстия, мм			Диаметр резервной зоны, мм	Диаметр крепежного изделия, мм	Диаметр крепежного отверстия, мм			Диаметр резервной зоны ³ , мм
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд			1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	
2,0	2,2	2,4	2,6	7,0	4,0	4,3	4,5	4,8	13,0
2,5	2,7	2,9	3,1	9,0	5,0	5,3	5,5	5,8	17,0
3,0	3,2	3,4	3,7	11,0	6,0	6,4	6,6	6,8	19,0

Примечание. Для заклепочных отверстий 3-й ряд не применять.

Допуски на отверстия 1-го ряда должны соответствовать 12-му качеству по ГОСТ 25346-82, а 2-го и 3-го - 14-му.

Расчет допуска на межцентровое расстояние.

Допуск на межцентровое расстояние $\Delta d_{кр}$ для винтовых соединений рассчитывается по выражению для винтовых соединений и выражению

$$\Delta d_{кр} = \frac{d_{кр} - d_{отв}}{2}, \quad (4.5)$$

а допуск на межцентровое расстояние $\Delta d_{кр}$ для болтовых соединений рассчитывается по выражению

$$\Delta d_{кр} = d_{кр} - d_{отв}, \quad (4.6)$$

где $d_{кр}$ — диаметр крепежного изделия; $d_{отв}$ - диаметр крепежного отверстия.

При болтовом соединении сквозные нерезьбовые отверстия изготавливаются в обеих соединяемых деталях, а при винтовом - в одной из деталей отверстия резьбовые.

³ **Резервная зона** - это зона вокруг крепежного отверстия запрещенная для расположения проводников и других элементов печатного рисунка. Ее размер определяется внутренним и внешним диаметрами металлических шайб и диаметром крепежного отверстия.

4.5 Выбор формы и размеров контактных площадок

Для припайки к печатному проводнику объемного проводника или вывода навесного РЭ, на проводнике делают контактную площадку (КП) в виде участка с увеличенной шириной. Контактные площадки выполняют около каждого монтажного отверстия, для металлизированных отверстий - с двух сторон.

Форма контактных площадок (Рис. 4.11) выбирается исходя из варианта монтажа вы-

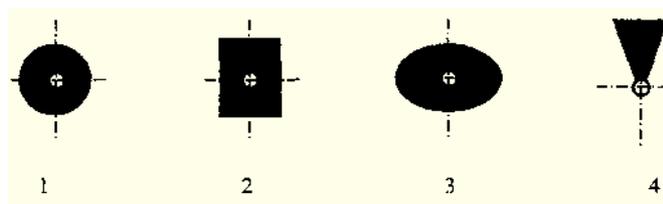


Рис. 4.11 - Основные формы контактных площадок: 1 - круглая, 2 - прямоугольная; 3 - овальная; 4 - клиновидная.

водов - планарная или штыревая (в отверстие):

- **Круглая контактная площадка** (самая распространенная) технологична и обеспечивает равномерное растекание припоя.
- **Овальная контактная площадка** при равномерном растекании припоя создает более прочное и надежное соединение.
- **Прямоугольная контактная площадка** из-за неравномерности растекания припоя и, соответственно, низкого качества соединения, для монтажа выводов РЭ в отверстия практически не применяется. Основное ее назначение – для пайки планарных выводов микросхем и безкорпусных РЭ. Часто применяется также как **ключевая площадка** для выделения первого вывода микросхем и других РЭ.
- **Клиновидные контактные площадки** применяются в узких местах при недостатке площади под другие типы контактных площадок.

Вычисление минимального диаметра D_{min} круглой контактной площадки.

Вычисление **минимального диаметра КП D_{min}** проводим для каждого монтажного и переходного отверстия с учетом выбранного класса точности и метода изготовления печатной платы. Коррекция полученных размеров проводится с учетом необходимой площади для получения качественной пайки (для 1-го и 2-го классов точности не менее $2,5 \text{ мм}^2$, для 3-го и 4-го - $1,6 \text{ мм}^2$, но не более 8 мм^2 для любого класса точности).

Вначале для каждого монтажного или переходного отверстия необходимо рассчитать **минимальный эффективный диаметр контактной площадки $D_{эфф}$** . Это диаметр, полученный при изготовлении с учетом подтравы проводящего слоя под защитной маской (подтрав составляет порядка 70 % от толщины проводящего слоя)

$$D_{эфф} = 2 \cdot (b + d_{imax}/2 + T_d + T_D), \quad (4.7)$$

где d_{imax} - максимальный диаметр монтажного или переходного отверстия с учетом допуска; T_d и T_D - позиционные допуски расположения осей отверстий и контактных площадок по ГОСТ 23751-86 [21] (табл. 4.5 - 4.6) соответственно.

Поскольку толщина проводящего слоя H_{np} (толщина фольги (Рис. 4.2) или толщина фольги плюс толщина осажденной меди (Рис. 4.4) различается для различных типов печатных плат, то при расчете **минимального диаметра контактной площадки** $D_{мин}$ способ изготовления ПП обязательно должен быть учтен. Способ нанесения защитной маски также влияет на величину $D_{мин}$

Для субтрактивных технологий

$$D_{мин} = D_{iэфф} + 1,5 \cdot H_{np}. \quad (4.8)$$

Для комбинированного позитивного метода и полуаддитивной технологии при фотохимическом способе нанесения защитной маски

$$D_{мин} = D_{iэфф} + 1,5 \cdot H_{np} + 0,03. \quad (4.9)$$

Для сеткографического способа нанесения защитной маски

$$D_{мин} = D_{iэфф} + 1,5 \cdot H_{np} + 0,08. \quad (4.10)$$

Толщина осажденной меди для комбинированного позитивного способа изготовления ПП составляет 15-25 мкм.

Таблица 4.5 - Значения позиционного допуска расположения осей отверстий

Размер печатной платы по большей стороне, мм	Значения позиционного допуска расположения осей отверстий T_d , мм, для класса точности				
	1	2	3	4	5
До 180 включительно	0,20	0,15	0,08	0,05	0,05
Св. 180 до 360 включительно	0,25	0,20	0,10	0,08	0,08
Св. 360	0,30	0,25	0,15	0,10	0,10

Таблица 4.6 - Значения позиционного допуска расположения центров контактных площадок

Вид изделия	Размер печатной платы по большей стороне, мм	Значения позиционного допуска расположения центров контактных площадок T_D , мм для класса точности				
		1	2	3	4	5
ОПП; ДПП; ГПП; МПП (наружный слой)	До 180 включ.	0,35	0,25	0,15	0,10	0,05
	Св. 180 до 360 включ.	0,40	0,30	0,20	0,15	0,08
	Св. 360	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15
МПП (внутренний слой)	До 180 включ.	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10
	Св. 180 до 360 включ.	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15
	Св. 360	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20

Контактную площадку, рассчитанную по формулам (4.8) - (4.10), необходимо развивать в свободную сторону, чтобы ее площадь, без учета отверстия, составляла для 1-го и 2-го классов точности не менее $2,5 \text{ мм}^2$, а для 3-го и 4-го - $1,6 \text{ мм}^2$.

Точность позиционирования, в свою очередь, определяет возможность автоматизированной установки РЭ на печатную плату и совмещения установленных на плату радиоэле-

ментов (светодиодов, переменных резисторов и т.п.) с отверстиями в экранах, передней и задней панелях и других конструктивных элементах.

Поэтому, например, у печатных плат, предназначенных для автоматической установки навесных элементов, T_d , независимо от класса точности ПП, устанавливается для монтажных отверстий по 4-му классу точности, а для переходных - по 3-му.

Если позиционный допуск расположения осей отверстий необходимо учитывать при разработке элементов конструкции, то предельные отклонения расстояния между центрами двух отверстий ПП определяют как полусумму позиционных допусков расположения центров этих отверстий.

При специальном проектировании прямоугольных контактных площадок их габаритные размеры должны быть больше соответствующих размеров выводов на 0,1 .. 0,4 мм, а расстояние между ним соответствовать 1-2-му классу точности (табл. 4.2).

Габариты прямоугольных КП для безкорпусных РЭ и под планарные выводы РЭ зависят от размеров паяемых элементов или выводов, а расстояние между КП определяются возможностями технологического оборудования и электрической прочностью.

Предельные отклонения размеров ширины печатных элементов Δt (проводников, **контактных площадок**, концевых печатных контактов, экранов) для узких мест не должны превышать значений, указанных в табл. 4.7.

Таблица 4.7 - Предельные отклонения ширины печатных элементов

Наличие металлического покрытия	Предельные отклонения ширины печатных элементов Δt , мм, для класса точности				
	1	2	3	4	5
Без покрытия	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	0 -0,03
С покрытием	+0,25 - 0,20	+0,15 - 0,10	$\pm 0,10$	+0,05	$\pm 0,03$

4.6 Выбор варианта формовки выводов и установки РЭ на ПП

Радиоэлементы крепятся к ПП пайкой выводов в монтажные отверстия или на контактные площадки, а при необходимости - путем дополнительного крепления при помощи хомутов, скоб, держателей, заливки компаундом, установки на клей.

Для одного и того же РЭ в зависимости от условий эксплуатации может быть предусмотрено несколько вариантов установки на ПП. На Рис. 4.13 показаны часто применяемые способы установки элементов, имеющих два вывода, расположенных аксиально (сопротивления, конденсаторы, диоды и др.). Каждому из таких вариантов установки должен соответствовать свой вариант посадочного места в базе данных САПР.

Вариант установки непосредственно на плату (Рис. 4.13, а) прост, технологичен, обеспечивает фиксацию при групповых методах пайки. Повышение механической прочности легко осуществить покрытием электроизоляционными лаками. К недостаткам можно отнести ухудшенный конвективный отвод тепла, возможность замыкания корпуса с проводниками, проложенными под ним, а также пониженную ремонтпригодность.

Легче всего указанные недостатки можно устранить, используя вариант установки с зазором между платой и корпусом (Рис. 4.13, б). Однако данный вариант установки также

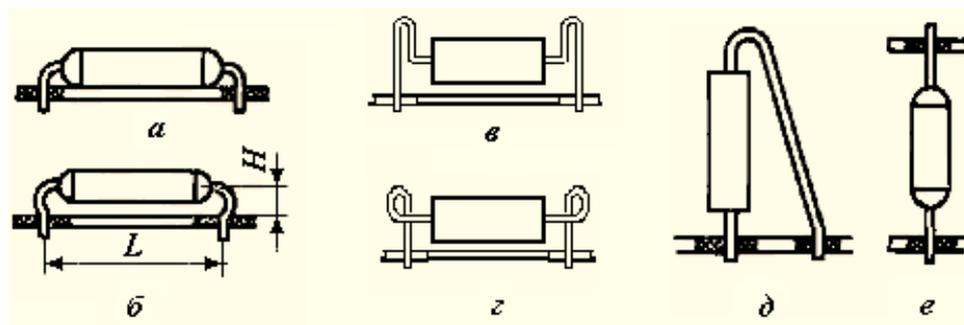


Рис. 4.13 – Варианты установки элементов с аксиальными выводами:
 а - непосредственно на плату, б - с зазором, в и г - со специальной формовкой выводов,
 д и е – с минимизацией установочной площади

имеет ограниченное применение из-за низкой стойкости к вибрационным воздействиям (обламывается вывод в месте крепления к корпусу) и невозможности применения групповых методов пайки. Более устойчивы к вибрационным воздействиям варианты установки со специальной формовкой выводов (Рис. 4.13, в, г).

Чтобы обеспечить возможность применения групповой пайки (например, пайки «волной») элементов, устанавливаемых с зазором между платой и корпусом, необходимо предусматривать либо технологические прокладки, обеспечивающие необходимый зазор (1,5 - 2 мм), либо специальные изгибы выводов, как показано на Рис. 4.12. Эти изгибы удерживают элемент и не дают ему опуститься на плату в процессе установки других элементов до операции пайки.

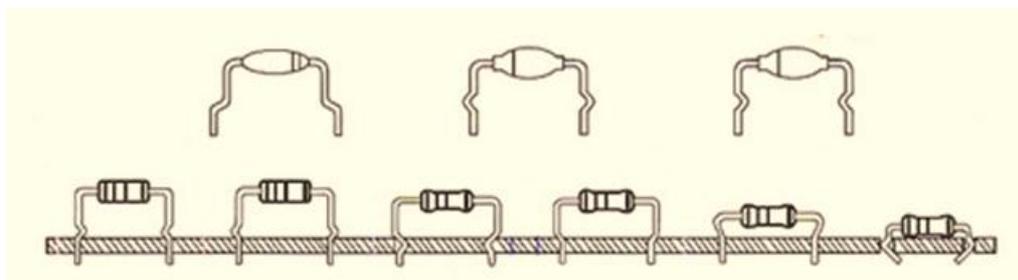


Рис. 4.12 - Виды формовки выводов РЭ для обеспечения возможности групповой пайки

Варианты установки (Рис. 4.13, д, е) применяют для минимизации занимаемой площади. К недостаткам данных вариантов можно отнести отсутствие возможности автоматизированной сборки и низкую стойкость к вибрационным нагрузкам. На рис. Рис. 4.13, е показана установка элементов с аксиальными выводами в двухплатной конструкции.

Если элемент имеет электропроводный корпус, установленный, как показано, например, на Рис. 4.13, а, и под корпусом проходит проводник, то необходимо предусмотреть изоляцию корпуса или проводника путем:

- надевания на корпус элемента трубок из изоляционного материала;
- нанесения тонкого слоя эпоксидной смолы на плату в зоне расположения корпуса (эпоксидная маска);
- наклеивания на плату тонких изоляционных прокладок.

Защитная маска (тонкий слой эпоксидной смолы, термостойкой краски, сухого пленочного фоторезиста) применяется не только для электроизоляции, но и для экономии припоя при групповых методах пайки с одно временной защитой проводников. В этом случае маска наносится на весь проводящий слой, за исключением монтажных и контрольных контактных площадок. При проектировании защитной маски следует учитывать, что зазоры менее 0,3..0,5 мм не допустимы.

Если выводы РЭ проходят рядом с проводящим корпусом, как, например, на Рис. 4.13, *д*, то на них надевают защитные трубки из изоляционного материала.

При выборе межцентрового расстояния L , высоты H и других размеров следует учитывать, что для всех типов РЭ ограничено минимальное расстояние от корпуса элемента, на котором можно производить гибку вывода, и минимальное расстояние от корпуса до места приложения паяльника при пайке.

В требованиях ГОСТ и технических условиях на радиоэлементы, как правило, указываются расстояния от корпуса элемента до места изгиба вывода (при одноразовой гибке) или до места пайки выводов. Межцентровое расстояние определяется не только конструкцией компонента, но и его функциональными параметрами. Так, например, для диодов *2Д103* и *КД103*, имеющих одинаковое конструктивное исполнение, размер L составляет 22,5 мм, а для *КД102* - 12,5 мм (см. ОСТ45.010.030-92) [19].

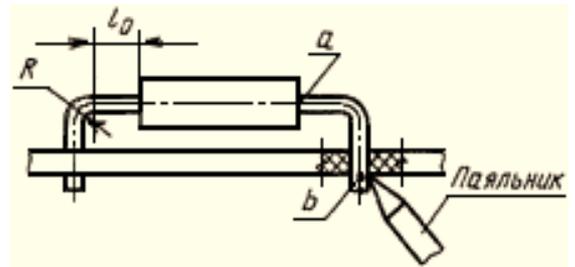


Рис. 4.14 – Ограничения на размеры изгиба вывода или до места пайки выводов РЭ

Если указания о размерах от корпуса РЭ до места изгиба или до места пайки выводов РЭ в государственных стандартах или технических условиях отсутствуют, то ГОСТ 29137-91 [18] устанавливает следующие ограничения (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**):

- от корпуса РЭ до места пайки не менее 2,5 мм (для полупроводниковых приборов - не менее 3 мм);
- от корпуса РЭ до оси изогнутого вывода l_0 , мм, не менее:

▪ для резисторов, конденсаторов	0,5
▪ для микросхем и других ИЭТ в корпусах типа 4 по ГОСТ 17467	1,0
▪ для полупроводниковых приборов	2,0
▪ для дросселей	3,5
- для выводов диаметром или толщиной до 0,5 мм минимальный внутренний радиус сгиба $R = 0,5$ мм;
- для выводов диаметром или толщиной 0,5..1,0 мм минимальный внутренний радиус сгиба $R = 1$ мм.
- для выводов диаметром или толщиной свыше 1,0 мм минимальный внутренний радиус сгиба $R = 1,5$ мм.

Эти ограничения должны быть удовлетворены не только для РЭ с аксиальными выводами, но и для всех типов РЭ, подключаемых пайкой.

Выводы элементов одного и того же типоразмера рекомендуется изгибать на одни и те же установочные размеры по их кратности шагу координатной сетки. Центры площадок выводов РЭ непременно должны находиться в узлах выбранной стандартной сетки. Для прямоугольных выводов изгиб делают по длинной стороне.

Исходя из требований технологичности, всегда следует ориентироваться на применение стандартизованных вариантов установки РЭ в соответствии с ОСТ45.010.030-92 или другими более поздними нормативно-техническими документами. Такой подход позволяет применять типовую технологическую базу для формовки выводов компонентов, установки РЭ на ПП, а также уменьшить количество посадочных мест, используемых в САПР печатных плат.

В зависимости от конструкции конкретного типа элемента и характера механических воздействий, действующих при эксплуатации (частота и амплитуда вибрации, значение и длительность ударных перегрузок и др.), ряд элементов нельзя закреплять только пайкой за выводы - их обязательно нужно крепить дополнительно за корпус. Например, на Рис. 4.15 показаны возможные варианты установки транзисторов в РЭС, работающих в условиях вибрации и ударов.

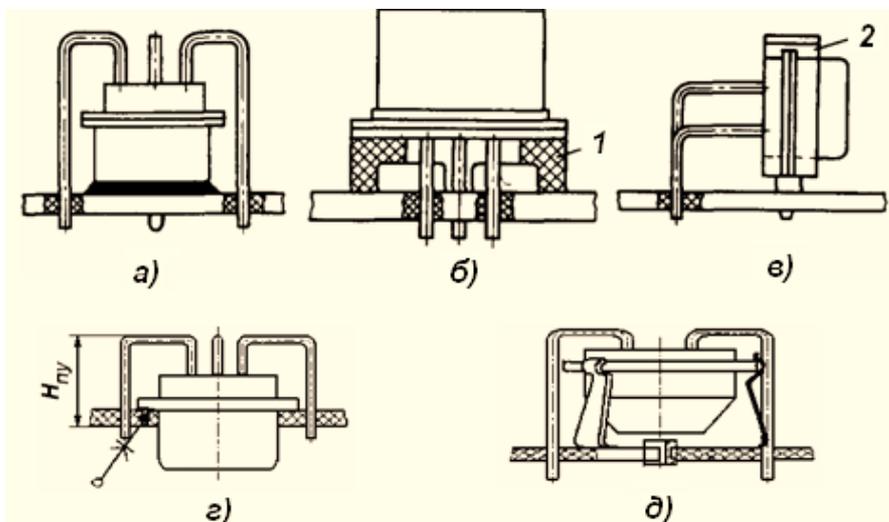


Рис. 4.15 - Установка транзистора: 1 - подставка; 2 - крепежная скоба

В зависимости от конструкции и массы крепление элементов за корпус можно производить:

- приклейкой к плате специальными мастиками или клеями (корпус транзистора приклеен к плате Рис. 4.15, а, или к переходной втулке Рис. 4.15, б);
- прилакировкой в процессе влагозащиты печатного узла;
- заливкой компаундом;
- привязкой нитками или проволокой;
- с помощью скоб, держателей (Рис. 4.15, в, д);

Вариант, предусматривающий при больших механических нагрузках установку корпуса транзистора в отверстие на ПП (Рис. 4.15, е), обеспечивает уменьшение толщины печатного узла $H_{пв}$ по сравнению с предыдущими вариантами установки. В ряде случаев это позволяет уменьшить объем блока, кассеты и т.п. К недостаткам этого варианта установки можно отнести наличие дополнительных отверстий на ПП, снижающих механическую прочность

платы, усложняющих технологический процесс производства печатной платы и уменьшающих площадь поверхностей, где возможна прокладка проводников.

Транзисторы, установленные, как показано на Рис. 4.15, *д*, могут работать при больших механических воздействиях, и обеспечивают более надежный электрический контакт с корпусом (экран). Такой вариант установки применяется, в основном, для крепления высокочастотных транзисторов типа **ГТ311**, **ГТ313** и т.п.

На Рис. 4.16 показаны варианты установки микросхем в корпусах с планарными выводами, в круглых корпусах и в плоских прямоугольных корпусах со штырьковыми выводами. Все указанные способы крепления микросхем обеспечивают их надежное крепление в условиях вибрации и ударов, действующих на аппаратуру, которая устанавливается на подвижных объектах (автомашинах, самолетах, судах и т.п.). При этом обязательно покрытие узлов влагозащитными лаками, которое обеспечивает дополнительное крепление выводов микросхемы к плате.

Если микросхема выделяет большое количество теплоты и находится при повышенной температуре, то существует опасность нагрева корпуса микросхемы выше допустимой температуры. В этом случае под корпусами микросхем устанавливают теплоотводящую медную шину 7 (Рис. 4.16, *в*), концы которой должны плотно прилегать к корпусу изделия или другому элементу конструкции, способному отводить выделяемую микросхемой теплоту в окружающее пространство. Медная шина должна быть изолирована изоляционной прокладкой от печатных проводников, проходящих под микросхемой. По тем же причинам изоляционные прокладки нужно применять при установке, изображенной на Рис. 4.16, *а*. Вместо прокладок можно покрывать нижнюю поверхность корпуса микросхемы эпоксидной смолой.

Формовку выводов и установку РЭ на печатные платы следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 29137 [18], отраслевого стандарта ОСТ45.010.030-92 [19] и технических условий на эти элементы.

Структура условного обозначения варианта формовки установки радиоэлемента в конструкторской документации должна иметь следующее обозначение:

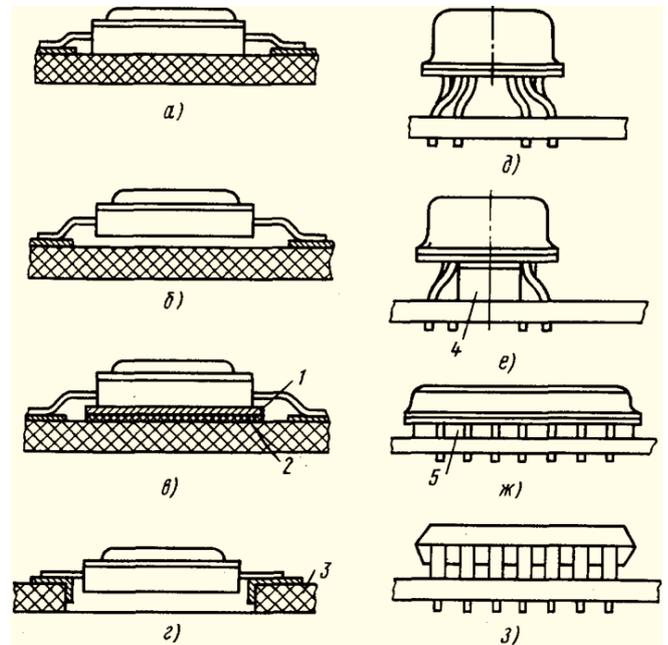


Рис. 4.16 - Установка микросхем (*а - з*):

- 1 - теплоотводящая шина;
- 2 - изоляционная прокладка;
- 3 - печатная плата, изготовленная методом выступающих выводов;
- 4 - подставка; 5 - прокладка



Пример записи вариантов формовки выводов и установки РЭ, имеющих поз. 1, 2, 3 согласно спецификации:

установку производить по ГОСТ 20137:

поз. 1 - вариант 140.08.0403.00.02

поз. 2 - вариант 301.20.0000.00.00

поз. 3 - вариант 370.24.1302.12.00

4.7 Особенности конструкции элементов печатного монтажа

Центры монтажных и переходных отверстий должны быть расположены в узлах (точках пересечения линий) координатной сетки. Если устанавливаемый на печатную плату элемент имеет два вывода или более, расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки, то отверстия под все такие выводы должны быть расположены в узлах сетки. Если устанавливаемый элемент не имеет выводов, расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки, то один вывод следует располагать в узле координатной сетки, а центр отверстия под другой вывод - на вертикальной или горизонтальной линиях координатной сетки.

Диаметр отверстий в печатной плате должен быть больше диаметра вставляемого в него вывода, что обеспечит возможность свободной установки радиоэлемента. При диаметре вывода до 0,8 мм диаметр неметаллизированного отверстия делают на 0,2 мм больше диаметра вывода; при диаметре вывода более 0,8 мм - на 0,3 мм больше.

Диаметр металлизированного отверстия зависит от диаметра вставляемого в него вывода и от толщины платы. Связано это с тем, что при гальваническом осаждении металла на стенках отверстия малого диаметра, сделанного в толстой плате, толщина слоя металла получится неравномерной, а при большом отношении длины к диаметру некоторые места могут остаться непокрытыми. Диаметр металлизированного отверстия должен составлять не менее половины толщины платы.

Для многослойных и сложных плат классов 2 и 3 устанавливают допуск на межцентровое расстояние, равный $\pm 0,1$ мм. Для плат класса 1 допуск на межцентровое расстояние берут $\pm 0,2$ мм и $c = 0,6..0,7$ мм.

У плат, предназначенных для автоматизированной сборки, расстояние между центрами отверстий выполняют с допуском $\pm 0,05$ мм, а номинальный диаметр отверстия берут на $0,4$ мм больше диаметра вывода; допуск на диаметр отверстия берут по Н13.

Для неметаллизированных отверстий и торцов плат шероховатость поверхности делают такой, чтобы параметр шероховатости $R_z \leq 0$. У металлизированных отверстий и торцов шероховатость должна быть лучше $R_z \leq 40$.

Отверстия на плате нужно располагать таким образом, чтобы расстояние между краями отверстий было *не меньше* толщины платы. В противном случае перемычка между отверстиями *не будет иметь достаточной механической прочности*.

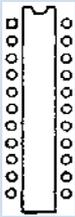
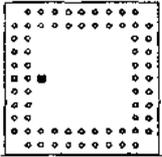
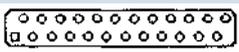
Контактные площадки, к которым будут припаиваться выводы от планарных корпусов, рекомендуется делать **прямоугольными**.

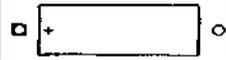
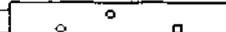
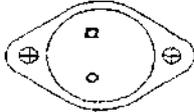
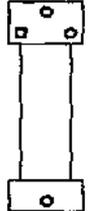
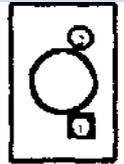
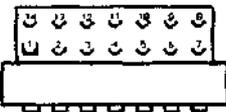
4.8 Типовые посадочные места РЭ

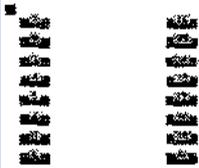
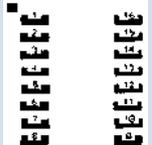
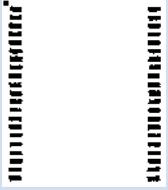
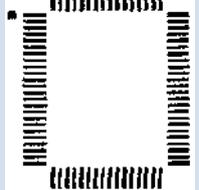
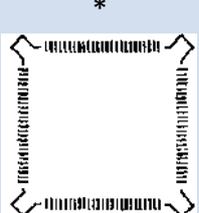
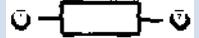
Только в исключительных случаях приходится создавать посадочное место компонента совершенно с нуля. Обратите внимание на штатные библиотеки P-CAD **Pcbmain.lib**, **Pcbconn.lib**, **Pcbstmt.lib**, содержащие огромное число всевозможных посадочных мест и корпусов компонентов со штыревыми выводами, планарными выводами и соединителей. Поэтому достаточно выбрать подходящий корпус и доработать его в соответствии с принятыми стандартами (например, ОСТ45.010.030-92).

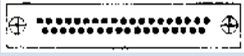
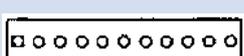
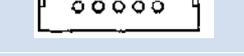
В *таблице 4.8* приведены некоторые типовые посадочные места РЭ, используемые в процессе учебного топологического проектирования печатных плат,

Таблица 4.8 - Типовые посадочные места РЭ, входящие в состав библиотек **pcbmain.lib**, **pcbconn.lib**, **pcbstmt.lib**, системы P-CAD

Название корпуса компонента в библиотеке	Посадочное место	Пояснения
DIPxx		Корпус с двусторонним расположением штыревых выводов: xx - число выводов
PGAxx/yy		Многорядное расположение штыревых выводов (Pin Grid Array): xx - число рядов, yy - число столбцов или строк в ряду
ZFPxx		Корпус с двусторонним расположением штыревых выводов, смещенных вправо: xx — число выводов

Название корпуса компонента в библиотеке	Посадочное место	Пояснения
CAPxx		Конденсаторы: xx - расстояние между центрами выводов
RESxx		Резисторы: xx - расстояние между центрами выводов
SIPxx		Корпус с односторонним расположением выводов: xx — число выводов
POTxx		Потенциометры: xx - количество выводов
JMPxx		Клеммные перемычки: xx - расстояние между клеммами
TO-xx		Транзисторы
DO-xx		Диод: xx -- расстояние между центрами выводов
REEDLY		Язычковое реле
LEDxxx		Светодиод: xx - расстояние между центрами выводов
PBxx		Нажимные кнопки: xx - расстояние между центрами выводов
SW-DIPxx		Переключатели с двурядным расположением выводов: xx - количество выводов
Soxx		Корпус с двусторонними планарными выводами (малая ширина корпуса): xx - количество выводов

Название корпуса компонента в библиотеке	Посадочное место	Пояснения
SOLxx		Корпус с двусторонним расположением планарных выводов (большая ширина корпуса): xx - количество выводов
SOJxx		Корпус с двусторонним расположением выводов (средняя ширина корпуса): xx - количество выводов
MO-xx/yy		Корпус с двусторонним расположением выводов: xx - тип корпуса по стандарту JEDEC, yy — число выводов
QFPxx		Корпус с четырехсторонним расположением планарных выводов: xx - количество выводов
PLCCxx		Пластмассовый корпус. Суффикс Λ - тип корпуса по стандарту JEDEC, J - корпус квадратной формы, R - корпус прямоугольной формы, L - корпус большого размера, M - миниатюрный корпус, xx количество контактов.
WWIND/A		Катушки индуктивности: xx - расстояние между выводами
RCxx		Резисторы: xx - расстояние между выводами
CCxx		Конденсаторы: xx - расстояние между выводами
TCxx		Танталовые конденсаторы: xx - расстояние между выводами
MELF1/4W		Трубчатые резисторы: xx - расстояние между выводами
MLLxx,SODxx		Трубчатые резисторы, конденсаторы, катушки, индуктивностей или диоды: xx - расстояние между выводами
SOT		Транзисторы или диоды в корпусах SOT, для поверхностного монтажа

Название корпуса компонента в библиотеке	Посадочное место	Пояснения
DINxx		Разъемы типа DIN: xx - количество контактов
DBxx		Миниатюрные разъемы: xx. — количество контактов
CONxxPIN		Разъемы с однорядным расположением выводов: xx - количество контактов
IDCxx		Вертикальные разъемы типа ГОС: xx - количество контактов
EDGExx/yy		Разъемы с планарными выводами: xx - количество контактов; yy - расстояние между центрами выводов
ECONxx/yy		Разъемы с планарными выводами фирмы Texas Instruments: xx — количество контактов, yy - расстояние между центрами выводов

5 Редактор посадочных мест РЭ P-CAD Pattern Editor

5.1 Основные сведения о программе P-CAD Pattern Editor

Графический редактор *P-CAD Pattern Editor* имеет набор команд, позволяющих создавать и редактировать посадочные места для установки РЭ на печатных платах. Программа работает с файлами отдельных посадочных мест (*.pat*) и библиотек (*.lib*).

Изображение в любом графическом редакторе *P-CAD* состоит из нескольких слоев. В каждом слое сгруппированы определенные части изображения и информация различного типа, что позволяет легко выделять их с разнообразными целями. В процессе проектирования слои, налагаясь друг на друга, формируют законченный чертеж, содержащий необходимые сведения.

Принцип послойного проектирования позволяет проектировщику:

- 1) включать или выключать соответствующие слои, детализируя или упрощая воспроизводимое на экране или на принтере изображение;
- 2) легко выделять нужную информацию для других программ;
- 3) на разных этапах работы удобно выделять необходимую информацию, делая ее видимой и доступной для редактирования, обработки или вывода на внешние устройства;
- 4) в это время прочие данные остаются без изменения и невидимы.

По умолчанию в *P-CAD Pattern Editor* установлена следующая структура слоев платы:

- **Top** - проводники на верхней стороне платы (сторона установки компонентов),
- **Bottom** - проводники на нижней стороне платы,
- **Board** - контур платы,
- **Top Mask** - графика маски пайки на верхней стороне платы,
- **Bot Mask** - графика маски пайки на нижней стороне платы,

- **Top Silk** - шелкография на верхней стороне платы (позиционные обозначения компонентов),
- **Bot Silk** - шелкография на нижней стороне платы,
- **Top Paste, Bot Paste** - графика пайки на верхней и нижней стороне ПП.

5.2 Запуск редактора P-CAD Pattern Editor

Главное окно графического редактора **P-CAD Pattern Editor** представлено на Рис. 5.1

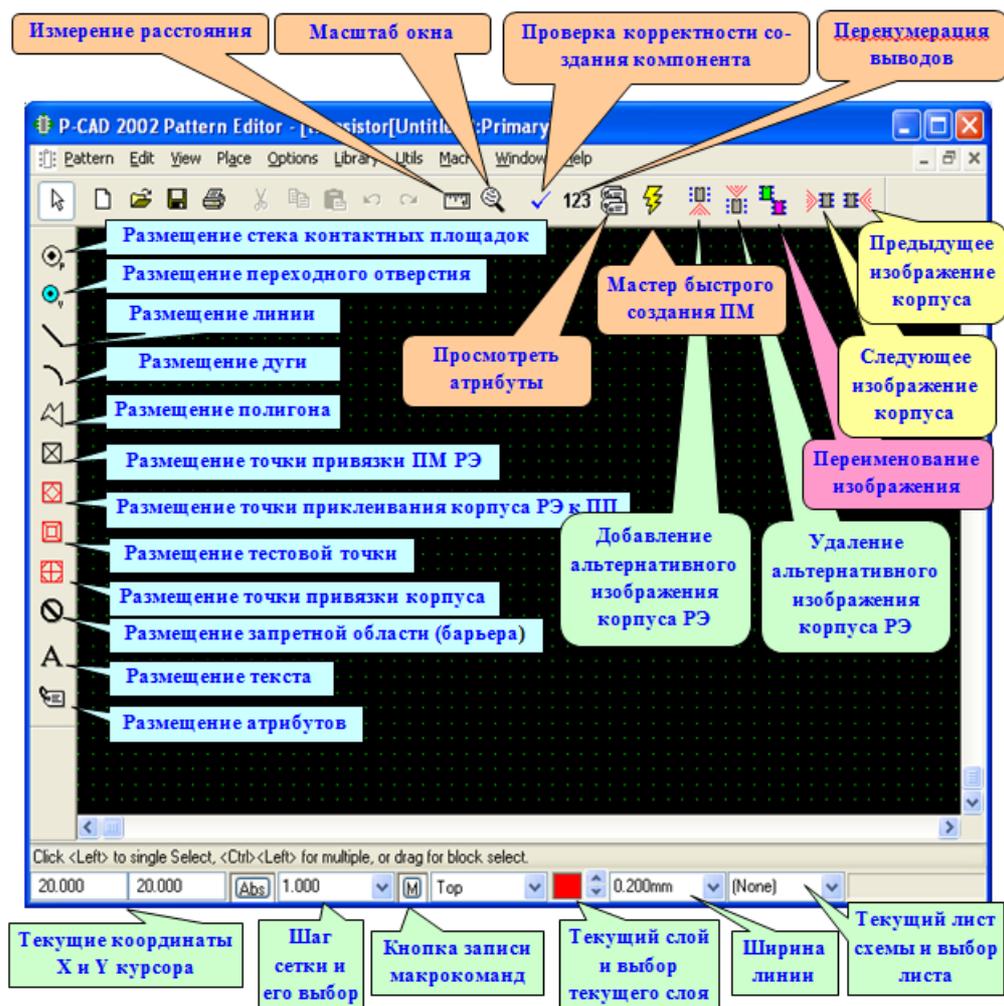


Рис. 5.1 – Главное окно графического редактора P-CAD Pattern Editor

Редактор **P-CAD Pattern Editor** (исполняемый модуль **pated.exe**) может быть запущен следующими способами:

1. Нажатием пиктограммы  на рабочем столе **Windows** (если она есть).
2. Нажатием кнопки «**Пуск**» с последующим выполнением команд «**Программы**», «**P-CAD 2006**» и «**Pattern Editor**».
3. Если на компьютере запущена одна из программ **P-CAD 2006** (редакторы **P-CAD Schematic**, **P-Cad PCB**, или диспетчер библиотек **P-CAD Library Executive**), левой кнопкой (ЛК) мыши щелкнем по команде **Utils** (служебные команды). Откроется выпадающее меню, в котором несколько пунктов начинаются с аббревиатуры **P-CAD**. Щелчок мыши по **Pattern Editor**

запустит программу. При этом действующая программа не закроется, а только свернется, и к ней всегда можно будет вернуться.

5.3 Настройка конфигурации графического редактора *Pattern Editor*

- Выполнить команды **Options/Configure**. Появляется диалоговое окно **Options Configure** (Рис. 5.2).

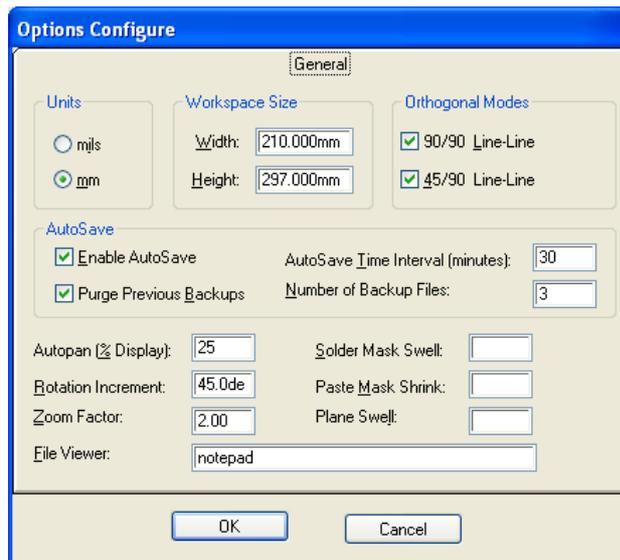


Рис. 5.2 - Диалоговое окно **Options Configure**

- В этом окне в области **Units** (Единицы) выбрать **mm** — миллиметры как основную систему единиц, в области **Workspace Size** (Размер рабочего поля) задать значение ширины **Width**, равное **210** мм, и высоты — **Height**, равное **297** мм.

Приведем возможные варианты: **Mil** — милы (1 мил = 0,001 дюйма); **Inch** — дюймы (1 дюйм = 2,54 мм).

В любой момент можно перейти из одной системы единиц в другую без потери точности. При работе с ПП, содержащей компоненты как с метрическим, так и дюймовым шагом между выводами, такие переключатели весьма полезны.

- Группа флажков **Orthogonal Modes** (Варианты ортогональности) определяет взаимные углы цепей и линий. Если отмечен флажок **90/90 Line-Line**, то вводятся ортогональные линии и проводники, выбрав флажок **45/90 Line-Line** возможно вводить линии по диагонали. Целесообразно выделить флажком оба пункта.

- Остальные поля оставить без изменения. Нажать кнопку **OK**.

- Установить новую сетку графического редактора с шагом, равным **1,25** мм. Для чего выполнить команды **Options/Grids**. Появляется одноименное диалоговое окно **Options Grids**. В области **Grid Spacing** набрать на клавиатуре **1,25** и щелкнуть по кнопке **Add** (Рис. 5.3). Щелкнуть по кнопке **OK**.

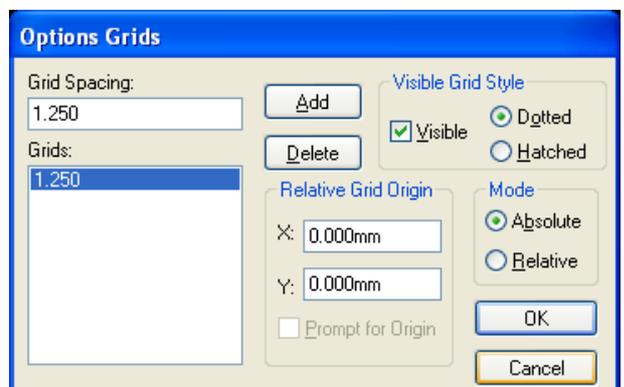


Рис. 5.3 - Диалоговое окно **Options Grids**

- Аналогично, при необходимости, добавить, шаги сетки **2,5** мм и **0,675** мм.

- Установить курсор в точку с координатами **(10; 10)** и нажать несколько раз на клавишу «серый плюс» клавиатуры, приближающую область рисования.

- Установить толщину текущей линии рисования. Выполнить команды **Options/Current Line**. В открывшемся диалоговом окне **Options Current Line** (Установка используемой линии) в поле **Line Width** (Ширина линии) набрать новую ширину линии 0,2 мм и нажать кнопку **Add** (Рис. 5.4), а затем кнопку **OK**.

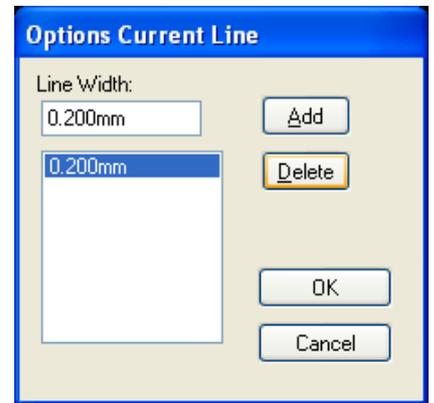


Рис. 5.4 - Установка текущей линии рисования

- Для быстрого точного позиционирования всех элементов чертежей на рабочем поле, следует *привязать курсор к узлам сетки*, для чего выполняют команду меню **View / Snap to grid** (Привязка к сетке).

5.4 Создание посадочного места для микросхемы 133ЛА6 с планарными выводами

Для создания ПМ микросхемы **133ЛА6** (Рис. 5.5) по варианту установки и формовки выводов 360 (Рис. 5.6) в соответствии с ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 после загрузки и настройки конфигурации редактора **Pattern Editor** необходимо выполнить следующие операции.

Установка параметров монтажного отверстия.

- Выполнить команды **Options/Pad Style** (Установка параметров монтажного отверстия). В одноименном окне в списке **Current Style** (Используемые параметры) обычно имеется лишь один стиль **Default** (По умолчанию) (Рис. 5.8, а). Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy** (Копирование). В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** (Копирование монтажного отверстия) в поле **Pad Name** (Имя КП) набрать имя нового стиля **S-type** (Рис. 5.8, б) и нажать кнопку **OK**.

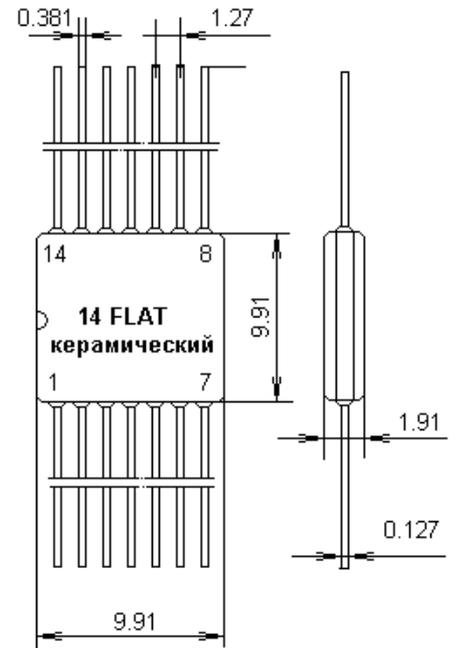


Рис. 5.5 - Размеры микросхемы 133ЛА6

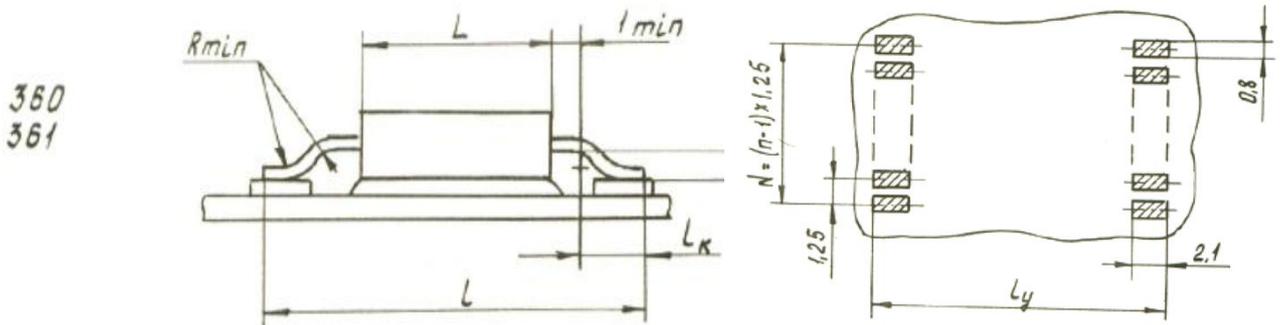
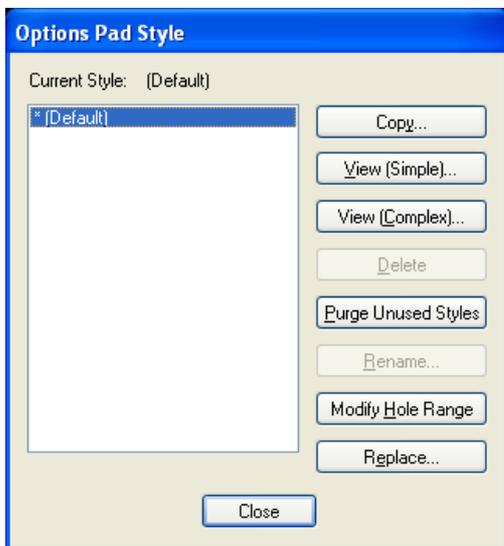
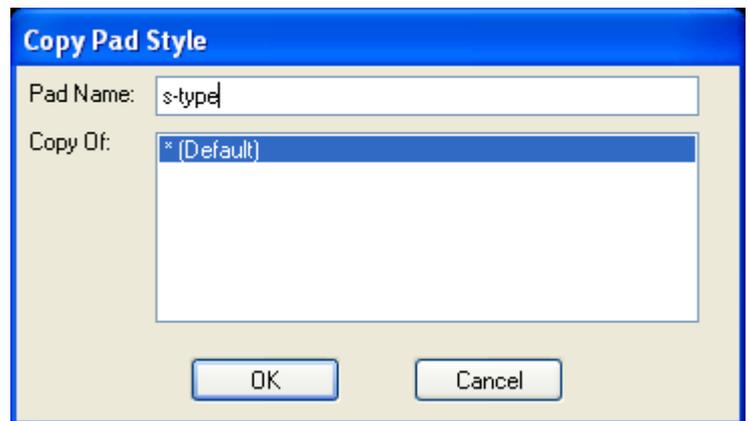


Рис. 5.6 - Вариант установки и формовки выводов 360 по ГОСТ 20137 для микросхемы 133ЛА6



а)

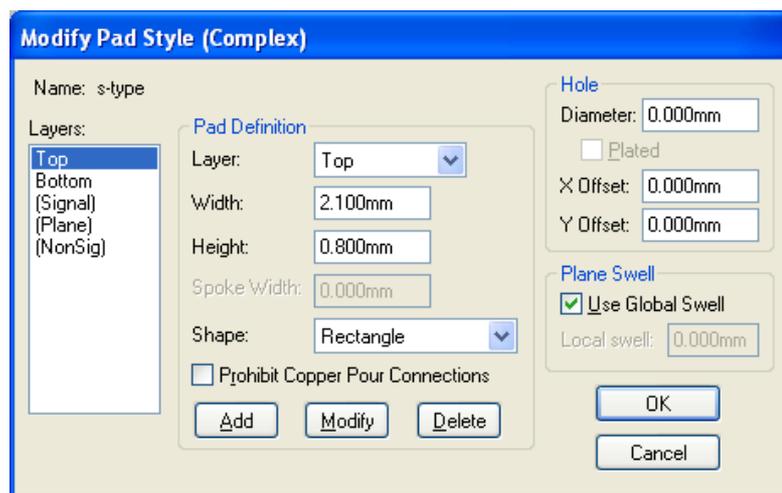


б)

Рис. 5.8 - Установка параметров монтажного отверстия

- В диалоговом окне **Copy Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **S-type** и нажать кнопку **Modify (Complex)** (Сложная модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers** (Слои) выбрать слой **Top** (Верхний) и установить для него прямоугольную форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** (Форма) выбрать значение **Rectangle** (Прямоугольник), установить размеры прямоугольника, равные по высоте (**Height**) **0,8** мм и по ширине (**Width**) **2,1** мм, и нажать кнопку **Modify** (Модифицировать).

- Убрать параметры сверления контакта. В области **Hole** установить диаметр сверления (**Diameter**), равный нулю. Результат представлен на (Рис. 5.7).

Рис. 5.7 - Диалоговое окно **Modify Pad Style (Complex)**

- В списке **Layers** выбрать нижний слой (**Bottom**) и установить для него нулевые размеры по высоте (**Height**) и по ширине (**Width**) и нажать кнопку **Modify**. Аналогично выполнить настройку нулевых размеров контактной площадки для сигнального слоя (**Signal**) и для слоев внутренней проводимости (**Plane** — земли и питания и **Non Signal** — вспомогательных). Нажать кнопку **OK**.

● В диалоговом окне **Options Pad Style** настроить стиль **S-type** по умолчанию (рабочим стилем). Для этого нужно дважды щелкнуть **ЛК** по имени стиля **S-type** в списке.

Установка контактных площадок посадочного места микросхемы.

● Выполнить команду **Place Pad** (пиктограмма ). Вначале установить курсор в точку с координатами (10; 17,5) и щелкнуть **ЛК**. В результате появится первая контактная площадка прямоугольной формы.

Затем аналогично установить остальные тринадцать **КП**. Для этого поставить курсор в точку с координатами (10; 16,25) и щелкнуть **ЛК**. Перевести курсор в точку (10; 15) и щелкнуть **ЛК**. И так далее в точках с координатами: (10; 13,75), (10; 12,5), (10; 11,25), (10; 10), (21,25; 10), (21,25; 11,25), (21,25; 12,5), (21,25; 13,75), (21,25; 15), (21,25; 16,25) и (21,25; 17,5). В завершение щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК** (Рис. 5.9).

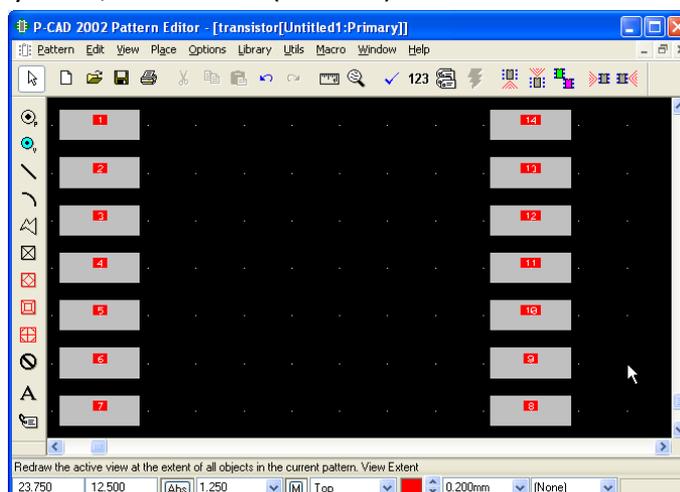


Рис. 5.9 - Установка контактных площадок посадочного места микросхемы

Формирование контура микросхемы.

● В строке параметров (Самая нижняя строка главного окна) открыть список слоев (кнопка  справа от имени текущего слоя) и назначить текущим слой **Top Silk** (Верхний маркировочный) (Рис. 5.11).

● Выполнить команду **Place Line** (пиктограмма ). Установить курсор в первую точку пятиугольника (координаты (11,25; 17,5)) и щелкнуть **ЛК**. Перевести курсор во вторую точку (11,25; 8,75) и щелкнуть **ЛК**. Перевести курсор в третью точку (20; 8,75) и щелкнуть **ЛК**. Затем в четвертую точку (20; 18,75) и **ЛК**, далее в пятую точку с координатами (12,5; 18,75) и **ЛК**. И снова перевести курсор в первую точку (11,25; 17,5) и щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК** (Рис. 5.11)

● В строке параметров снова открыть список слоев и назначить текущим слой **Top**.

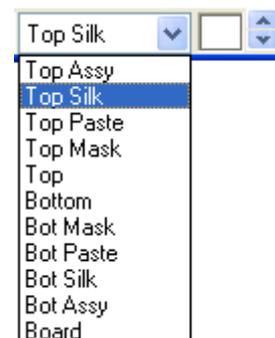


Рис. 5.10 – Выбор текущего слоя в строке параметров

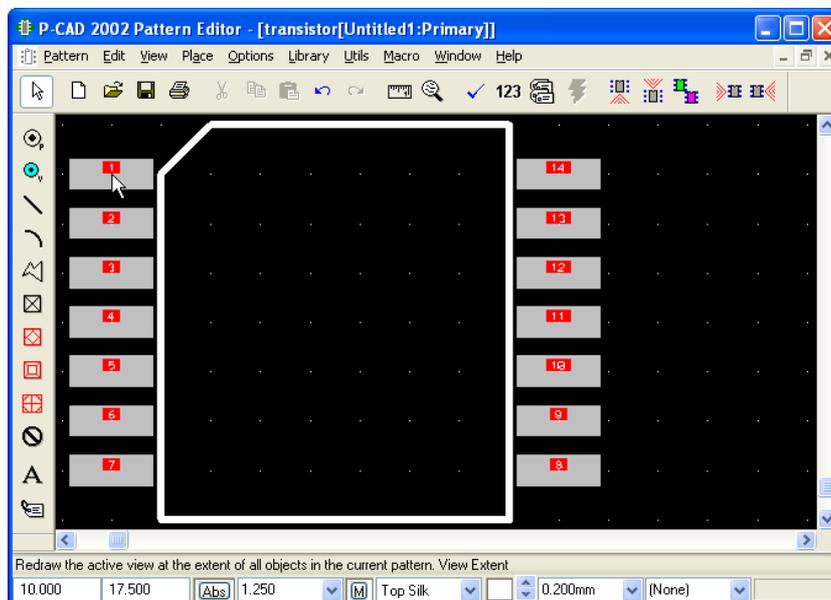


Рис. 5.11 - Формирование контура микросхемы

Перенумерация контактов.

- Для этого выполнить команды **Utils/Renumber** (или пиктограмма ). В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В этом окне установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать кнопку **OK**. После этого поочередно щелкнуть клавишей **ЛК** в центре каждой **КП**. Щелкнуть **ПК**.

- Снова выполнить команды **Utils/Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. После этого поочередно щелкнуть клавишей **ЛК** в центре каждой **КП**. Щелкнуть **ПК**.

Ввести точку привязки элемента.

- По команде **Place Ref Point** (пиктограмма ) переместить курсор в точку с координатами (10; 17,5) и щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК**.

Задать стиль шрифта.

- Для этого выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести новый стиль **Arial3_5Italic**. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** (Рис. 5.12) поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку **OK**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **3,5** мм. Нажать кнопку **OK**. Щелкнуть два раза по имени стиля (**Arial3_5Italic**).

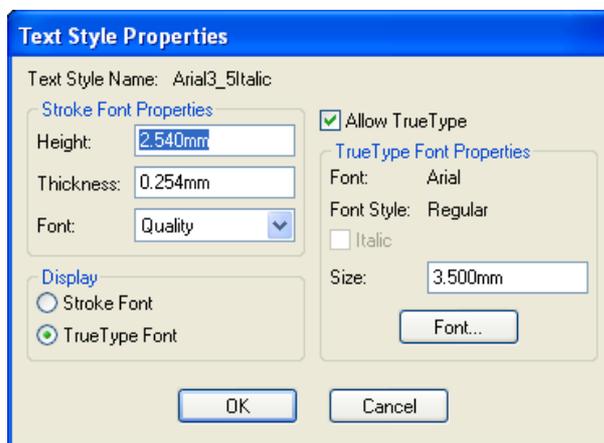


Рис. 5.12 - Свойства стиля шрифта

Ввести атрибуты элемента.

- В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента.

- Выполнить команду **Place Attribute** (пиктограмма ). Откроется диалоговое окно **Place Attribute** (Признак). В нем в области **Attribute Category** (Категория признака) назначить **Component** (Компонент). В области **Name** (Имя) выбрать **RefDes** (Позиционное обозначение).

- В открывающемся списке **Text Style** установить **Arial3_5Italic**. Выравнивание текста **Justification** задать по вертикали - низ, а по горизонтали - центр. Нажать кнопку **OK**.

Установить курсор в точку с координатами (15; 18,75) и щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК**. Вновь щелкнуть **ЛК**, в результате вновь появится диалоговое окно **Place Attribute**. Выбрать в нем в области **Attribute Category** назначение **Component**. В области **Name** - **Type**. В открывающемся списке **Text Style** задать стиль **Arial3_5Italic**.

- Выравнивание текста **Justification** задать по вертикали и по горизонтали - центр. Нажать **OK**. Установить курсор в точку с координатами (15; 13,75), нажать и удерживать **ЛК**. Нажать клавишу буквы **R** для разворота атрибута на 90°.

- Щелкнуть **ПК**.

Проверьте правильность разработанного ПМ.

- Для проверки правильности разработанного ПМ выполните команду **Utils / Validate** (или нажмите на пиктограмму **Validate Pattern** ).

- Если ошибок не будет найдено, то появится соответствующее информационное окно (Рис. 5.13). В противном случае следует исправить ошибки, о которых будет выведено информационное сообщения.



Рис. 5.13 - Результат проверки - ошибок нет

- Окончательный результат построения ПМ микросхемы показан на *рис. 5.14*.

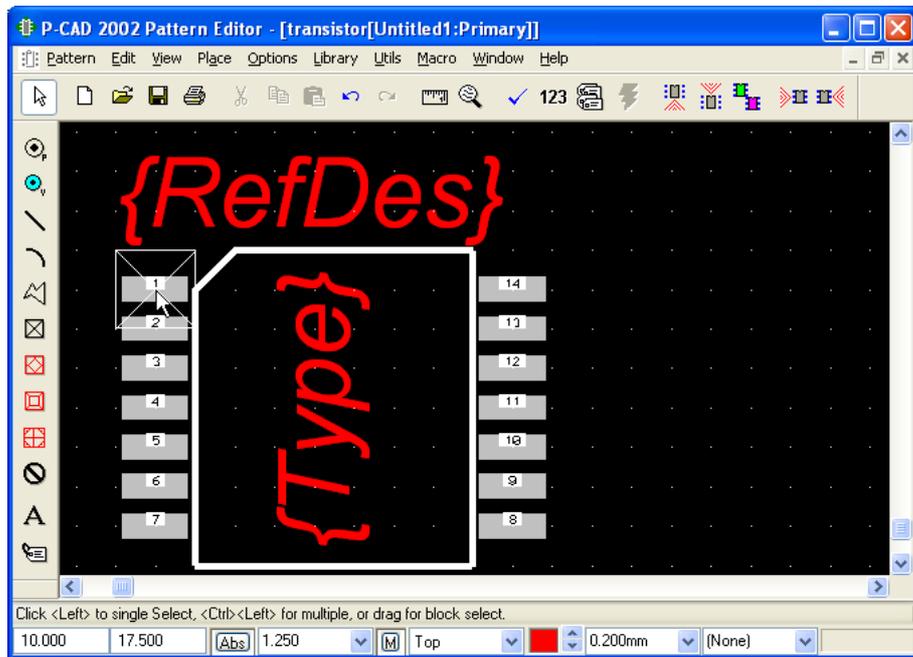


Рис. 5.14 – Окончательный вид ПМ микросхемы 133ЛА6

Сохранить посадочное место в библиотеку.

- Для этого выполнить команды **Pattern/Save As**. В результате откроется диалоговое окно **Pattern Save As**. Здесь щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. Выключить метку занесения информации в библиотеку как отдельного элемента (**Create Component**). В поле **Pattern** набрать имя элемента **401.14** (Рис. 5.15) и нажать кнопку **OK**.

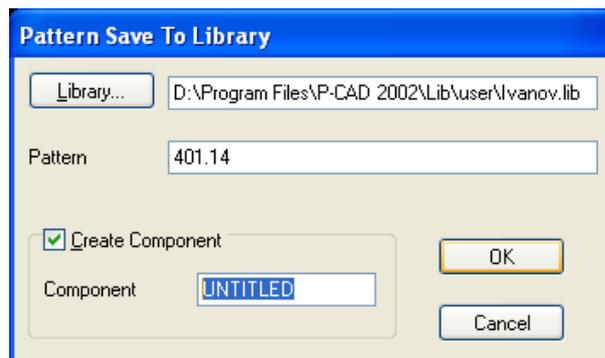


Рис. 5.15 - Сохранение посадочного места в библиотеке

5.5 Создание посадочного места для микросхемы K511ПУ2 со штыревыми выводами

Для создания ПМ микросхемы **K511ПУ2** (корпус типа 201.14-8 DIP-14) со штыревыми выводами (Рис. 5.16) по варианту установки 330 (Рис. 5.17) в соответствии с ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 после загрузки и настройки конфигурации редактора **Pattern Editor** необходимо выполнить следующие операции.

Установка параметров стиля прямоугольной ключевой монтажной площадки.

● Выполнить команды **Options/Pad Style**. В одноименном окне в списке **Current Style** обычно имеется лишь один стиль **Default** (По умолчанию) (Рис. 5.8, а).

● Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** (Рис. 5.8, б) в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **E-type1** и нажать кнопку **OK**.

● В диалоговом окне **Copy Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **E-type1** и нажать кнопку **Modify (Complex)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers (Слой)** выбрать слой **Top** (Верхний) и установить для него прямоугольную форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition (Описание контактной площадки)** в открывающемся списке **Shape (Форма)** выбрать значение **Rectangle (Прямоугольник)**, установить размеры, равные по высоте (**Height**) 1,4 мм и по ширине (**Width**) 1,4 мм, и нажать кнопку **Modify (модифицировать)**.

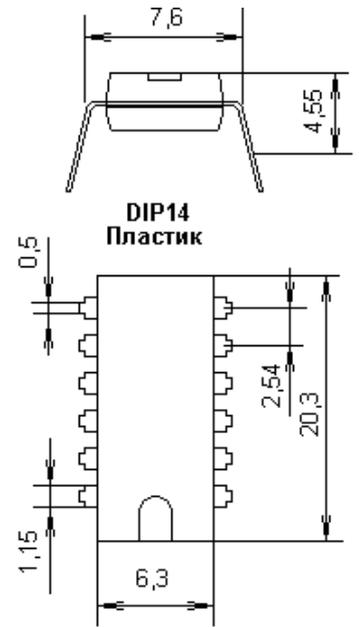


Рис. 5.16 - Размеры микросхемы К511ПУ2

330

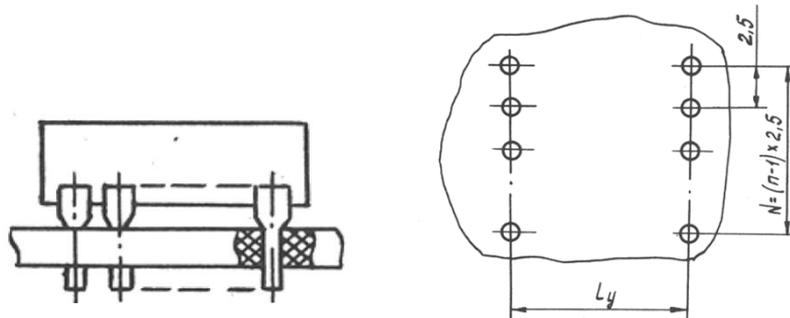


Рис. 5.17 - Вариант установки 330 по ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 для микросхемы К511ПУ2 (корпус типа 201.14-8)

● Установить параметры сверления контакта. В области **Hole** задать диаметр сверления (**Diameter**), равный 0,8 мм.

● Результат установки параметров ключевого монтажного отверстия (стиль контактной площадки **E-type1**) на слое **Top** представлен на Рис. 5.18.

● В списке **Layers** выбрать нижний слой (**Bottom**) и установить для него такие же установки, как и для верхнего слоя, и нажать кнопку **Modify**. Аналогично выполнить настройку контактной площадки и для сигнального слоя (**Signal**). Нажать кнопку **OK**.

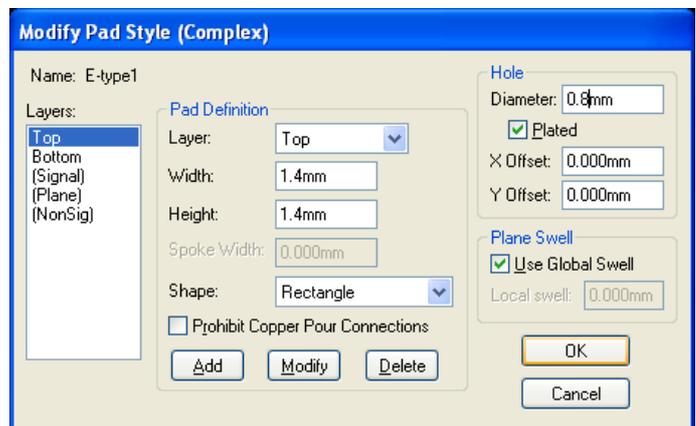


Рис. 5.18 - Установка стиля **E-type1** для прямоугольной ключевой монтажной площадки (слой **Top**)

- В диалоговом окне **Options Pad Style** настроить стиль **E-type1** по умолчанию (рабочим стилем). Для этого нужно дважды щелкнуть ЛК по имени стиля **E-type1** в списке

Установка параметров стиля для круглых монтажных площадок.

Выполнить команды **Options / Pad Style**. В одноименном окне в списке **Current Style** обычно имеется лишь один стиль **Default** (Рис. 5.8, а)

- Для формирования следующего стиля необходимо нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** (Рис. 5.8, б) в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **E-type2** и нажать кнопку **OK**.

- В диалоговом окне **Copy Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **E-type2** и нажать кнопку **Modify (Complex)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers** выбрать слой **Top** и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse** (Эллипс), установить размеры, равные по высоте (**Height**) 1,4 мм и по ширине (**Width**) 1,4 мм, и нажать кнопку **Modify** (Модифицировать).

- Установить параметры сверления контакта. В области **Hole** задать диаметр сверления (**Diameter**), равный 0,8 мм. Результат представлен на Рис. 5.19.

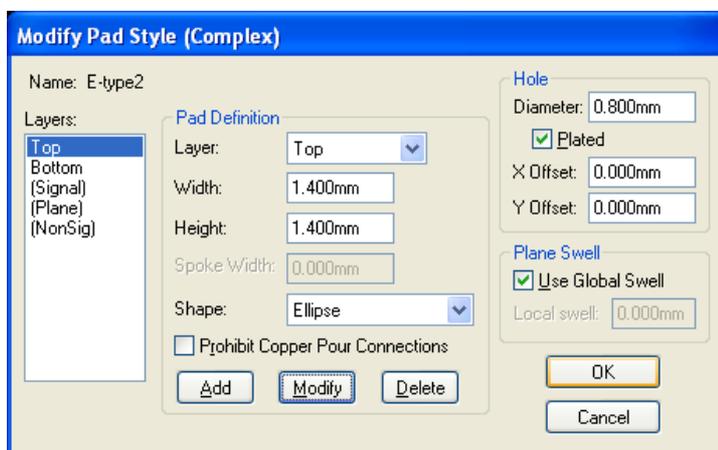


Рис. 5.19 - Установка параметров стиля **E-type2** для круглых монтажных площадок (слой **Top**)

- В списке **Layers** выбрать нижний слой (**Bottom**) и установить для него такие же установки, как и для верхнего слоя, и нажать кнопку **Modify**. Аналогично выполнить настройку контактной площадки и для сигнального слоя (**Signal**). Нажать **OK**.

Установка контактных площадок посадочного места микросхемы.

- Для этого выполнить команду **Place Pad** (пиктограмма ). Сначала следует установить первую контактную площадку квадратной формы. Для этого установить курсор в точку с координатами **(10; 25)** и щелкнуть ЛК. В результате появится первая контактная площадка квадратной формы (ключевая).

- Затем необходимо установить остальные тринадцать КП, но уже круглой формы. Выполнить команды **Options/Pad Style**. В диалоговом окне **Options Pad Style** настроить стиль **E-type2** по умолчанию (рабочий стиль). Для этого нужно дважды щелкнуть ЛК по имени стиля **E-type2** в списке.

- Поставить курсор в точку с координатами (10; 22,5) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (10; 20) и щелкнуть ЛК. И так далее в точках с координатами: (10; 17,5), (10; 15), (10; 12,5), (10; 10), (17,5; 10), (17,5; 12,5), (17,5; 15), (17,5; 17,5), (17,5; 20), (17,5; 22,5) и (17,5; 25). В завершение щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- Результат установки контактных площадок посадочного места микросхемы представлен на Рис. 5.20.

В строке параметров открыть список слоев и назначить текущим слой *Top Silk* (Рис. 5.21).

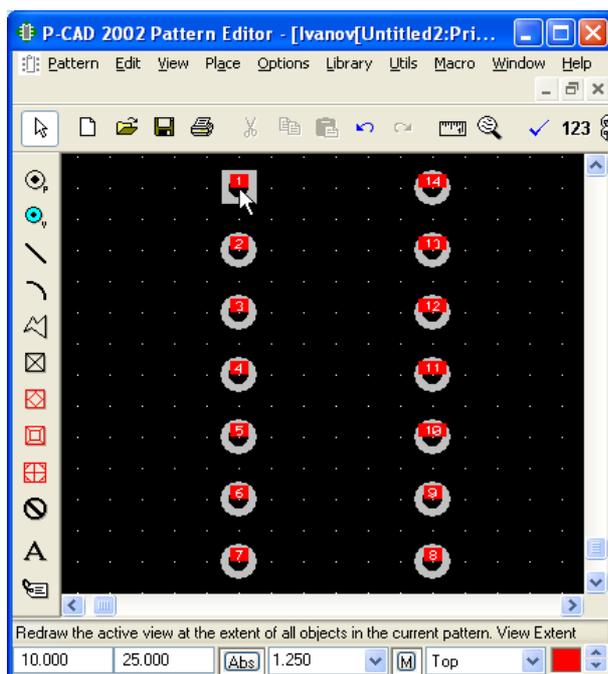


Рис. 5.20 - Установка контактных площадок ПМ микросхемы

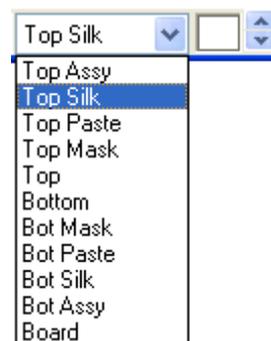


Рис. 5.21 – Выбор текущего слоя в строке параметров

Начертить контур микросхемы.

- Выполнить команду *Place Line* (пиктограмма )

- Установить курсор в первую точку с координатами (11,25; 26,25) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор во вторую точку (11,25; 8,75) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в 3-ю точку (16,25; 8,75) и щелкнуть ЛК. Затем в 4-ю точку (16,25; 26,25) и ЛК. Далее перевести курсор в первую точку (11,25; 16,25) и щелкнуть ЛК. Далее в точку с координатами (13,75; 23,75) и

- ЛК. Снова перевести курсор в 4-ю точку (16,25; 26,25) и щелкнуть ЛК, а затем ПК (Рис. 5.22).

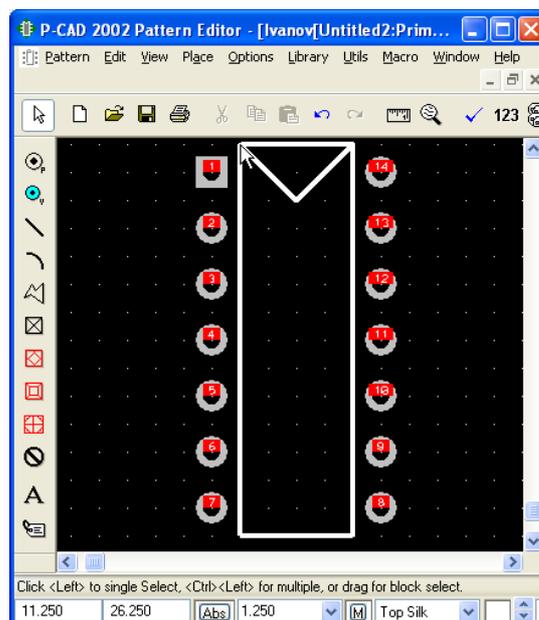


Рис. 5.22 – Формирование контура корпуса микросхемы

- В строке параметров открыть список слоев и назначить текущим слой **Top**. Выполнить команды **Edit / Select**.

Перенумеровать контакты.

- Для перенумерации контактов выполнить команды **Utils / Renumber** (или нажать на пиктограмму ). В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В этом окне установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать **OK**.

- После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой КП. Щелкнуть **ПК**.

- Снова вызвать команду **Utils / Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой КП. Щелкнуть **ПК**.

Ввести точку привязки элемента.

- По команде **Place Ref Point** (пиктограмма ) переместить курсор в точку с координатами (10; 25) и щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК**.

Задать стиль шрифта.

- Для этого выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести новый стиль **Arial3_5Italic**. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** (Рис. 5.23) поставить флажок возле **Allow TrueType**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку **OK**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **3,5** мм. Нажать кнопку **OK**. Щелкнуть два раза по имени стиля (**Arial3_5Italic**).

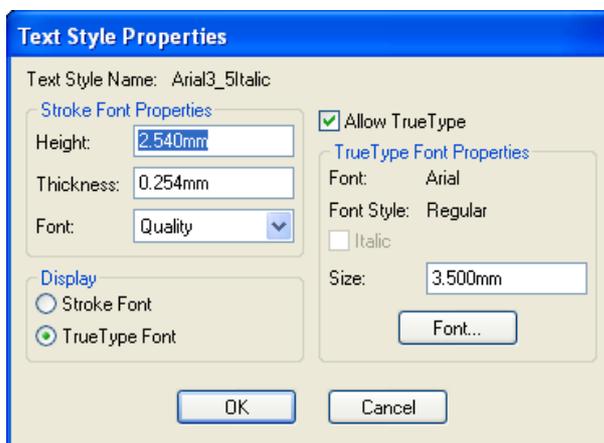


Рис. 5.23 - Свойства стиля шрифта

Ввод атрибутов элемента.

- В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента.

- Для этого выполнить команду **Place Attribute** (пиктограмма ). Откроется диалоговое окно **Place Attribute**. В нем в области **Attribute Category** назначить **Component**. В области **Name** выбрать **RefDes**.

- В открывающемся списке **Text Style** установить **Arial3_5Italic**. Выравнивание текста **Justification** задать по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку **OK**.

- Установить курсор в точку с координатами (13,75; 27,5) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

- Вновь щелкнуть **ЛК**, в результате вновь появится диалоговое окно **Place Attribute**. Выбрать в нем в области **Attribute Category** назначение **Component**. В области **Name** — **Type**. В открывающемся списке **Text Style** задать стиль **Arial3_5Italic**. Выравнивание текста **Justification** задать по вертикали и по горизонтали — центр. Нажать кнопку **OK**.

- Установить курсор в точку с координатами (13,75; 17,5), нажать и удерживать **ЛК**. Нажать клавишу буквы **R** для разворота атрибута на 90°.

- Проверьте правильность разработанного ПМ (пиктограмма **Validate Pattern** ).

- Результат формирования ПМ микросхемы **K511ПУ2** показан на Рис. 5.24.

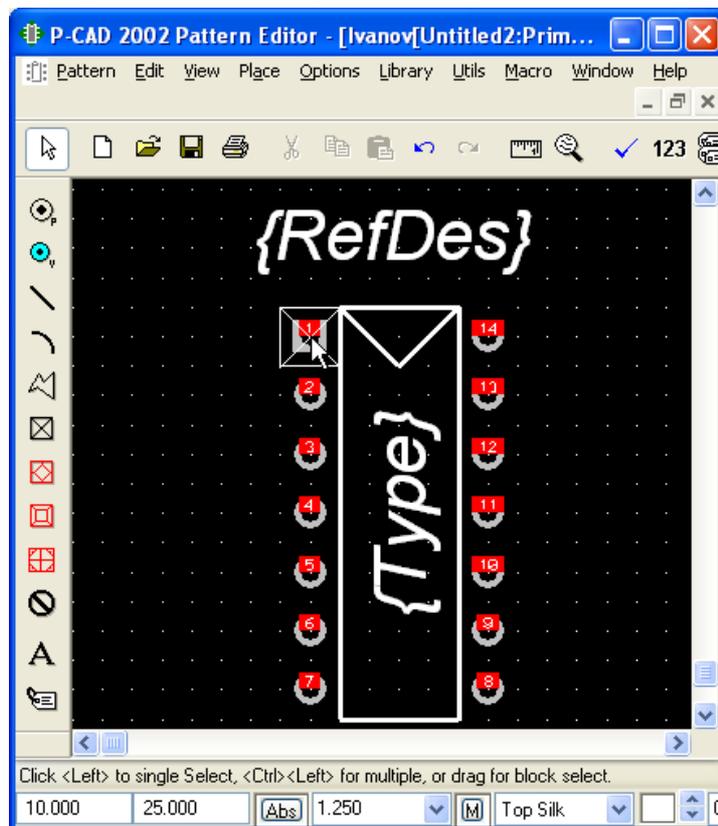


Рис. 5.24 - Окончательный вид ПМ микросхемы **K511ПУ2**

Сохранить посадочное место в библиотеку.

- Для этого выполнить команды **Pattern/Save As**. В результате откроется диалоговое окно **Pattern Save As**. Здесь щелкнуть по кнопке **Library** и в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. Выключить метку занесения информации в библиотеку как отдельного

элемента (**Create Component**). В поле **Pattern** набрать имя элемента **DIP-14** (Рис. 5.25) и нажать **OK**.

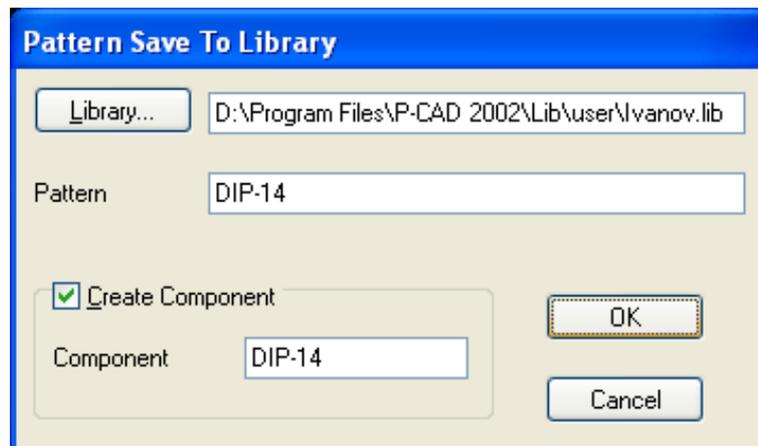


Рис. 5.25 - Сохранение посадочного места в библиотеке

5.6 Создание посадочного места транзистора КТ3102Г

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 5.3 настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места транзистора **КТ3102Г** (Рис. 5.26).

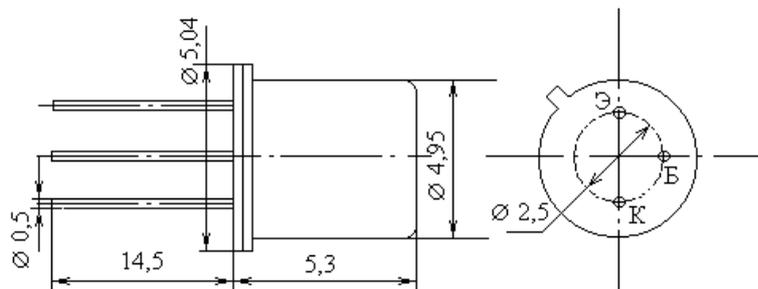


Рис. 5.26 - Размеры транзистора КТ3102Г

Выбираем в соответствии с ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 вариант 250 установки и формовки выводов (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

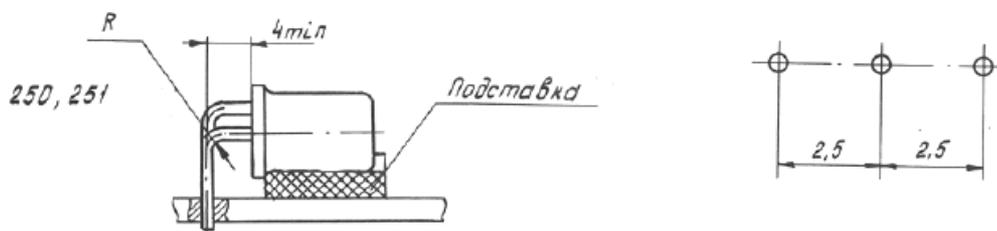


Рис. 5.27 – Вариант 250 установки транзистора КТ3102Г по ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92

Определение параметров монтажного отверстия.

● Для второго класса точности ПП минимально применимый диаметр металлизированного монтажного отверстия под вывод транзистора $d_{\text{выв}} = 0.5$ мм определяется по формуле 4.2:

$$d_{пер} = J \cdot H + |\Delta d| = 0.40 \cdot 1.5 + 0.05 = 0.65 \text{ мм},$$

где $J = 0.04$ - относительная толщина ПП (см. табл. 4.2); $H = 1.5$ мм - толщина основания ПП из фольгированного стеклотекстолита СФ-2-1.5 (см. Рис. 4.3 и Рис. 4.4); $\Delta d = 0.05$ мм - максимальное предельное отклонение диаметра рассчитываемого отверстия (см. табл. 4.3).

- Учитывая, что $d_{выв} < d_{пер}$, диаметр монтажного отверстия определим по (4.4):

$$d_{монт} = J \cdot H + |\Delta d| + r = d_{пер} + r = 0.65 + 0.1 = 0.75 \text{ мм}.$$

$r = 0.1$ - гарантированный зазор между диаметром монтажного отверстия и выводом РЭ.

- С учетом округления до номинальных размеров выбираем $d_{монт} = 0.8$ мм.

Определение параметров контактной площадки.

Для круглой формы монтажной площадки минимальный эффективный диаметр контактной площадки $D_{эфф}$ рассчитываем по формуле 4.7:

$$D_{эфф} = 2 \cdot (b + d_{imax}/2 + T_d + T_D) = 2 \cdot (0.2 + 0.8 / 2 + 0.15 + 0.25) = 1.0 \text{ мм},$$

где $b = 0.2$ - ширина гарантийного пояса (рис. 4.5) выбрана по табл. 4.2 для второго класса точности; d_{imax} - максимальный диаметр монтажного или переходного отверстия с учетом допуска; $T_d = 0.15$ и $T_D = 0.25$ - позиционные допуски расположения осей отверстий и контактных площадок по ГОСТ 23751-86 (табл. 4.5 - 4.6) соответственно.

Для комбинированного позитивного метода минимальный диаметр контактной площадки $D_{мин}$ рассчитываем по формуле 4.9:

$$D_{мин} = D_{эфф} + 1.5 \cdot H_{пр} + 0.03 = 1.0 + 1.5 \cdot (0.05 + 0.02) + 0.03 = 1.135 \text{ мм}$$

где $H_{пр} = 0.05 + 0.02$ - толщина фольги плюс толщина осажденной меди.

Так как для второго класса точности ПП площадь контактной площадки должна быть не менее 2.5 мм^2 , выбираем размер контактной площадки 1.8 мм , при котором ее площадь $S \approx 2.54 \text{ мм}^2$.

Установка параметров стиля квадратной контактной площадки для вывода эмиттера транзистора.

Чтобы выделить вывод эмиттера транзистора, сделаем для него (в отличие от других выводов) контактную площадку квадратной формы.

Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеется лишь один стиль **Default** (по умолчанию). Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Kp_r18h08** и нажать кнопку **OK** (Рис. 5.28).

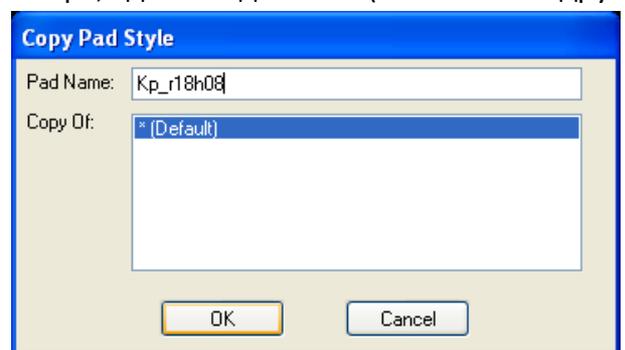


Рис. 5.28 - Открытие нового стиля **Kp_r18h08**

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **Kp_r18h08** и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (Тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него прямоугольную форму площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Rectangle**. Установить размеры контактной площадки-квадрата **Height** (Высота) и **Width** (Ширина) равными **1,8** мм, а диаметр сверла задать в поле **Hole** равным **0,8** мм (Рис. 5.29).

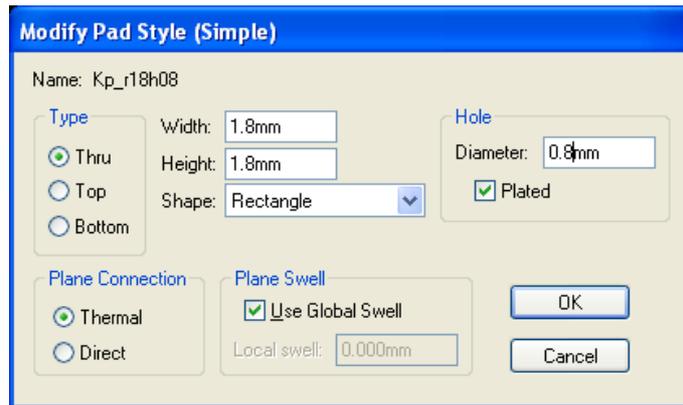


Рис. 5.29 - Формирование свойств нового стиля **Kp_r18h08** квадратной контактной площадки 1.8×1.8 мм с диаметром отверстия 0.8 мм

Установка параметров стиля круглой контактной площадки для выводов база и коллектор транзистора.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** (см. Рис. 5.28) в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Kp_s18h08** и нажать кнопку **OK**.

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **Kp_s18h08** и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (Тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры круглой контактной площадки **Height** (Высота) и **Width** (Ширина) равными **1,8** мм, а диаметр сверла задать в поле **Hole** равным **0,8** мм (Рис. 5.30).

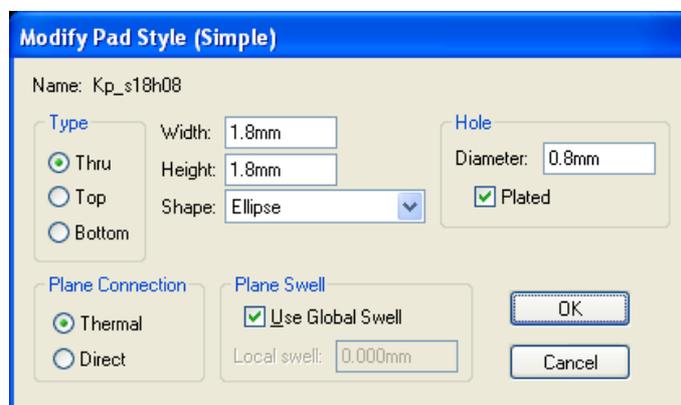


Рис. 5.30 - Формирование свойств нового стиля **Kp_s18h08** круглой контактной площадки с диаметром 1.8 мм и диаметром отверстия 0.8 мм

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** двойным щелчком ЛК выбрать стиль **Kp_r18h08** (Рис. 5.31) в качестве текущего.

Установка контактных площадок посадочного места транзистора.

- Для этого выполнить команду **Place Pad** (пиктограмма ). В появившемся окне **Place Pad** поставить **1** в поле **Starting Pad Number** и **1** в поле **Increment Pad Number** (Рис. 5.32).

- Поставить курсор в точку (**5; 10**) и щелкнуть ЛК.

- Выполнить команды **Options/Pad Style** и в открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** двойным щелчком ЛК в качестве текущего выбрать стиль **Kp_s18h08** (круглой площадки).

- Перевести курсор в точку (**7,5; 10**) и щелкнуть ЛК, наконец, установить курсор в точку (**10; 10**), щелкнуть ЛК, затем ПК.

- Вид ПМ транзистора с контактными площадками под выводы транзистора представлен на Рис. 5.33.

Перенумеровать контакты.

- Для перенумерации контактов выполнить команды **Utils/Renumber** (или нажать на пиктограмму ). В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**.

- В этом окне установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице (Рис. 5.34, а). Нажать кнопку **OK**. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

- Снова вызвать команду **Utils / Renumber**.

В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равны ми единице (Рис. 5.34, б). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

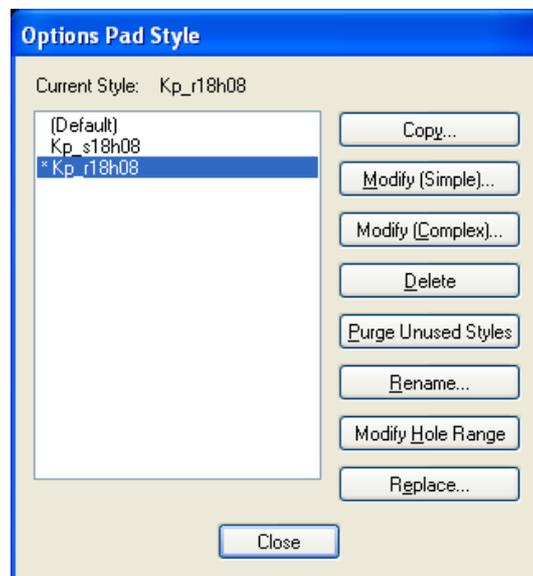


Рис. 5.31 – Выбор в качестве текущего стиля **Kp_r18ph08**

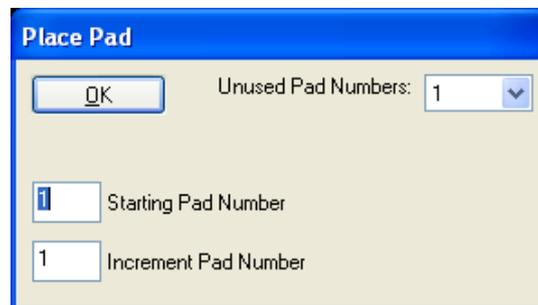


Рис. 5.32 - Окно **Place Pad** (Размещение площадок)

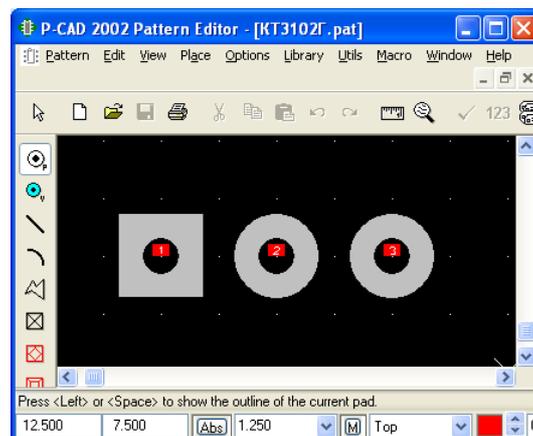


Рис. 5.33 - Установка контактных площадок посадочного места транзистора КТ31012Г

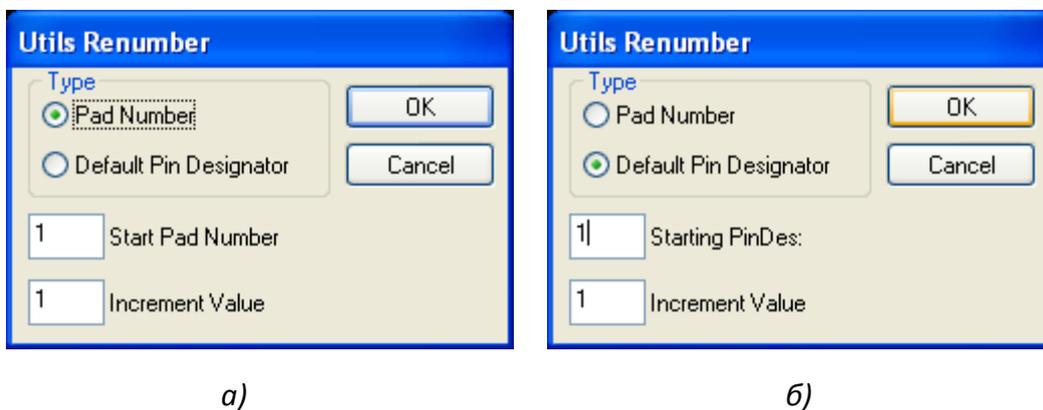


Рис. 5.34 - Перенумерация контактов ПМ транзистора КТ31012Г

Нарисовать контур корпуса транзистора.

- Для этого выбрать текущим слой *Top Silk*.
- Шаг сетки задать 0,5 мм.
- Выполнить команду *Place Line*. Поставить курсор в 1-ю точку (5; 12,5) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор во 2-ю точку (10; 12,5), щелкнуть ЛК. Установить курсор в 3-ю точку (10; 13), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 4-ю точку (5; 13) и щелкнуть ЛК. Наконец, вновь переместить курсор в 1-ю точку (5; 12,5) щелкнуть ЛК, а затем ПК.
- Шаг сетки задать 0,1 мм.
- Выполнить команду *Place Line*. Поставить курсор в точку (5,1; 13) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (5,1; 17,8), щелкнуть ЛК. Установить курсор в точку (9,9; 17,8), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (9,9; 13) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.
- Нарисуем выводы. Шаг сетки задать 1,25 мм.
- Поставить курсор в точку (5,1; 13) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (5,1; 17,8), щелкнуть ЛК. Установить курсор в точку (9,9; 17,8), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (9,9; 13) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.
- Шаг сетки задать 1,25 мм.
- Нарисуем вывод эмиттера. Выполнить команду *Place Line*. Поставить курсор в точку (5; 10) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (6,25; 11,25), щелкнуть ЛК. Установить курсор в точку (6,25; 12,5), щелкнуть ЛК, а затем ПК.
- Нарисуем вывод базы. Выполнить команду *Place Line*. Поставить курсор в точку (7,5; 10) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (7,5; 12,5), щелкнуть ЛК, а затем ПК.
- Нарисуем вывод коллектора. Выполнить команду *Place Line*. Поставить курсор в точку (10; 10) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (8,75; 11,25), щелкнуть ЛК. Установить курсор в точку (8,75; 12,5), щелкнуть ЛК, а затем ПК.
- Результат построения изображен на Рис. 5.35.

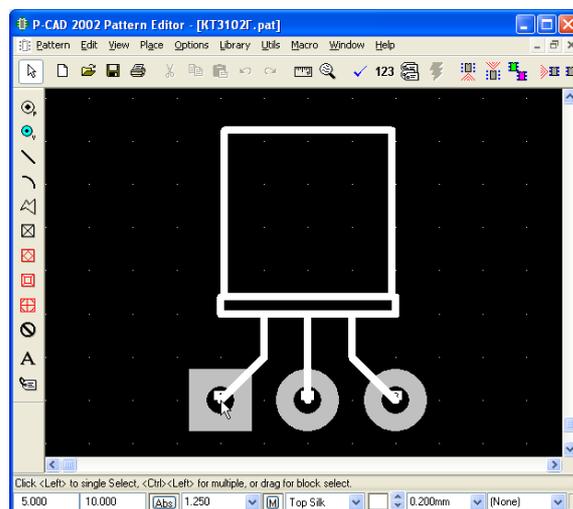


Рис. 5.35 - Изображение контура корпуса транзистора.

Установить точку привязки элемента.

- Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (5; 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

Вести обозначения выводов транзистора.

- Шаг сетки задать 1,25 мм, текущий слой **Top Silk**.
- Выполнить команду **Place / Text** (или нажать пиктограмму ).
- Установить курсор в точку с координатами (6,25; 13,75) и щелкнуть ЛК.
- В появившемся диалоговом окне **Place Text** нажать кнопку **More**, чтобы определить свойства стиля текста (Рис. 5.36).

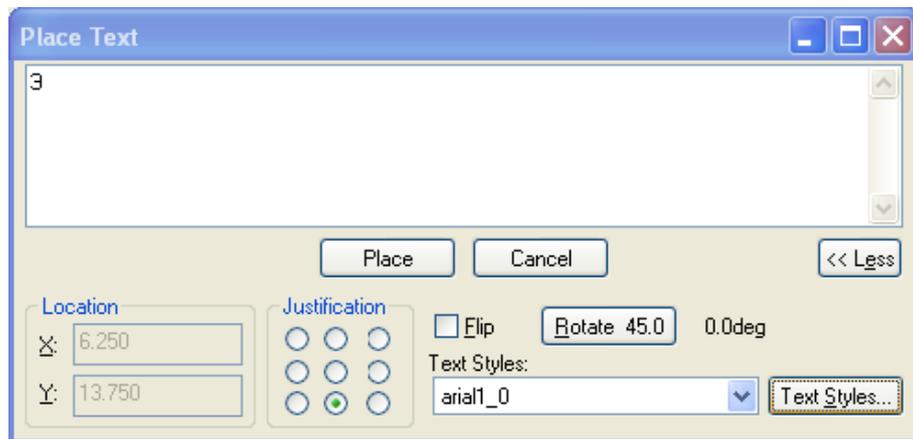


Рис. 5.36 - Диалоговое окно "**Place Text**" - "Размещение текста"

- Нажать кнопку **Text Styles**. В появившемся диалоговом окне **Options Text Style** нажать кнопку **Add** и ввести новый стиль **Arial1_0** для обозначения выводов РЭ на ПП. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Обычный». Нажать кнопку **OK**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **1,0** мм. Нажать кнопку **OK**.

- Щелкнуть два раза по имени стиля **Arial1_0** в списке **Current Text Style**, диалогового окна **Options Text Style**, чтобы сделать его стилем по умолчанию.

- Во вновь появившемся диалоговом окне **Place Text** установить способ выравнивания текста **Justification** по центру по горизонтали и низ по вертикали.

- Напечатать букву **Э** и нажать ЛК клавишу **Place** (Разместить) (см. Рис. 5.36).
- Переместить курсор в точку с координатами (7,5; 13,75) и щелкнуть ЛК.
- В появившемся диалоговом окне **Place Text** установить способ выравнивания текста **Justification** по центру по горизонтали и низ по вертикали.
- Напечатать букву **Б** и нажать ЛК клавишу **Place**.
- Передвинуть курсор в точку с координатами (8,75; 13,75) и щелкнуть ЛК.
- В диалоговом окне **Place Text** установить способ выравнивания текста **Justification** по центру по горизонтали и низ по вертикали.
- Напечатать букву **К** и нажать ЛК клавишу **Place**.

Создать новый стиль шрифтов атрибутов.

● Для этого выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести имя нового стиля **Arial3_5Italic**. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку **OK**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **3,5** мм. Нажать кнопку **OK**.

Ввести атрибуты элемента.

В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента.

● Задать шаг сетки **0,5** мм.
 ● Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** — **RefDes**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать по центру по горизонтали и низ по вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с координатами **(7,5; 18,5)** и щелкнуть **ЛК**.

● Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**. В области **Name** выбрать **Type**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать по центру по горизонтали и верх по вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку **(7,5; 8,5)**, щелкнуть **ЛК**, затем **ПК**.

● Полученное окончательное изображение посадочного места и корпуса транзистора Окончательное изображение посадочного места и корпуса транзистора КТ3102г показано на Рис. 5.37.

Записать в библиотеку посадочное место транзистора КТ3102Г.

● Для этого выполнить команды **File/Save**. В появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. В поле **Pattern** набрать имя элемента «КТ3102Г» и нажать кнопку **OK** (Рис. 5.38).

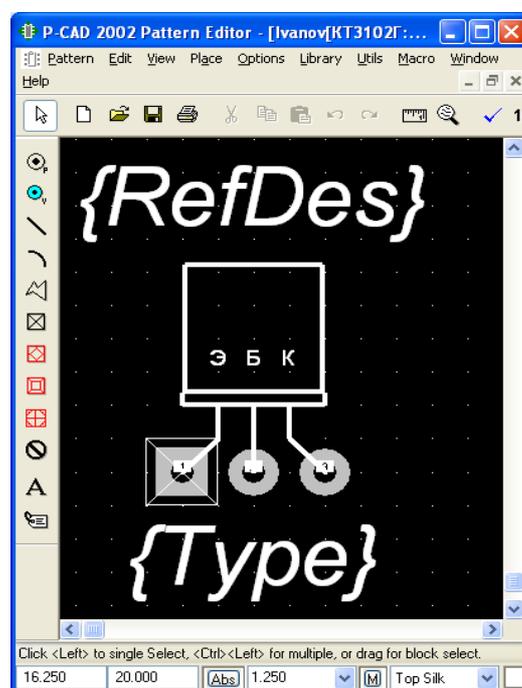


Рис. 5.37 - Окончательное изображение посадочного места и корпуса транзистора КТ3102г

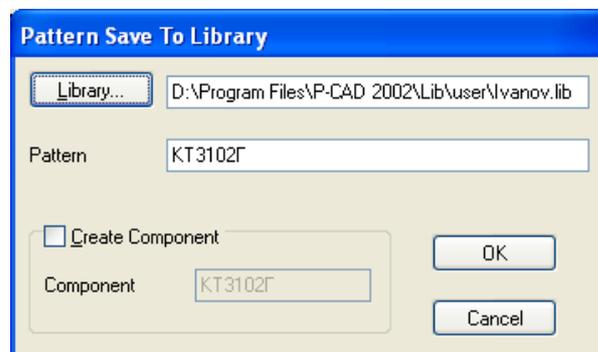


Рис. 5.38 - Запись в библиотеку посадочного места транзистора КТ3102Г

5.7 Создание посадочного места диода КД403А

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. [раздел 5.3](#), настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места диода **КД403А** (Рис. 5.39).

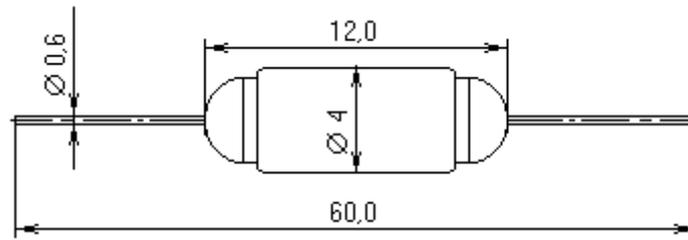


Рис. 5.39 - Размеры диода КД403А

Выбираем в соответствии с ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 вариант 010 установки и формовки выводов (рис. 5.40).

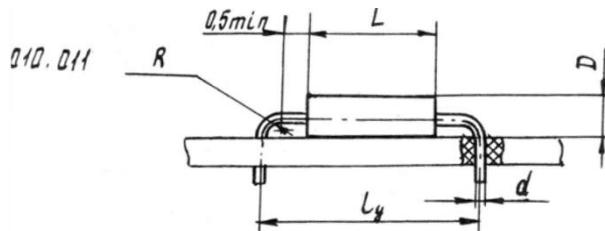


Рис. 5.40 - Вариант установки диода КД4-03А

Установка параметров стиля квадратной контактной площадки для вывода анода диода.

- Чтобы выделить вывод анода диода, сделаем для него контактную площадку квадратной формы.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеется лишь один стиль **Default** (по умолчанию). Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Kp_r18h08** (см. [разд. 5.6](#)) и нажать кнопку **OK** (Рис. 5.41).

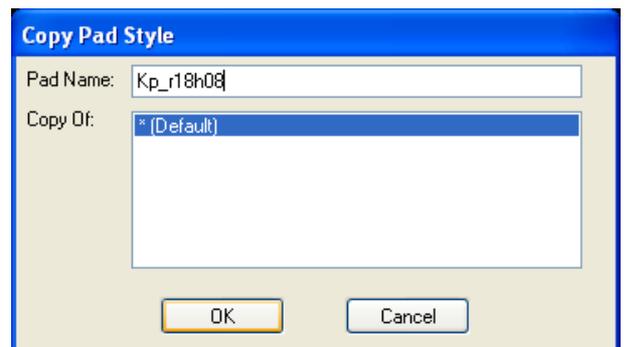


Рис. 5.41 - Открытие нового стиля контактной площадки **Kp_r18h08**

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **Kp_r18h08** и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (Тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него прямоугольную форму площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Rectangle**. Установить размеры контактной площадки-квадрата **Height** (Высота) и **Width** (Ширина) равными **1,8** мм, а диаметр сверла задать в поле **Hole** равным **0,8** мм (Рис. 5.42).

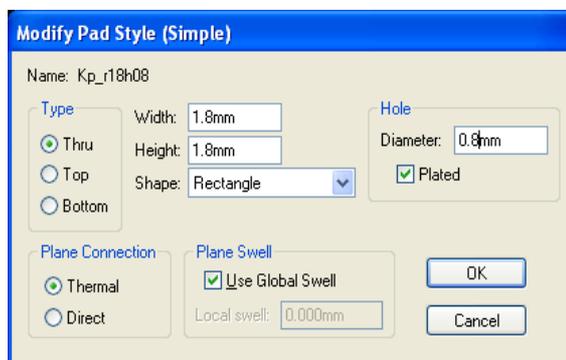


Рис. 5.42 - Формирование свойств стиля **Kp_r18h08** квадратной контактной площадки 1.8×1.8 мм с диаметром отверстия 0.8 мм

Установка параметров стиля круглой контактной площадки для вывода катода диода.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** (см. Рис. 5.41) в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Kp_s18h08** и нажать кнопку **OK**.

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **Kp_s18h08** и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (Тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры круглой контактной площадки **Height** (Высота) и **Width** (Ширина) равными **1,8** мм, а диаметр сверла задать в поле **Hole** равным **0,8** мм (Рис. 5.43).

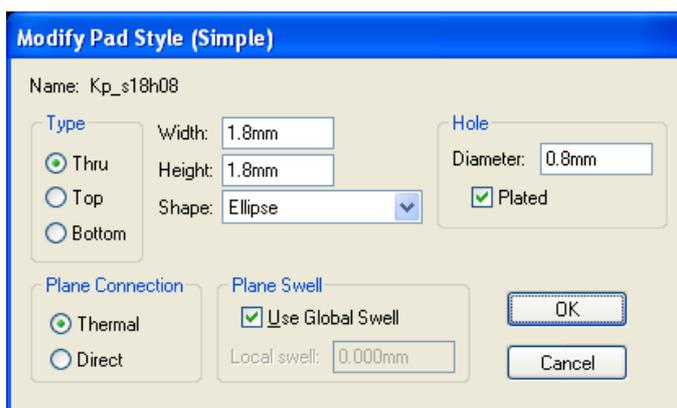


Рис. 5.43 - Формирование свойств стиля **Kp_s18h08** круглой контактной площадки с диаметром 1.8 мм и диаметром отверстия 0.8 мм

Размещение контактных площадок.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** двойным щелчком ЛК выбрать стиль **Kp_r18h08** (Рис. 5.44) в качестве текущего.

- Выполнить команду **Place Pad** (пиктограмма ). В появившемся окне **Place Pad** (Размещение площадок) поставить **1** в поле **Starting Pad Number** и **1** в поле **Increment Pad Number** (Рис. 5.45). Поставить курсор в точку **(5; 10)** и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в

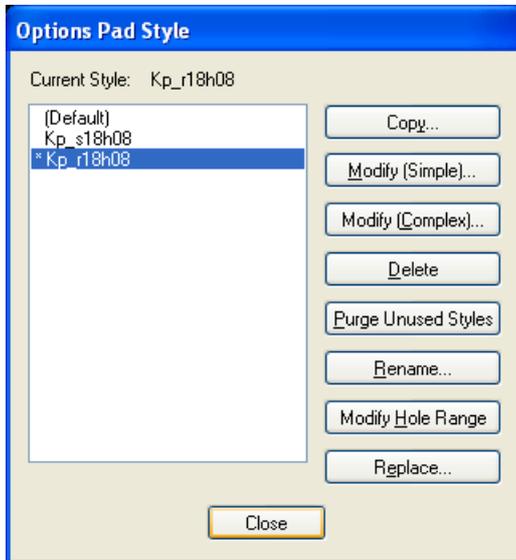


Рис. 5.44 - Выбор стиля Kp_r18h08 в качестве текущего

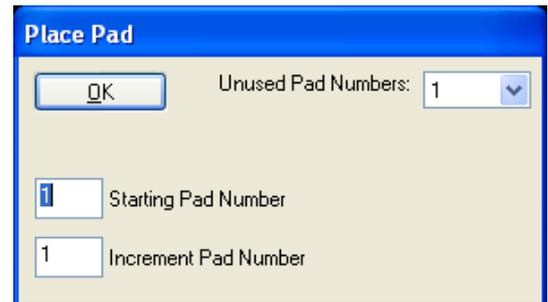


Рис. 5.45 - Окно *Place Pad*

точку (25; 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы диода (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

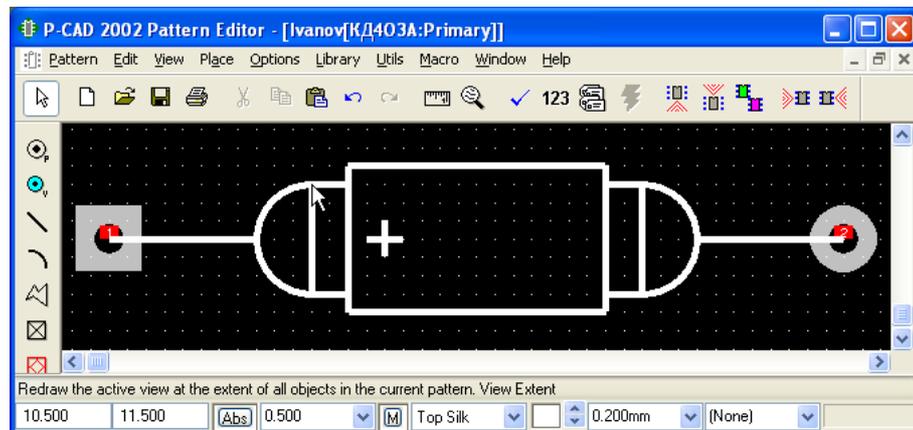


Рис. 5.46 – Изображение контур диода Д403А

Перенумеровать контакты.

- Выполнить команды **Edit/Select**. Для перенумерации контактов выполнить команды **Utils/Renumber Pad** (пиктограмма ). В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В этом окне установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать кнопку **OK** (см. Рис. 5.47, а). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

- Снова вызвать команду **Utils/Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице (см. Рис. 5.47, б). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

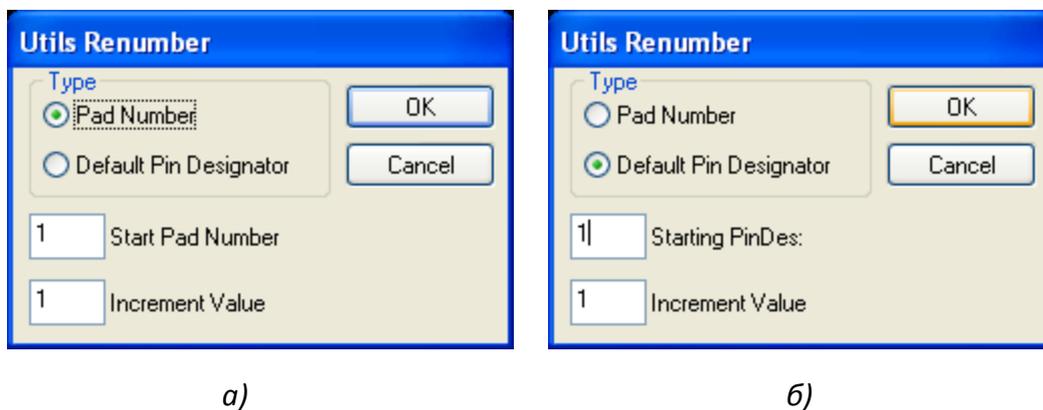


Рис. 5.47 - Перенумерация контактов ПМ диода Д403А

Нарисовать контур диода (см.Рис. 5.46).

- Для этого выбрать текущим слой **Top Silk**.
- Выполнить команду **Place Line** (нарисовать линию) (или нажать ЛК пиктограмму



● Поставить курсор в точку (11,5; 8) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (11,5; 12), щелкнуть ЛК. Поставить курсор в точку (18,5; 12), щелкнуть ЛК. Поставить курсор в точку (18,5; 8) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в исходную точку (11,5; 8) и щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК.

● Поставить курсор в точку (11,5; 8,5) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (10,5; 8,5), щелкнуть ЛК. Поставить курсор в точку (10,5; 11,5), щелкнуть ЛК. Поставить курсор в точку (11,5; 11,5) и щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК.

● Поставить курсор в точку (18,5; 8,5) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (19,5; 8,5), щелкнуть ЛК. Поставить курсор в точку (19,5; 11,5), щелкнуть ЛК. Поставить курсор в точку (18,5; 11,5) и щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК.

● Нарисуем выводы. Поставить курсор в точку (5; 10) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (9; 10), щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК. Поставить курсор в точку (21; 10), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (12,5; 9,5) и щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК.

● Отметим вывод анода диода знаком «+». Поставить курсор в точку (12,5; 10,5), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (25; 10) и щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК. Поставить курсор в точку (12; 10), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (13; 10) и щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК.

- Выполнить команду **Place Arc** (нарисовать дугу) (или нажать ЛК пиктограмму ).

● Поставить курсор в точку (10,5; 11,5) нажать ЛК и, удерживая ее, переместить курсор в точку (10,5; 8,5), отпустить ЛК и щелкнуть ЛК. Установить курсор в точку (19,5; 8,5), нажать ЛК и, удерживая ее, переместить курсор в точку (19,5; 11,5), отпустить ЛК и щелкнуть ЛК.

Установить точку привязки элемента.

● Для этого выполнить команду **Place / Ref Point** (или нажать ЛК пиктограмму ). Поставить курсор в точку (5; 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.

Создать новый стиль шрифтов атрибутов.

- Для этого выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести имя нового стиля **Arial3_5Italic**. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку **OK**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **3,5** мм. Нажать кнопку **OK**.

Ввести атрибуты элемента.

В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента.

- Выполнить команду **Place / Attribute** (или нажать ЛК пиктограмму ).
- В появившемся диалоговом окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** — **RefDes**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать - центр по горизонтали и низ по вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с координатами (15; 12,5) и щелкнуть ЛК.
- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**. В области **Name** выбрать **Type**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать - центр по горизонтали и верх по вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с (15; 7,5), щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на Рис. 5.48.

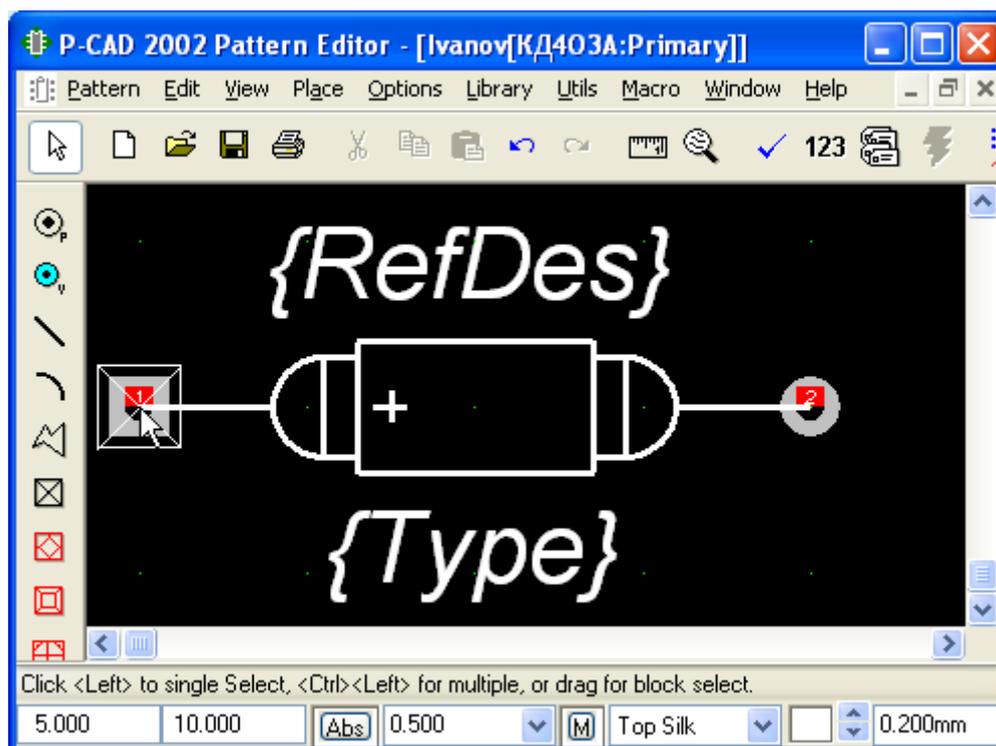


Рис. 5.48 - Окончательное изображение контур диода КД403А

Записать в библиотеку посадочное место диода.

● Для этого выполнить команды **Pattern/Save**. В появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. В поле **Pattern** набрать имя элемента «КД403А» и нажать кнопку **OK** (Рис. 5.49).

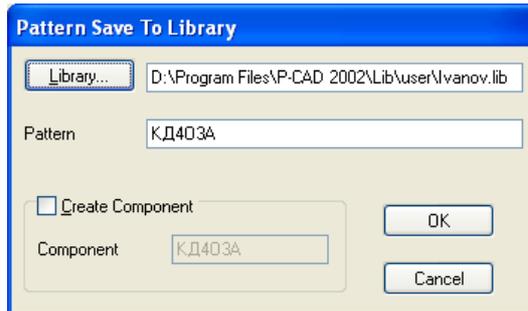


Рис. 5.49 – Сохранение в библиотеке посадочного места диода КД403А

5.8 Разработка посадочного места резистора в режиме Pattern Wizard

В том случае, когда пользователь *P-CAD* имеет библиотеку готовых ПМ РЭ, создавать новые необходимые ПМ бывает удобно путем редактирования уже имеющихся в библиотеке ПМ, сходных по многим или отдельным характеристикам с необходимым. Такое редактирование позволяет выполнять программа **Pattern Editor**.

Для этой цели в ней служит режим **Мастер создания корпусов**, вызываемый из меню **Pattern** по команде **Pattern Wizard**.

В исходной схеме используются постоянные резисторы типа ОМЛТ 0.125 (Рис. 5.50), которые в настоящее время наша промышленность уже не выпускает. Эквивалентной заменой могут быть, например, резисторы типа С1-4 (Рис. 5.51) с углеродным проводящим слоем, предназначенные для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного тока. Их размеры (в зависимости от допустимой рассеиваемой мощности) приведены на Рис. 5.52 и в табл. 5.1.

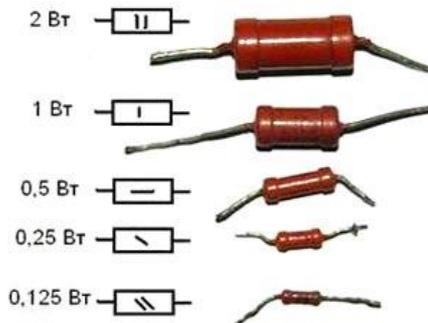


Рис. 5.50 - Резисторы типа ОМЛТ



Рис. 5.51 - Резисторы типа С1-4

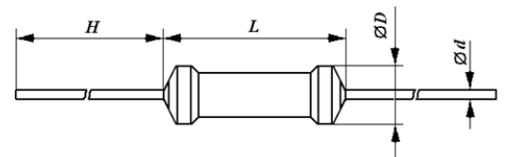


Рис. 5.52 – Размеры резисторов типа С1-4

Таблица 5.1 – Размеры постоянных углеродных резисторов типа С1-4

Тип	Размеры, (мм)				Мах. рабочее напряжение, В
	L	D	H	d	
С1-4-0,62 Вт	3.2	1,5	28	0,48	200
С1-4-0,125 Вт mini	3.2	1,5	28	0,48	250
С1-4-0.125 Вт	6,0	2,3	28	0,60	250

Тип	Размеры, (мм)				Мах. рабочее напряжение, В
	L	D	H	d	
C1-4-0,25 Вт mini	3,2	1,5	28	0,48	250
C1-4-0,25 Вт	6,0	2,3	28	0,60	250
C1-4-0,5 Вт	9,0	3,2	28	0,60	350
C1-4-1 Вт	11,0	4,5	35	0,80	500
C1-4-2 Вт	15,0	5,0	35	0,80	500

Порядок создания ПМ резистора C1-4-0.125 заключается в следующем.

Определяем вариант установки резистора

- Выбираем в соответствии с ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 вариант 010 установки и формовки выводов (см. Рис. 5.40).

Запустить программу *Pattern Editor*.

Запустить программу *Pattern Wizard* (Мастер создания корпусов)

- Выполнить команды ***Pattern/Pattern Wizard*** (или нажать пиктограмму ). Откроется диалоговое окно, на котором слева приведены задаваемые параметры, а справа соответствующий им чертеж. В данном случае изображен один из возможных вариантов ПМ микросхемы QUAD10×11 с 42 выводами на всех четырех сторонах (Рис. 5.53).

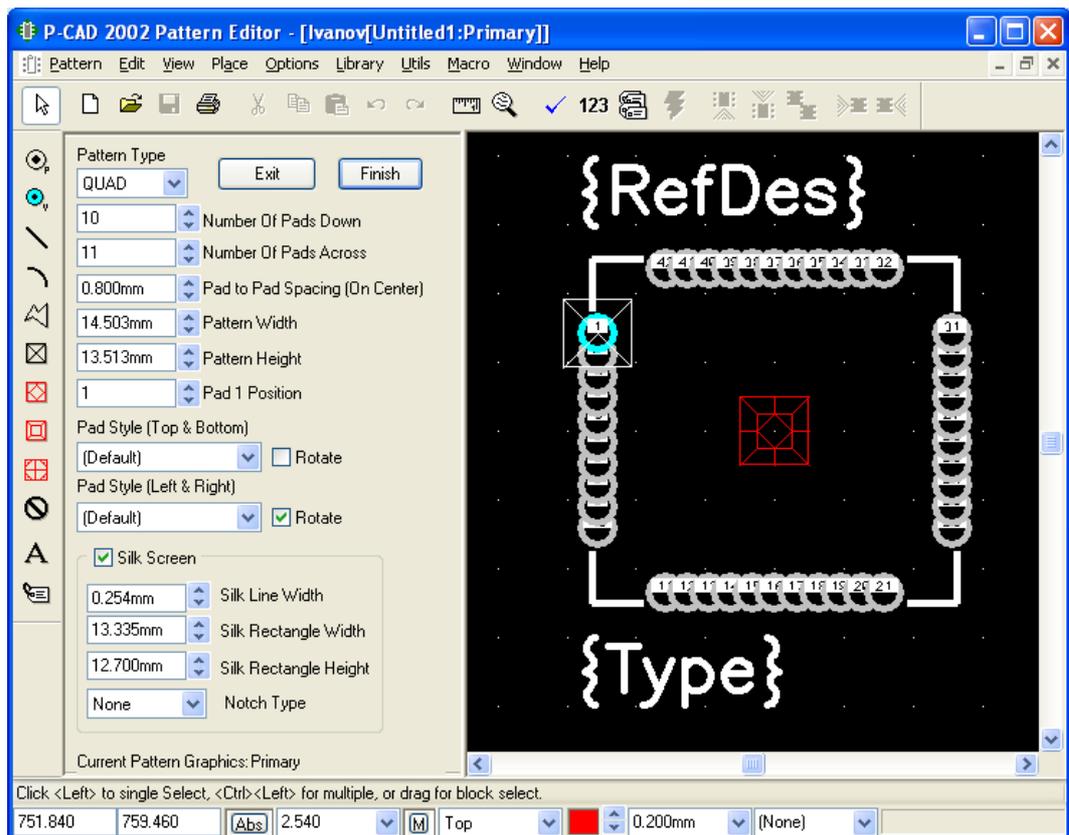


Рис. 5.53 - Вариант ПМ микросхемы QUAD с 42 выводами

- В нашей задаче следует на расстоянии 10 мм установить КП типа *Kp_sl8h08* и изобразить контур резистора размером 6×2.3 мм.

Выбор шага сетки

- Установить шаг сетки в строке состояний равным 1 мм.

Определение параметров ПМ резистора (в левой части диалогового окна Рис. 5.54):

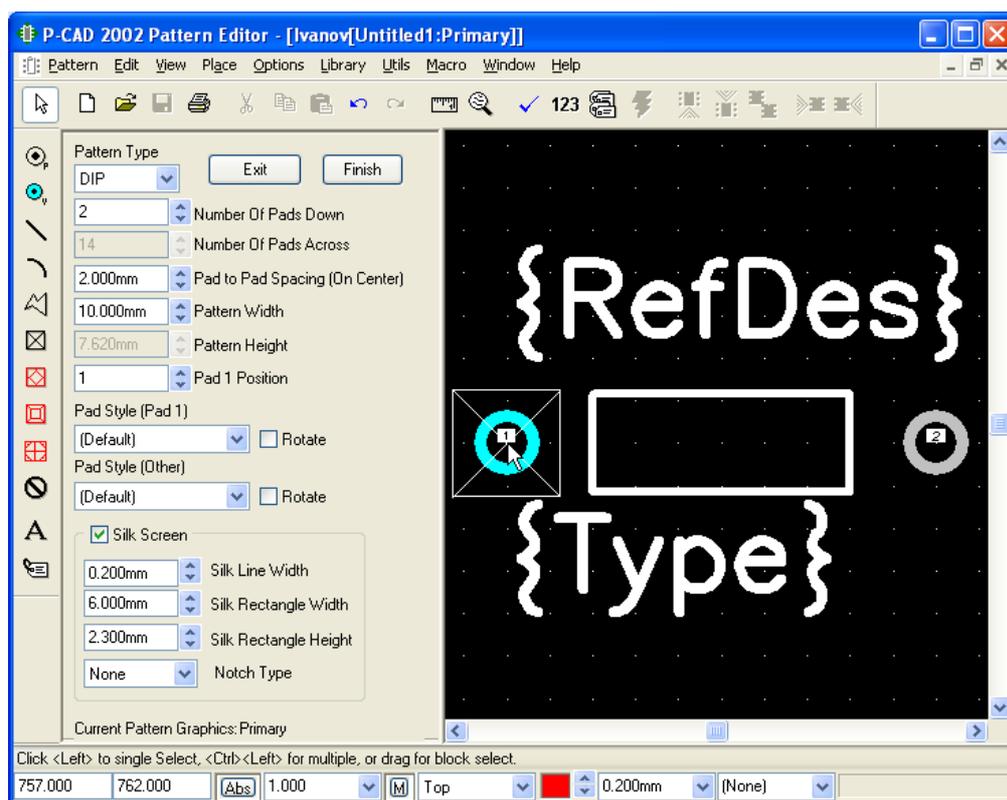


Рис. 5.54 – Изображение корпуса резистора С1-4-0.125, полученное в окне *Pattern Wizard* (Мастер создания корпусов)

- **Pattern Type** (тип корпуса, посадочного места РЭ) — выбрать **DIP** (ПМ с двухрядным расположением выводов).
- **Number of Pads Down** (число выводов в строках двухрядным расположением выводов) — выбрать 2.
- **Pad to Pad Spacing (On Center)** (расстояние между центрами горизонтальных рядов выводов) — задать 2 мм.
- **Pattern Width** (расстояние между центрами крайних выводов в вертикальных столбцах) — задать 10 мм.
- **Pad 1 Position** (расположение 1-го вывода) — назначить 1.
- В окне **Silk Screen** (необходимость изображения контура корпуса) установить флажок.
- **Silk Line Width** (ширина линий контура корпуса) — 0,2 мм.
- **Silk Rectangle Pattern Width** (ширина корпуса РЭ) — 6 мм.
- **Silk Rectangle Pattern Height** (высота корпуса РЭ) — 2.3 мм.
- **Notch Type** (тип скоса графики корпуса РЭ) — **None**.

Завершение создания корпуса резистора и переход к его редактированию средствами программы *Pattern Editor*.

● В результате нажатия клавиши **Finish** изображение ПМ резистора (Рис. 5.54) будет перенесено на основной экран программы *Pattern Editor* (Рис. 5.55) для его последующего редактирования.

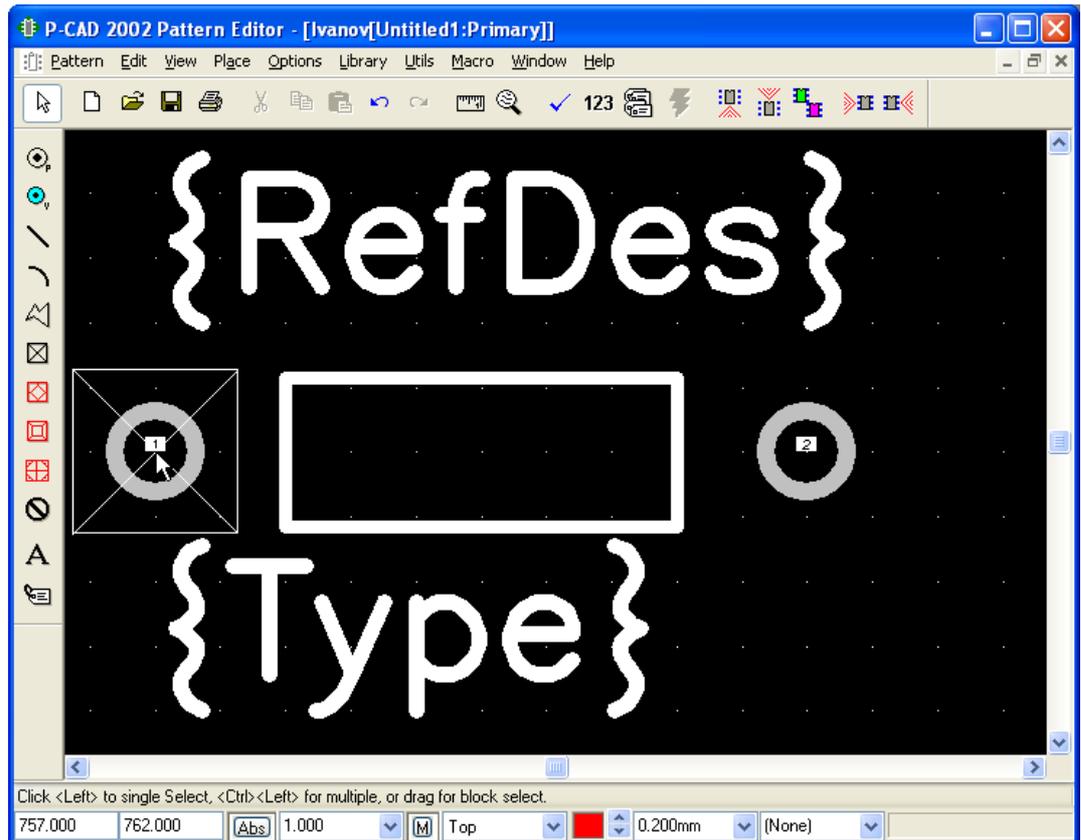


Рис. 5.55 - Изображение корпуса резистора C1-4-0.125 в окне *Pattern Editor*

Установка параметров стиля круглой контактной площадки и переходного отверстия для вывода резистора.

● По командам *Edit/Select* (или нажать пиктограмму ) щелкнуть ЛК по 1-й КП. Она изменит цвет на желтый.

● Щелкнуть ПК. В выпавшем меню выбрать курсором *Properties* и щелкнуть ЛК. В открывшемся окне *Pad Properties* (Рис. 5.56) нажать кнопку *Pad Styles*.

● В открывшемся диалоговом окне *Options Pad Style* (Рис. 5.57) в списке *Current Style* имеется лишь один стиль *Default* (по умолчанию) с КП *Kp1524/0965*. Для формирования собственных КП нажмите кнопку *Copy*.

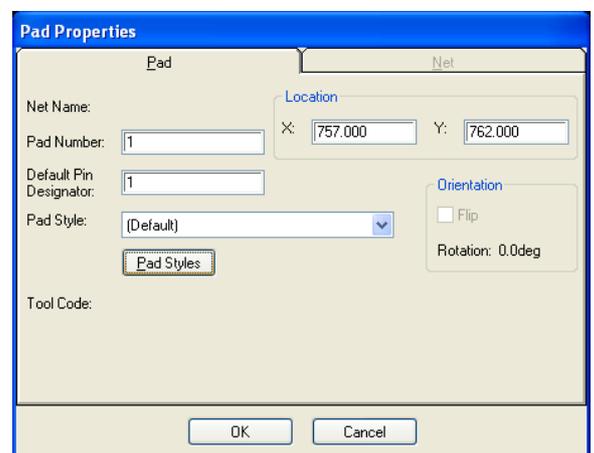


Рис. 5.56 - Окно "Свойства контактных площадок"

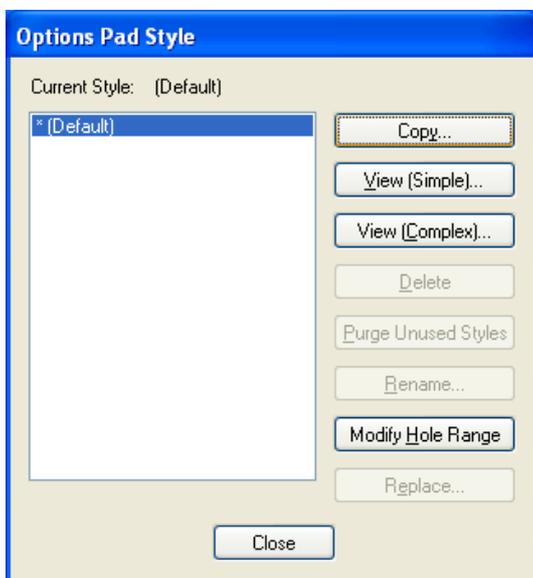


Рис. 5.57 - Окно "Свойства стилей контактных площадок"

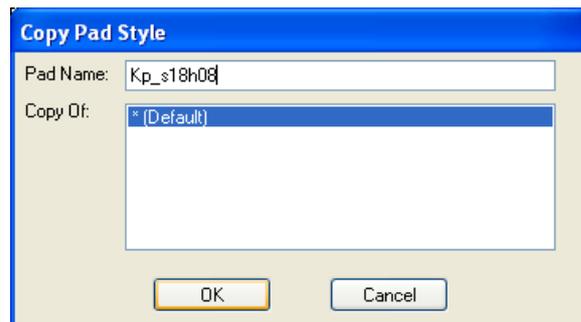


Рис. 5.58 - Ввод имени нового стиля контактной площадки

- В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** (Рис. 5.58) в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Kp_s18h08** (см. *разд. 5.6*) и нажать кнопку **OK**.

- Во вновь возникшем диалоговом окне **Options Pad Style** (см. Рис. 5.57) в списке **Current Style** выбрать появившийся в нем новый стиль **Kp_s18h08**.

- Нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (Тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры круглой контактной площадки **Height** (Высота) и **Width** (Ширина) равными **1,8** мм, а диаметр сверла задать в поле **Hole** равным **0,8** мм (Рис. 5.60). Нажать **OK**.

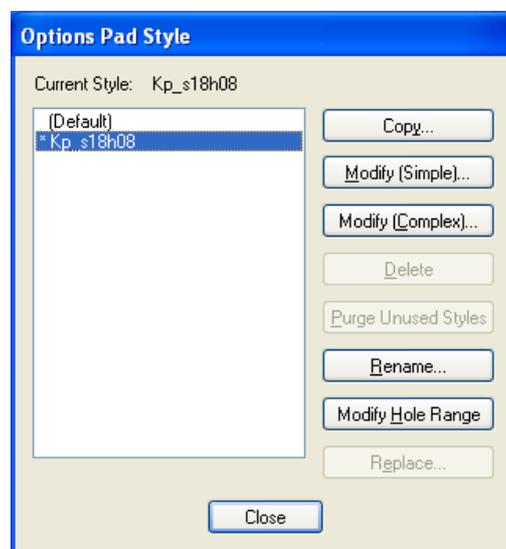


Рис. 5.59 - Выбор стиля Kp_s18h08 в качестве текущего

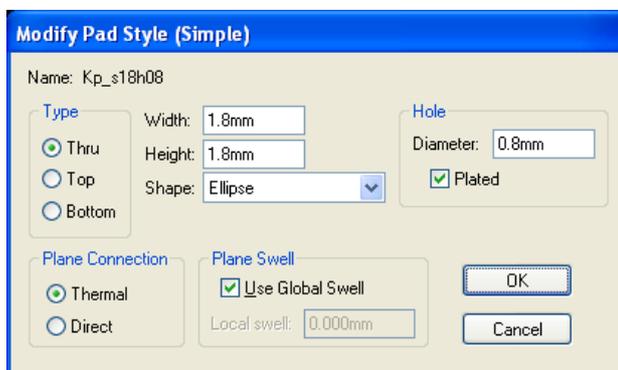


Рис. 5.60 - Формирование свойств стиля **Kp_s18h08** круглой контактной площадки с диаметром 1.8 мм и диаметром отверстия 0.8 мм

- После этого в окне (см. Рис. 5.59) в **Options Pad Style** в списке **Current Style** двойным щелчком выбрать стиль **Kp_s18h08** в качестве текущего и нажать **Close**.

- После этого во вновь возникшем диалоговом окне **Pad Properties** (Рис. 5.56) выбрать стиль **Kp_s18h08** и нажать **Ок**.

- Стиль первой контактной площадки резистора **Default** будет изменен на созданный стиль **Kp_s18h08**.

- Теперь также указать курсором на 2-ю КП и щелчком **ЛК** выделить ее. После щелчка ПК в меню выбрать **Properties** и в открывшемся диалоговом окне **Pad Properties** выбрать тип **Kp_s18h08** и нажать **ОК**.

- Характеристики КП резистора заданы полностью.

Перенумеровать контакты.

- Выполнить команды **Edit/Select**. Для перенумерации контактов выполнить команды **Utils/Renumber Pad** (пиктограмма ). В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В этом окне установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать кнопку **ОК** (см. Рис. 5.47, а). После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой КП. Щелкнуть **ПК**.

- Снова вызвать команду **Utils/Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. Также нажать **ОК**. После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой КП. Щелкнуть **ПК**.

Создать новый стиль шрифтов атрибутов.

- Чтобы стили шрифтов атрибутов резистора не отличались от других, разработанных нами ранее стилей атрибутов, создадим новый стиль шрифтов атрибутов.

- Для этого выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести имя нового стиля **Arial3_5Italic**. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку **ОК**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **3,5** мм. Нажать кнопку **ОК**.

Уточнить свойства атрибутов резистора.

- По командам **Edit/Select** (или нажать пиктограмму ) щелкнуть **ЛК** по атрибуту **RefDes**. Он изменит цвет на желтый. Щелкнуть **ПК**. В выпавшем меню выбрать курсором **Properties** и щелкнуть **ЛК**.

- В появившемся диалоговом окне **Attribute properties** (Свойства атрибутов) в поле **Text Styles** выберем стиль **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать - центр по горизонтали и низ по вертикали. Нажать кнопку **ОК**. Установить курсор в точку с координатами (762; 764) и щелкнуть **ЛК**.

- Щелкнуть **ЛК** по атрибуту **Type**. Он изменит цвет на желтый. Щелкнуть **ПК**. В выпавшем меню выбрать курсором **Properties** и щелкнуть **ЛК**.

- В появившемся диалоговом окне **Attribute properties** (Свойства атрибутов) в поле **Text Styles** выберем стиль **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать - центр по горизонтали и верх по вертикали. Нажать кнопку **ОК**. Переместить атрибут в точку с координатами (772; 760), щелкнуть **ЛК**.

- Поскольку резистору необходимо указывать номинал, введем атрибут **Value**. Обычно он размещается снизу от ПМ, но там обычно находится надпись **Type**. Потому мы и передвинули этот атрибут вправо от привычного места.

- Установить слой **Top Silk** в строке состояний.

- Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне **Place Attribute** в области **Attribute Category** выделить цветом **Component**. В области **Name** выбрать **Value** (номинал элемента). В открывающемся списке **Text Style** назначить **Part Style**. Задать выравнивание текста **Justification** - центр по горизонтали и верх по вертикали. Нажать кнопку **ОК**. Щелкнуть **ЛК** на поле под ПМ и, не отпуская **ЛК**, установить прямоугольный контур надписи в нужное место под ПМ – координаты (762; 760). Отпустить **ЛК**, нажать **ПК** (Рис. 5.61).

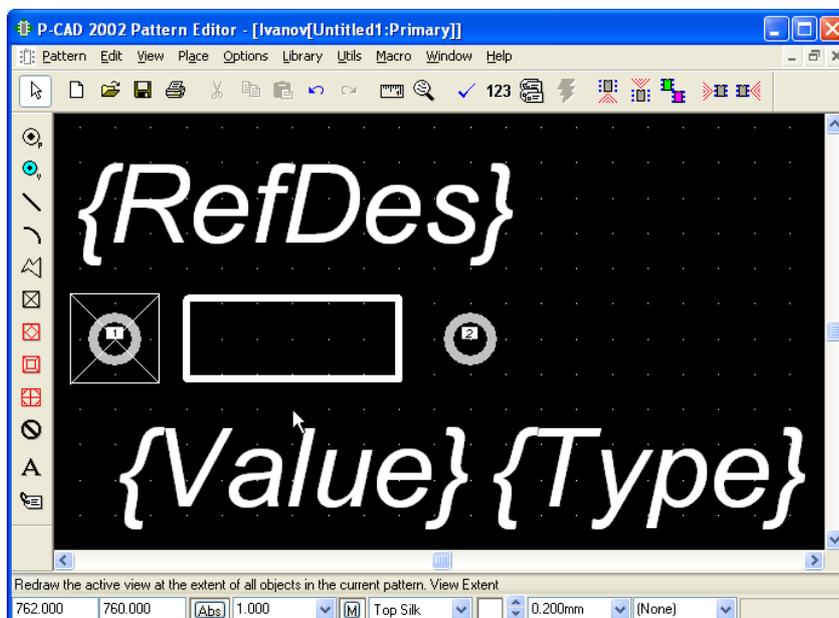


Рис. 5.61 - Окончательный вид ПМ резистора C1-4-0.125

Записать посадочное место резистора в библиотеку элементов *Ivanov.lib*.

- Для этого выполнить команды **File/Save**, в появившемся диалоговом окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. В поле **Pattern** набрать имя элемента «C1-4-0.125» и нажать кнопку **ОК** (Рис. 5.62).

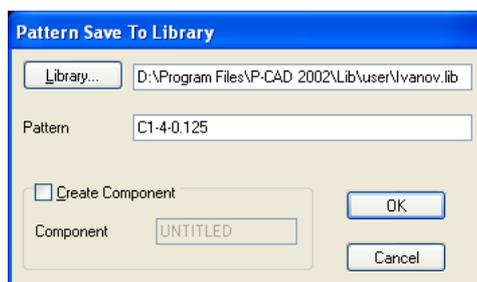


Рис. 5.62 - Запись посадочного места резистора C1-4-0.125 в библиотеку

5.9 Создание посадочного места конденсатора К73-17

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. *раздел 5.3*, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места конденсатора К73-15-4.7 мкФ.

В исходной схеме электрической принципиальной используются конденсаторы К73-15 (Рис. 5.63). В новых разработках применяют пленочные металлизированные конденсаторы К73-, которые предназначены для работы в цепях постоянного, переменного, пульсирующего токов и в импульсном режиме. Конденсаторы К73-17 (Рис. 5.64) заменяют конденсаторы типов К73-5, К73-11, К73-15, К73-16, К73-217. Их размеры приведены на Рис. 5.65.



Рис. 5.63 – Конденсаторы серии К73-15



Рис. 5.64 - Конденсаторы серии К73-17

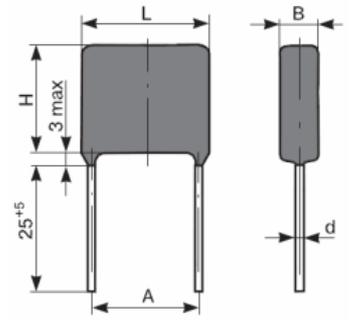


Рис. 5.65 – Размеры конденсаторов серии К73-17

Размеры конденсаторов К73-17 приведены в *табл. 5.2*.

Таблица 5.2 - Габаритные размеры конденсаторов серии К73-17 (см. Рис. 5.65)

Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Размеры, мм					Масса, г				
		L	T	W	A±0,8	d±0,1					
63	0,18	12	6,0	10	10	0,6	1,4				
	0,22		6,3	13	15						
	0,33										
	0,47	18	8,0	15	15	0,8	3,0				
	0,68		6,3	13							
	1,0		8,0	15							
	1,5		8,5	19							
	2,2		23	8,5				19	20	1,0	7,0
	3,3			10,5				21			
	4,7			12,0				25			
160	1,5	24	12,0	25	1,0	12,0					
2,2	16,0	28									
250	0,047	12	6,3	11	10	0,6	2,0				
	0,068		6,0	14	15			0,8	2,5		
	0,1		8,0	15							
	0,15	18	6,0	13	15	0,8	3,5				
	0,22		7,0	14							

Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Размеры, мм					Масса, г	
		L	T	W	A±0,8	d±0,1		
	0,33	23	8,5	16	20		5,0	
	0,47		7,5	18			5,5	
	0,68		9,0	19			7,0	
	1,0		10,5	21			9,0	
400	0,022	12	6,0	10,5	10	0,6	M	
	0,033		6,0	13			1,8	
	0,047		7,0	15			2,5	
	0,068	18	5,0	13	15	0,8	3,0	
	0,1		6,0	14			3,5	
	0,15		8,0	15			4,0	
	0,22	23	7,0	18	20		5,0	
	0,33		8,5	19			6,0	
	0,47		10,0	21			8,0	
	0,68	24	11,0	24		1,0	10,0	
	1,0		14,0	27			12,0	
	630	0,01	12	6,0	10,5	10	0,6	1,4
		0,015		6,0	13			1,8
		0,022		7,0	15			2,5
0,033		18	5,0	13	15	0,8	3,0	
0,047			6,0	14			3,5	
0,068			8,0	15			4,0	
0,1		23	7,0	18	20		5,0	
0,15			8,5	19			6,0	
0,22			10,5	21			8,0	
0,33		24	11,5	24		1,0	10,0	
0,47			14,0	27			12,0	

Порядок создания ПМ конденсатора К73-17-4.7 мкФ заключается в следующем.

Выбираем вариант установки конденсатора.

● Выбираем в соответствии с ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 вариант 140 установки и формовки выводов (Рис. 5.66). Контур конденсатора К73-17-4.7 мкФ - 63 В на виде сверху

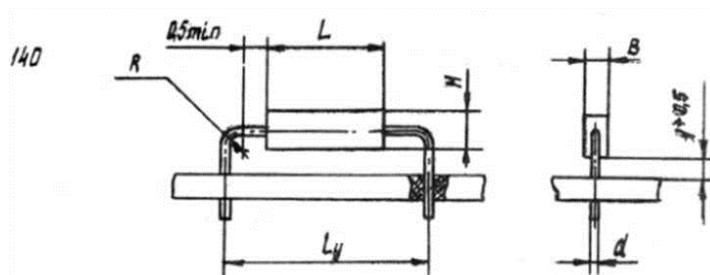


Рис. 5.66 - Вариант установки 140 по ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 конденсатора К73-17-4.7 мкФ- 63 В

по данным *табл. 5.2* имеет вид прямоугольника размером 24×12 мм. Диаметр выводов $d = 1,0$ мм. Расстояние между контактными площадками принимаем 30 мм.

Определение параметров монтажного отверстия.

● Для второго класса точности ПП минимально применимый диаметр металлизированного монтажного отверстия под вывод транзистора $d_{\text{выв}} = 1,0$ мм определяется (см. *разд. 5.6*) по формуле 4.2:

$$d_{\text{пер}} = J \cdot H + |\Delta d| = 0,40 \cdot 1,5 + 0,1 = 0,7 \text{ мм},$$

где $J = 0,04$ - относительная толщина ПП (см. *табл. 4.2*); $H = 1,5$ мм - толщина основания ПП из фольгированного стеклотекстолита СФ-2-1.5 (см. *рис. 4.1* и *4.2*); $\Delta d = 0,1$ мм - максимальное предельное отклонение диаметра рассчитываемого отверстия (см. *табл. 4.3*).

● Учитывая, что $d_{\text{выв}} > d_{\text{пер}}$, диаметр монтажного отверстия определим по (4.3):

$$d_{\text{монт}} = d_{\text{выв}} + |\Delta d| + r = 1,0 + 0,1 + 0,2 = 1,4 \text{ мм}$$

где $d_{\text{выв}} = 1,0$ мм - диаметр вывода РЭ; $r = 0,3$ - гарантированный зазор между диаметром монтажного отверстия и выводом РЭ.

● С учетом округления до номинальных размеров выбираем $d_{\text{монт}} = 1,3$ мм.

Определение параметров контактной площадки.

● Для круглой формы монтажной площадки минимальный эффективный диаметр контактной площадки $D_{\text{эфф}}$ рассчитываем по формуле 4.7:

$$D_{\text{эфф}} = 2 \cdot (b + d_{\text{imax}}/2 + T_d + T_D) = 2 \cdot (0,2 + 1,3 / 2 + 0,15 + 0,25) = 2,5 \text{ мм},$$

где $b = 0,2$ - ширина гарантийного пояса (см. *Рис. 4.10*) выбрана по *табл. 4.2* для второго класса точности; d_{imax} - максимальный диаметр монтажного или переходного отверстия с учетом допуска; $T_d = 0,15$ и $T_D = 0,25$ - позиционные допуски расположения осей отверстий и контактных площадок по ГОСТ 23751-86 (*табл. 4.5 - 4.6*) соответственно.

● Для комбинированного позитивного метода минимальный диаметр контактной площадки $D_{\text{мин}}$ рассчитываем по формуле 4.9:

$$D_{\text{мин}} = D_{\text{эфф}} + 1,5 \cdot H_{\text{пр}} + 0,03 = 2,5 + 1,5 \cdot (0,05 + 0,02) + 0,03 = 2,608 \text{ мм}$$

где $H_{\text{пр}} = 0,05 + 0,02$ - толщина фольги плюс толщина осажденной меди.

Округляем в соответствии с ГОСТ 10317-79 размер контактной площадки до **2,7** мм. При этом ее площадь $S \approx 5,73 \text{ мм}^2$, что больше минимально рекомендуемой $S = 2,5 \text{ мм}^2$ для 2-го класса точности.

Установка параметров стиля круглой контактной площадки и переходного отверстия для вывода конденсатора.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**.
- В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** (см. *Рис. 5.58*) в списке **Current Style** имеется лишь один стиль **Default**. Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy**.

- В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля и нажать кнопку **OK** (Рис. 5.67).

- В диалоговом окне **Options Pad Style** (Рис. 5.57) в списке **Current Style** (Текущий стиль по умолчанию) выбрать **ЛК** появившийся новый стиль **Kp_s27h13** и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация) чтобы уточнить его свойства.

- В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** (Простая модификация стиля контактной площадки) в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (высота) и **Width** (ширина) равными **2,7** мм, диаметр сверла задать в поле **Hole** равным **1,3** мм (Рис. 5.69). Нажать кнопку **OK**, а затем кнопку **Close**.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. Во вновь открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** избрать стиль **Kp_s27h13** (рис. 5.66) двойным щелчком **ЛК** стилем по умолчанию⁴. Нажать кнопку **Close**.

Установка контактных площадок посадочного места конденсатора.

- Шаг сетки задать 1 мм.
- Перевести курсор в начало координат. Увеличить масштаб изображения, нажав три раза на клавишу «серый» плюс.



Рис. 5.67 - Ввод имени нового стиля КП **Kp_s27h13**

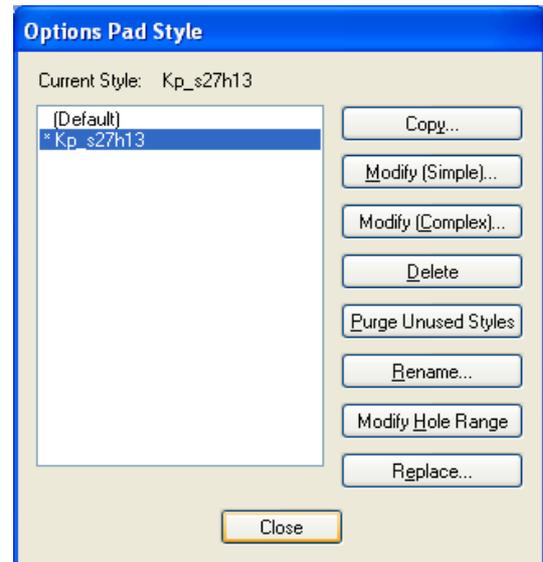


Рис. 5.68 - Учреждение стиля **Kp_s27h13** стилем по умолчанию

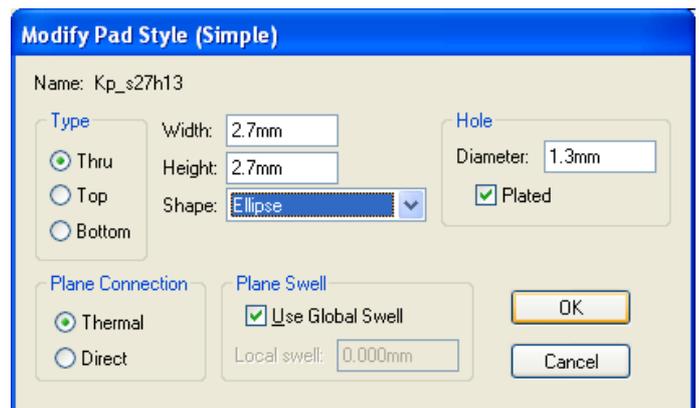


Рис. 5.69 – Уточнение стиля контактной площадки **Kp_s27h13**

⁴ Стиль по умолчанию выделяется звездочкой

- Выполнить команду **Place Pad** (пиктограмма ). В появившемся окне **Place Pad** поставить **1** в поле **Starting Pad Number** и **1** в поле **Increment Pad Number** (Рис. 5.32).

- Установить курсор в точку **(5; 10)** и щелкнуть **ЛК**. Перевести курсор в точку **(35; 10)** и щелкнуть **ЛК**, затем **ПК**. Будут установлены контактные площадки под выводы конденсатора (Рис. 5.70).

Перенумеровать контакты.

- Для этого выполнить команды **Utils / Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать кнопку **ОК** (см. Рис. 5.34, а). После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой **КП**. Щелкнуть **ПК**.

- Снова вызвать команду **Utils / Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице (см. Рис. 5.34, б). Также нажать **ОК**. После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой **КП**. Щелкнуть **ПК**.

Нарисовать контур ПМ конденсатора.

- Выбрать текущим слой **Top Silk**.
- Выполнить команду **Place Line** (пиктограмма ).
- Нарисовать прямоугольный контур конденсатора. Поставить курсор в 1-ю точку **(8; 4)** и щелкнуть **ЛК**. Переместить курсор во 2-ю точку **(8; 16)**, щелкнуть **ЛК**. Установить курсор в 3-ю точку **(32; 16)**, щелкнуть **ЛК**. Переместить курсор в 4-ю точку **(32; 4)** и щелкнуть **ЛК**. И, наконец, снова переместить курсор в 1-ю точку **(8; 4)**, щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК**.

- Нарисовать выводы конденсатора. Поставить курсор в точку **(5; 10)** и щелкнуть **ЛК**. Переместить курсор в точку **(8; 10)**, щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК**. Установить курсор в точку **(32; 10)**, щелкнуть **ЛК**. Переместить курсор в точку **(35; 10)**, щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК** (Рис. 5.71).

Установить точку привязки элемента.

- Выполнить команду **Place Ref Point** (пиктограмма ). Поставить курсор в точку **(5; 10)** и щелкнуть **ЛК**, затем **ПК**.

Создать новый стиль шрифтов атрибутов.

- Чтобы стили шрифтов атрибутов конденсатора не отличались от других, разработанных ранее стилей атрибутов, создадим новый стиль шрифтов атрибутов.

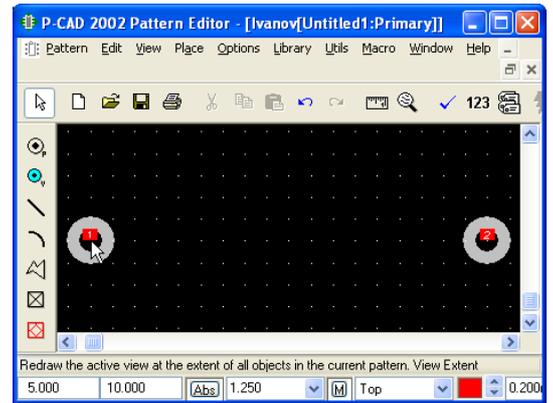


Рис. 5.70 - Установка контактных площадок посадочного места конденсатора

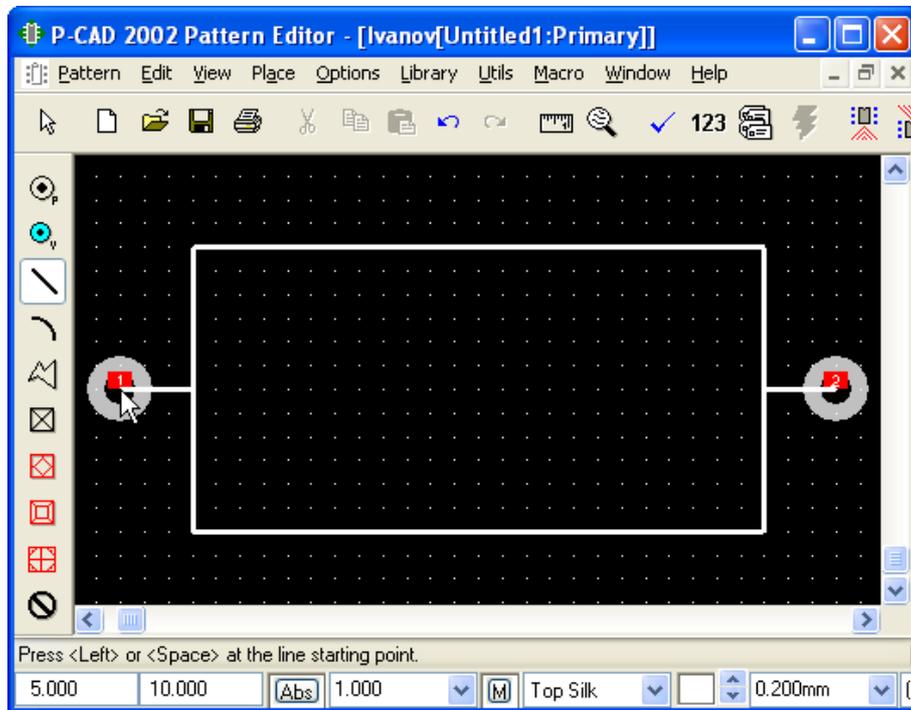


Рис. 5.71 – Изображение контура ПМ конденсатора К73-17-4.7 мкФ

- Для этого выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести имя нового стиля **Arial3_5Italic**. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку **OK**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **3,5 мм**. Нажать кнопку **OK**.

Ввести атрибуты элемента.

- В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения, надписи типа элемента и его номинала.

- Выполнить команду **Place Attribute** (пиктограмма ). В появившемся диалоговом окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** — **RefDes**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать - центр по горизонтали, низ по вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с координатами **(20; 16)** и щелкнуть **ЛК**.

- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, в области **Name** выбрать **Type**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать - по центру. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с **(20; 10)**, щелкнуть **ЛК**.

- Еще раз выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**. В области **Name** выбрать **Value**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать - центр по горизонтали, верх по вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с **(20; 4)**, щелкнуть **ЛК**. Полученный результат представлен на Рис. 5.72.

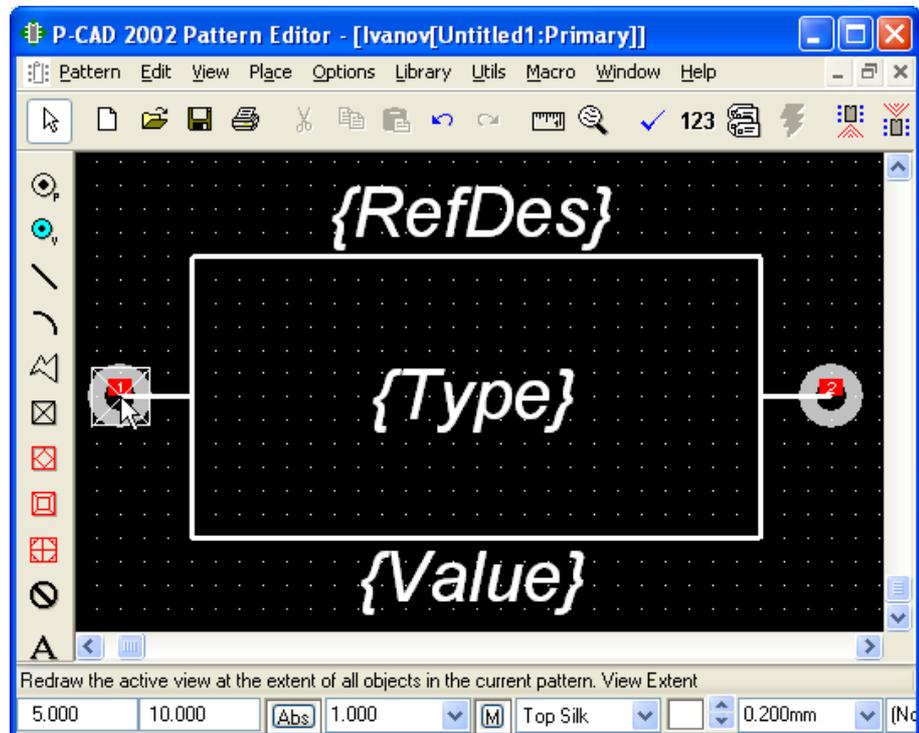


Рис. 5.72 - Окончательное изображение контура ПМ конденсатора К73-17-4.7 мкф

Записать в библиотеку посадочное место конденсатора К73-17.

● Выполнить команды **File/Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. В поле **Pattern** набрать имя элемента «К73-17» и нажать кнопку **OK** (Рис. 5.73).

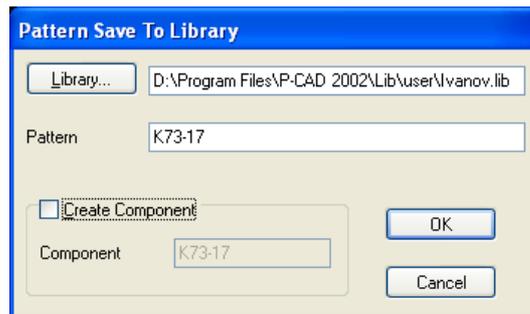


Рис. 5.73 - Запись в библиотеку посадочного места конденсатора К73-17-4.7

5.10 Создание посадочного места конденсатора КМ6 методом редактирования в графическом редакторе P-CAD PCB

В том случае, когда пользователь *P-CAD* имеет библиотеку готовых ПМ РЭ, создавать новые необходимые ПМ бывает удобно путем редактирования уже имеющихся в библиотеке ПМ, сходных по многим или отдельным характеристикам с необходимым. Такое редактирование позволяет выполнять универсальный графический редактор *P-CAD PCB*.

Для этого из библиотеки вызывается изображение ПМ РЭ и редактируется.

В исходной схеме электрической принципиальной используются конденсаторы К10-43А-0.033 мкф (Рис. 5.74). В новых разработках применяют монолитные многослойные изолированные конденсаторы КМ-6 (Рис. 5.75), которые предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного тока. Их размеры приведены на Рис. 5.76. Конденса-

торы КМ-6 по параметрам полностью или частично заменяют конденсаторы типов: К10-17, К10-7в, К10-43, К10-47, К10-49.

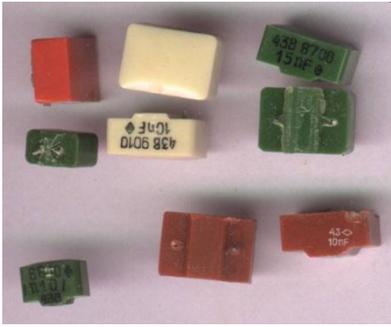


Рис. 5.74 - Конденсаторы типа К10-43



Рис. 5.75 - Конденсаторы типа КМ-6

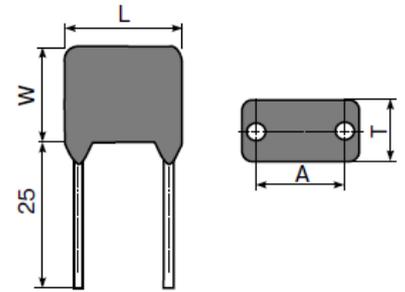


Рис. 5.76 – Размеры конденсаторов КМ-6

Размеры конденсаторов КМ-6 приведены в *табл. 5.3*.

Таблица 5.3 - конденсаторы керамические постоянной емкости КМ-6

Вариант	Группа по температурной стабильности	Пределы номинальных емкостей, пФ	Размеры, м				Номинальное напряжение, В
			L	W	T	A	
А	П33	120 - 360	6,5	6,5	4,5	3,5	50
		390 - 560	7,5	7,5	6,0	5,0	
		620 - 2200	9,5	9,5	6,0	7,5	
		1300 - 2700	12	12	6,0	7,5	
	М47	120 - 470	6,5	6,5	4,5	3,5	50
		510 - 680	7,5	7,5	6,0	5,0	
		750 - 1600	9,5	9,5	6,0	7,5	
		1800 - 3600	12	12	6,0	7,5	
	М75	180 - 470	6,5	6,5	4,5	3,5	50
		510 - 680	7,5	7,5	6,0	5,0	
		750 - 1800	9,5	9,5	6,0	7,5	
		2000 - 3900	12	12	6,0	7,5	
	М750	470 - 1200	6,5	6,5	4,5	3,5	50
		1300 - 2000	7,5	7,5	6,0	5,0	
		2200 - 5100	9,5	9,5	6,0	7,5	
		5600 - 9100	12	12	6,0	7,5	
	М1500	820 - 1500	6,5	6,5	4,5	3,5	50
		1600 - 3300	7,5	7,5	6,0	5,0	
		3600 - 0,01 мкФ	9,5	9,5	6,0	7,5	
		0,011 - 0,015 мкФ	12	12	6,0	7,5	
0,01; 0,15 мкФ		6,5	6,5	4,5	3,5		
Н30, Н50	0,022; 0,033 мкФ	7,5	7,5	6,0	5,0	25	
	0,047; 0,068 мкФ	9,5	9,5	6,0	7,5		
	0,1; 0,15 мкФ	12	12	6,0	7,5		
Н90	0,022; 0,033; 0,	6,5	6,5	4,5	3,5		

Вариант	Группа по температурной стабильности	Пределы номинальных емкостей, пФ	Размеры, м				Номинальное напряжение, В
			L	W	T	A	
		мкФ					25
		0,068; 0,1 мкФ;	75	7,5	6,0	5,0	
		0,15, 0,22; 0,33 мкФ;	9,5	9,5	6,0	7,5	
		0,47 мкФ	12	12	6,0	7,5	
		0,68; 1,0 мкФ	14	14	6,0	10	
Б	П33	120 - 300	7,5	7,5	6	5	50
		330 - 1100	9,5	9,5	6	7,5	
		1200 - 2700	12	12	6	7,5	
		3000 - 5100	14	14	6	10	
	M47	120 - 470	7,5	7,5	6	5	50
		510 - 1200	9,5	9,5	6	7,5	
		1300 - 2700	12	12	6	7,5	
		3000 - 6200	14	14	6	10	
	M75	180 - 510	7,5	7,5	6	5	50
		560 - 1500	9,5	9,5	6	7,5	
		1600 - 3300	12	12	6	7,5	
		3600 - 5600	14	14	6	10	
	M750	470 - 910	7,5	7,5	6	5	50
		1000 - 3300	9,5	9,5	6	7,5	
		3600 - 5600	12	12	6	7,5	
		6200 - 10000	14	14	6	10	
	M1500	820 - 1500	7,5	7,5	6	5	50
		1600 - 4700	9,5	9,5	6	7,5	
		5100 - 10000	12	12	6	7,5	
		0,011 - 0,015 мкФ	14	14	6	10	
	H50	0,01; 0,015 мкФ	7,5	7,5	6	5	50
		0,022; 0,033 мкФ	9,5	9,5	6	7,5	
		0,047; 0,068 мкФ	12	12	6	7,5	
		0,1, 0,15 мкФ	14	14	6	10	
H90	0,022; 0,033; 0,047; 0,068 мкФ	7,5	7,5	6	5	35	
	0,1; 0,15 мкФ	9,5	9,5	6	7,5		
	0,22; 0,33 мкФ	12	12	6	7,5		
	0,47; 0,68; 1 мкФ	14	14	6	10		
H90	1,5; 2,2 мкФ	14	13,5	10	10	25	

Порядок создания посадочного места конденсатора КМ6 - 0.033 мкФ - 25 В путем редактирования ПМ конденсатора К73-17 с помощью универсального графического редактора *P-CAD PCB* заключается в следующем.

Выбрать вариант установки конденсатора.

● Выбираем в соответствии с ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 вариант 140 установки и формовки выводов (Рис. 5.77). Контур конденсатора КМ-6 - 0.033 мкФ - 25 В на виде сверху по данным *табл. 5.3* имеет вид прямоугольника размером 7,5×6 мм. Диаметр выводов $d = 0,7$ мм. Расстояние между контактными площадками принимаем 10 мм.

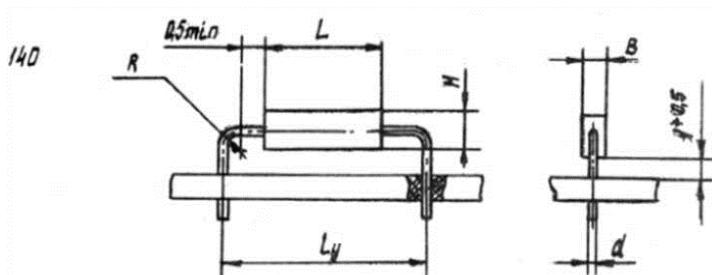


Рис. 5.77 - Вариант установки 140 по ГОСТ 20137 и ОСТ45.010.030-92 конденсатора КМ-6 - 0.033 мкФ - 25 В

Определить параметры монтажного отверстия.

● Для второго класса точности ПП минимально применимый диаметр металлизированного монтажного отверстия под вывод транзистора $d_{\text{выв}} = 0.7$ мм определяется (см. *разд. 5.6*) по формуле 4.2:

$$d_{\text{пер}} = J \cdot H + |\Delta d| = 0.04 \cdot 1.5 + 0.05 = 0.65 \text{ мм},$$

где $J = 0.04$ - относительная толщина ПП (см. *табл. 4.2*); $H = 1.5$ мм - толщина основания ПП из фольгированного стеклотекстолита СФ-2-1.5 (см. *рис. 4.1* и *4.2*); $\Delta d = 0.05$ мм - максимальное предельное отклонение диаметра рассчитываемого отверстия (см. *табл. 4.3*).

● Учитывая, что $d_{\text{выв}} > d_{\text{пер}}$, диаметр монтажного отверстия определим по (4.3):

$$d_{\text{монт}} = d_{\text{выв}} + |\Delta d| + r = 0,7 + 0,05 + 0,2 = 0,95 \text{ мм}$$

где $d_{\text{выв}} = 0,7$ мм - диаметр вывода РЭ; $r = 0.2$ - гарантированный зазор между диаметром монтажного отверстия и выводом РЭ.

● С учетом округления до номинальных размеров выбираем $d_{\text{монт}} = 1.0$ мм.

Определить параметры контактной площадки.

● Для круглой формы монтажной площадки минимальный эффективный диаметр контактной площадки $D_{\text{эфф}}$ рассчитываем по формуле 4.7:

$$D_{\text{эфф}} = 2 \cdot (b + d_{\text{imax}}/2 + T_d + T_D) = 2 \cdot (0,2 + 0,7 / 2 + 0,15 + 0,25) = 1,9 \text{ мм},$$

где $b = 0.2$ - ширина гарантийного пояса (*рис. 4.5*) выбрана по *табл. 4.2* для второго класса точности; d_{imax} - максимальный диаметр монтажного или переходного отверстия с учетом

допуска; $T_d = 0,15$ и $T_D = 0,25$ - позиционные допуски расположения осей отверстий и контактных площадок по ГОСТ 23751-86 (табл. 4.5 - 4.6) соответственно.

● Для комбинированного позитивного метода минимальный диаметр контактной площадки $D_{мин}$ рассчитываем по формуле 4.9:

$$D_{мин} = D_{эфф} + 1,5 \cdot H_{np} + 0,03 = 1,9 + 1,5 \cdot (0,05 + 0,02) + 0,03 = 2,035 \text{ мм}$$

где $H_{np} = 0,05 + 0,02$ - толщина фольги плюс толщина осажденной меди.

Округляем в соответствии с ГОСТ 10317-79 размер контактной площадки до **2,0** мм. При этом ее площадь $S \approx 3,14 \text{ мм}^2$, что больше минимально рекомендуемой $S = 2,5 \text{ мм}^2$ для 2-го класса точности.

Загрузить графический редактор P-CAD PCB.

Настроить конфигурацию графического редактора.

● Выполнить команды **Options/Configure**. Появляется диалоговое окно **Options Configure**. В этом окне в области **Units** (Единицы) «выбрать» **mm** — миллиметры как основную систему единиц, в области **Workspace Size** (размер рабочего поля) задать значение ширины **Width** равное **210** мм и высоты **Height** равное **297** мм. Остальные поля оставить без изменения (Рис. 5.78). Нажать кнопку **OK**.

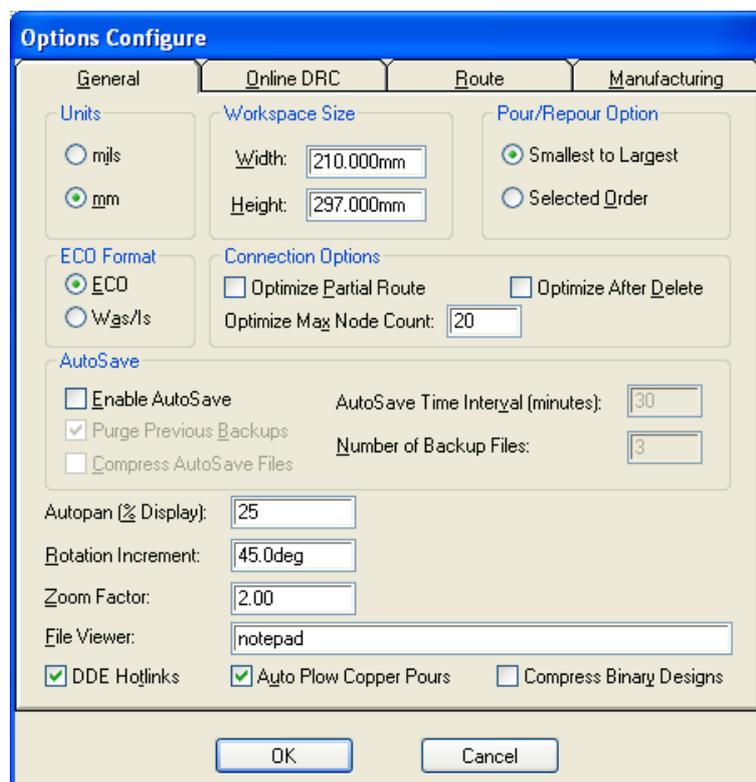


Рис. 5.78 – Окно настройки конфигурации графического редактора P-CAD PCB

● Установить текущую линию рисования. Выполнить команды **Options/Current Line**. В открывшемся диалоговом окне **Options Current Line** в поле **Line Width** набрать новую ширину линии **0,2** мм и нажать кнопку **Add** (Рис. 5.79), а затем кнопку **OK**.

Загрузить конденсатор **K73-17-4.7** из библиотеки **Ivanov.lib**.

- Выполнить команды **Place/Component** в появившемся одноименном окне щелкнуть ЛК по кнопке **Library Setup** и выбрать курсором конденсатор **K73-17-4.7**. Щелкнуть ЛК.

- Точку привязки появившегося контура изображения ПМ **K73-17** переместить в координаты **(10; 10)**, трижды нажать клавишу «серый плюс» и щелкнуть ЛК. Изображение появится на рабочем поле (Рис. 5.80).

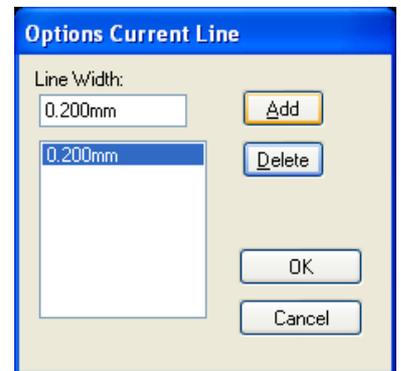


Рис. 5.79 - Установка текущей линии рисования

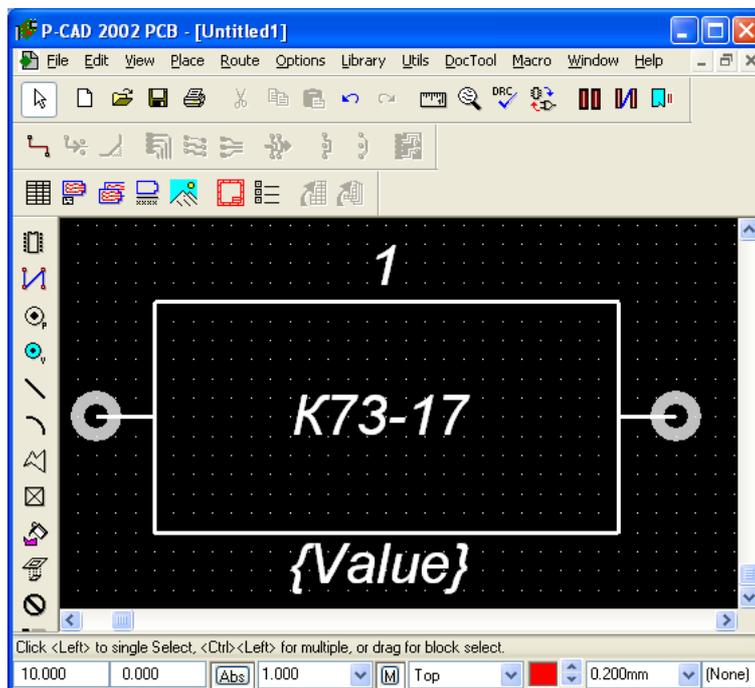


Рис. 5.80 - Изображение конденсатора **K73-17-4.7** после ввода в **P-CAD PCB**

- Командами **Edit/Select** выделить ПМ конденсатора для редактирования. Щелкнуть ЛК.

Преобразовать ПМ конденсатора **K73-17-4.7** в набор графических примитивов

- Командами **Edit/Component/Explode Component** выбранное ПМ преобразовать в набор графических примитивов (выводов, линий, надписей), которые будут редактироваться. После этой команды вместо надписей **1** и **K73-17** появятся атрибуты **{RefDes}** и **{Type}** (Рис. 5.81).

Добавим новый стиль контактных площадок

- Выделить ЛК одну из контактных площадок. Нажать ПК в поле выделения и в открывшемся контекстном меню выбрать ЛК клавишу **Properties** (Свойства).

- В появившемся диалоговом окне **Pad Properties** (Свойства площадок) (рис. 5.77) нажать кнопку **Pad Styles** (Стили площадок)

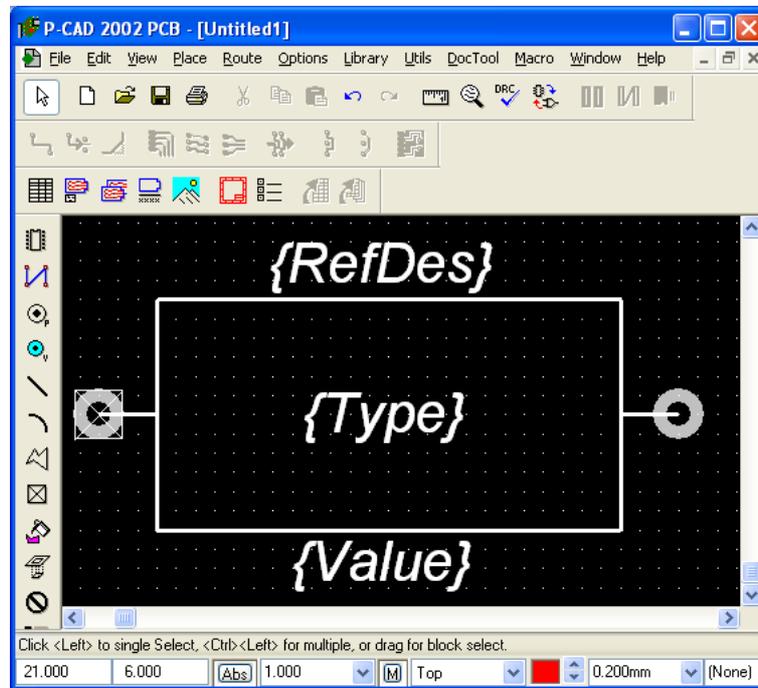


Рис. 5.81 - Преобразование командами *Edit/Component/Explode Component* ПМ конденсатора *K73-17* в набор графических примитивов

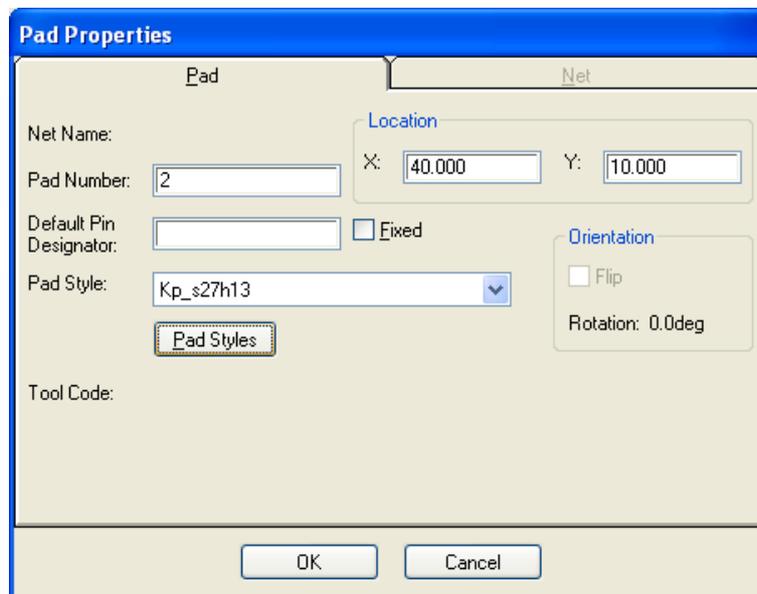


Рис. 5.82 - Диалоговое окно *Pad Properties* (Свойства площадок)

- В открывшемся диалоговом окне *Options Pad Style* (Рис. 5.83) в списке *Current Style* имеются стили *Default* и *Kp_s27h13*. Для формирования нового стиля нажать кнопку *Copy*.
- В открывшемся диалоговом окне *Copy Pad Style* в поле *Pad Name* набрать имя нового стиля *Kp_s20h10* и нажать кнопку *OK* (Рис. 5.84).
- В диалоговом окне *Options Pad Style* (см. Рис. 5.83) в списке *Current Style* (Текущий стиль по умолчанию) выбрать ЛК появившийся новый стиль *Kp_s20h10* и нажать кнопку *Modify (Simple)* (Простая модификация) чтобы уточнить его свойства.
- В открывшемся диалоговом окне *Modify Pad Style (Simple)* (Простая модификация стиля контактной площадки) в списке *Type* (тип) выбрать штыревой тип вывода (*Thru*) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле *Pad Definition*

- (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (высота) и **Width** (ширина) равными **2,0** мм, диаметр сверла задать в поле **Hole** равным **1,0** мм (Рис. 5.85). Нажать кнопку **OK**, а затем кнопку **Close**.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. Во вновь открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** избрать стиль **Kp_s20h10** двойным щелчком ЛК стилем по умолчанию⁵. Нажать кнопку **Close**.

Изменить стиль контактных площадок.

- В еще раз появившемся диалоговом окне **Pad Properties** (Свойства площадок) (Рис. 5.86) в списке доступных стилей **Pad Styles** избрать созданный стиль **Kp_s20h10** и нажать ЛК клавишу **OK**. Стиль одной из контактных площадок изменен.

- Аналогично выделить другую контактную площадку, вызвать диалоговое окно **Pad Properties** и в списке доступных стилей **Pad Styles** изменить ее стиль на стиль **Kp_s20h10** (Рис. 5.87).

Уточнить положение контактных площадок

- Шаг сетки задать равным **1,25**.
- Расстояние между выводами у конденсатора КМ-6 10 мм. Выделить 2-ю контактную площадку, размещенную в координатах **(40; 10)** и, не отпуская ЛК, перетащить ее в узел с координатами **(20; 10)**.

ПМ конденсатора К73-17 перерисовать в ПМ конденсатора КМ-6.

- Габариты у **КМ-6** 7,5×6 мм.

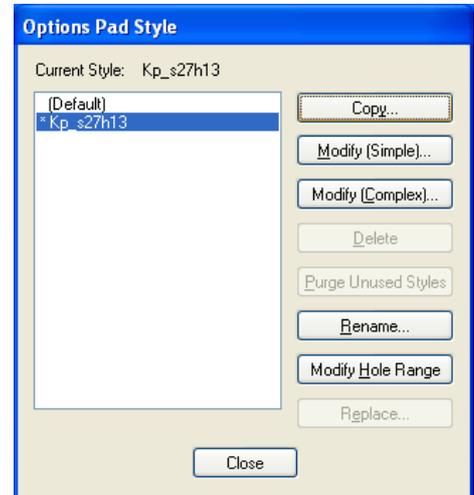


Рис. 5.83 - Диалоговое окно **Options Pad Style**

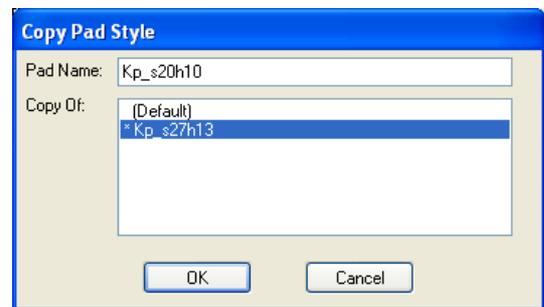


Рис. 5.84 - Ввод имени нового стиля КП **Kp_s20h10**

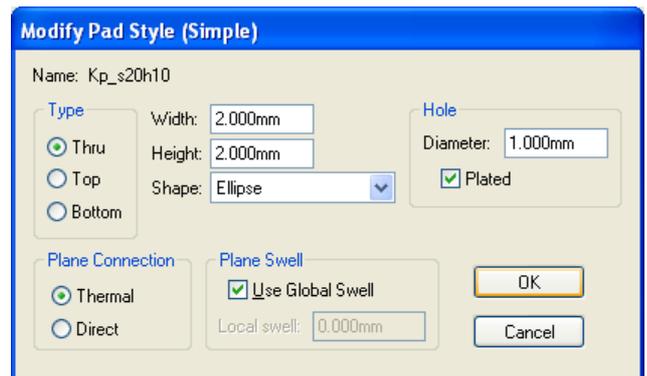


Рис. 5.85 – Уточнение стиля контактной площадки **Kp_s20h10**

⁵ Стиль по умолчанию выделяется звездочкой

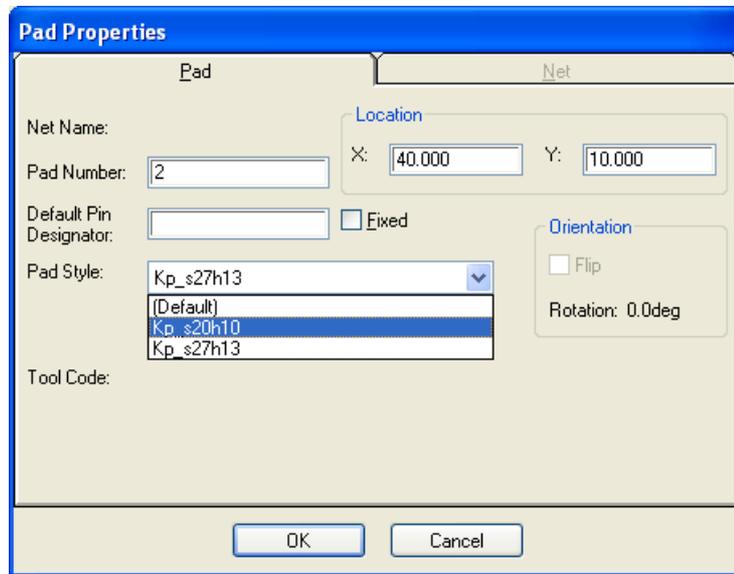


Рис. 5.87 - Выбор нового стиля площадки

● Вначале сдвинуть надписи вправо, чтобы они не закрывали изображение ПМ. Для этого по командам **Edit/Select**, выбирая по очереди курсором каждую из трех надписей и выделяя их щелчком ЛК; не отпуская ЛК, переместить за пределы контура конденсатора (Рис. 5.86).

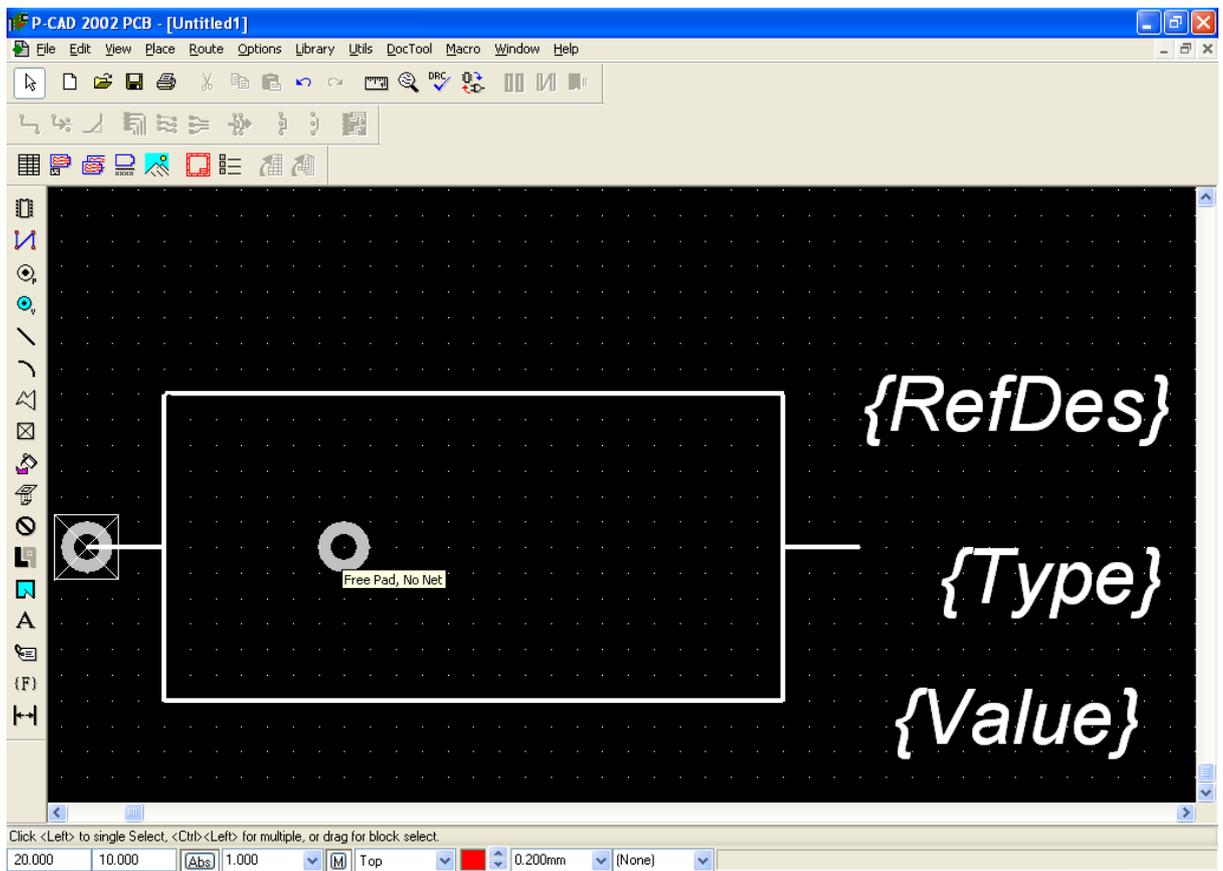


Рис. 5.86 - Уточнение положения контактных площадок

- Теперь перерисовать прямоугольный контур. Для удобства задать шаг сетки 0.05

мм.

- Вначале по командам **Ed-it/Select** выделить и сместить вертикальные линии в точки с координатами (11.25; 7), (11.25; 13) и (18.75; 7), (18.75; 13). Края линий надо отдельно выставить по указанным координатам, увеличивая в процессе размещения масштаб изображения (Рис. 5.88), а затем в эти же точки установить и горизонтальные линии контура.

- Также следует поступить и с линиями, показывающими выводы конденсатора. Координаты линии, изображающей левый вывод (10; 10), (11.25; 10), а правый - (18.75; 10), (20; 10).

- Еще один очень удобный вариант редактирования линий: выделять редактируемую линию и вызывать ПК диалоговое окно **Line Properties** (Свойства линии) (Рис. 5.89). В поля **End Points** этого окна следует вести уточненные координаты концов линии, заодно проконтролировав и ее длину (**Length**). При этом текущий масштаб сетки может быть произвольным.

Перенумеровать контакты.

- Для этого необходимо выполнить команды **Utils/Renumber**. В результате откроется одноименное окно (см. Рис. 5.34, а, б). В нем установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**) Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать кнопку **OK**. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

- Снова вызвать команду **Utils/Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. Также нажать **OK**. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

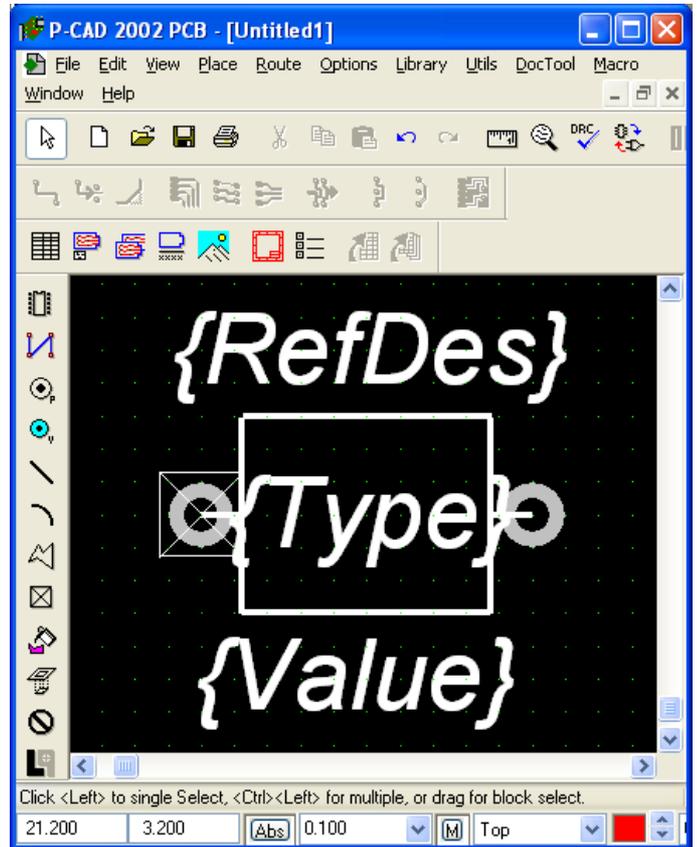


Рис. 5.88 – Окончательное изображение ПМ конденсатора КМ-6

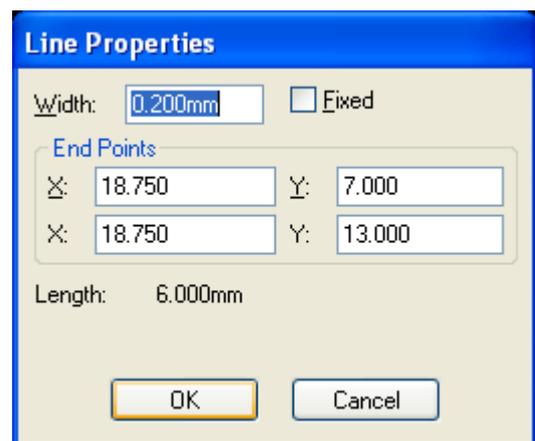


Рис. 5.89 - Диалоговое окно «Свойства линии»

Уточнить положение атрибутов конденсатора.

● После редактирования контура уточнить положение атрибутов конденсатора в соответствии с Рис. 5.88.

Записать ПМ КМ6 в библиотеку.

● Для этого по командам **Edit/Select** курсором выделить все принадлежащие ПМ объекты в прямоугольную рамку. После этого по командам **Library/Pattern Save As** записать ПМ в библиотеку. В открывшемся окне **Pattern Save As** в списке **Library** выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. В (Рис. 5.90). В поле **Pattern** набрать имя элемента «КМ6» и нажать кнопку **OK**.

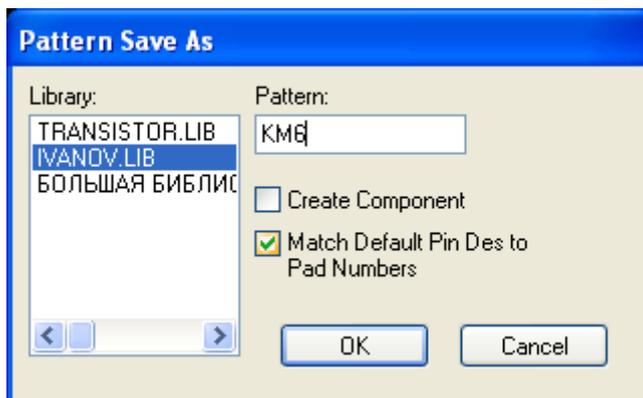


Рис. 5.90 - Запись ПМ КМ6 в библиотеку *Ivanov.lib*

5.11 Создание посадочного места катушки индуктивности Д1-1,2-1

Если программа Pattern Editor не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 5.3, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места катушки индуктивности **Д1-1,2-1**.

Порядок создания ПМ катушки индуктивности **Д1-1.2-1** заключается в следующем.

Создать новый стиль контактных площадок.

● Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеется лишь один стиль **Default**. Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Kp_s14h08** и нажать кнопку **OK** (Рис. 5.91).

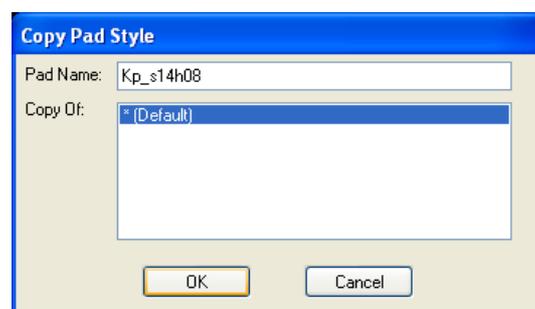


Рис. 5.91 - Ввод имени нового стиля **Kp_s14h08**

● В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **Kp_s14h08** и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) (штыревой) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (высота) и **Width** (ширина)

- равными **1,4** мм, а диаметр отверстия задать в поле **Hole** равным **0,8** мм, нажать кнопку **OK** (Рис. 5.92).

Установка контактных площадок ПМ индуктивности.

- Выполнить команды **Options / Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать стиль **Kp_s14h08** (Рис. 5.93). Нажать кнопку **Close**.

- Выполнить команду **Place Pad** (пиктограмма ). В появившемся окне **Place Pad** ввести **1** в поле **Starting Pad Number** и **1** в поле **Increment Pad Number** (Рис. 5.94).

- Шаг сетки задать **0,5** мм.
- Перевести курсор в начало координат. Увеличить масштаб изображения, нажав несколько раз клавишу «серый» плюс. Поставить курсор в точку (**5; 10**) и щелкнуть **ЛК**. Перевести курсор в точку (**23; 10**) и щелкнуть **ЛК**, а затем **ПК**. Будут установлены контактные площадки под выводы катушки индуктивности (Рис. 5.95).

Перенумеровать контакты.

- Выполнить команды **Utils / Renumber** (пиктограмма ). В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать кнопку **OK** (см. Рис. 5.34) После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой КП. Щелкнуть **ПК**.

- Снова вызвать команду **Utils / Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. Также нажать **OK**. После этого поочередно щелкнуть **ЛК** в центре каждой КП. Щелкнуть **ПК**.

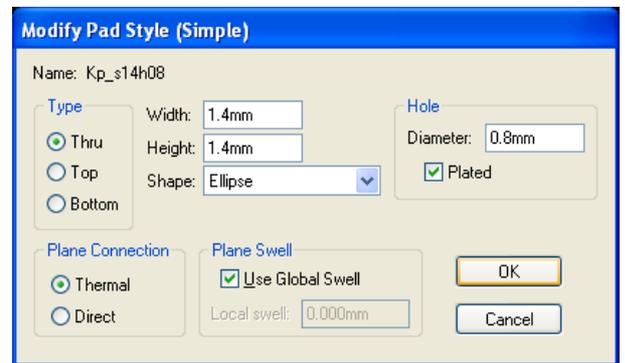


Рис. 5.92 - Уточнение свойств контактной площадки **Kp_s14h08**

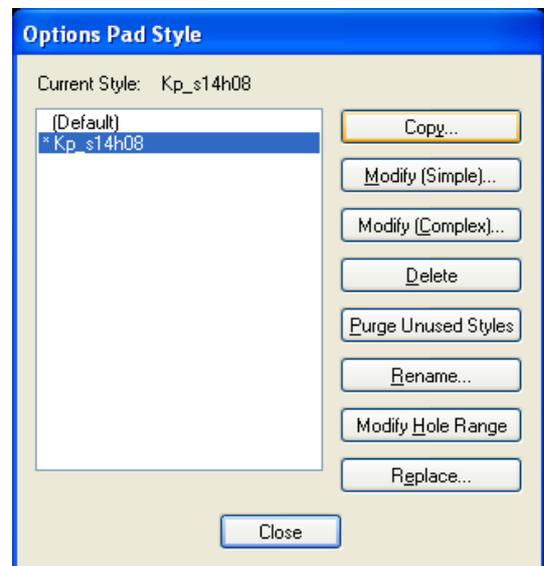


Рис. 5.93 – Выбор текущего стиля **Kp_s14h08**

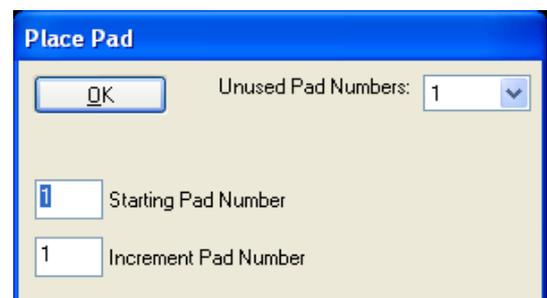


Рис. 5.94 - Размещение контактных площадок

Нарисовать прямоугольный контур катушки индуктивности.

- Выбрать текущим слой *Top Silk*.
- Выполнить команду *Place Line* (пиктограмма ).

● Поставить курсор в 1-ю точку (7; 8) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор во 2-ю точку (21; 8), щелкнуть ЛК. Установить курсор в 3-ю точку (21; 12), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 4-ю точку (7; 12) и щелкнуть ЛК. Наконец, вновь переместив курсор в 1-ю точку (7; 8), щелкнуть ЛК, а затем ПК.

● Нарисовать выводы. Поставить курсор в точку (5; 10) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (7; 10), щелкнуть ЛК, а затем ПК. Установить курсор в точку (21; 10), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (23; 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- Результат на Рис. 5.96.

Установить точку привязки ПМ индуктивности.

- Для этого выполнить команду *Place Ref Point* (пиктограмма ). Поставить курсор в точку (5; 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

Создать новый стиль шрифтов атрибутов.

● Чтобы стили шрифтов атрибутов индуктивности не отличались от других, разработанных ранее стилей атрибутов, создадим новый стиль шрифтов атрибутов.

- Для этого выполнить команды *Options/Text Style*. В диалоговом окне нажать кнопку *Add* и ввести имя нового стиля *Arial3_5Italic*. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу *Properties*. В открывшемся диалоговом окне *Text Style Properties* поставить флажок возле *Allow True Type*. Затем нажать кнопку *Font*. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «*Arial*». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку *OK*. В области «*Size*» ввести с клавиатуры значение 3,5 мм. Нажать кнопку *OK*.

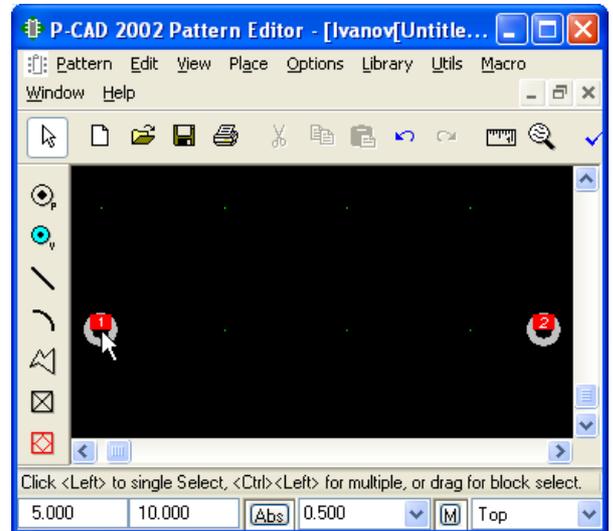


Рис. 5.95 - Установка контактных площадок индуктивности

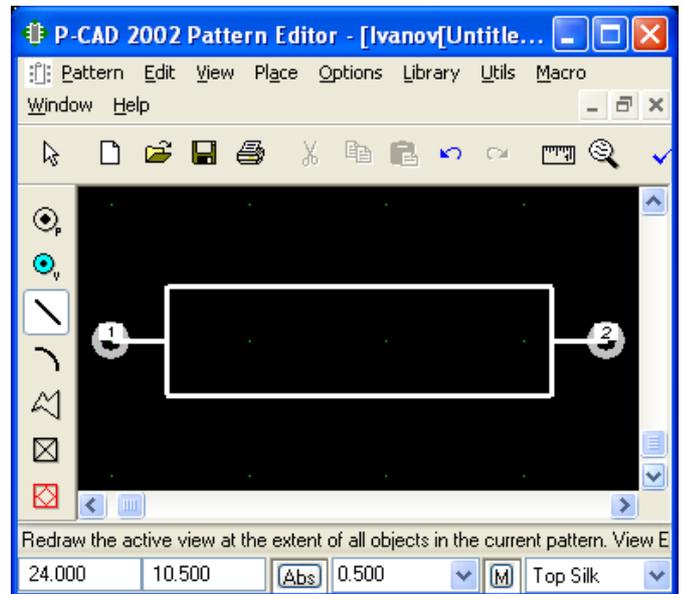


Рис. 5.96 – Изображение прямоугольного контура катушки индуктивности.

Ввести атрибуты катушки индуктивности.

- В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения, надписи типа элемента и его номинала.

- Выполнить команду **Place Attribute** (пиктограмма ). В появившемся диалоговом окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** — **RefDes**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать по центру горизонтали и низу вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с координатами (14; 12,5) и щелкнуть **ЛК**.

- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** выбрать **Type**. Снова установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать по центру горизонтали и верху вертикали. Нажать **OK**. Установить курсор в точку (22; 7,5), щелкнуть **ЛК**.

- Еще раз выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**. Теперь в области **Name** выбрать **Value**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать по центру горизонтали и верху вертикали. Нажать **OK**. Установить курсор в точку с (12; 7,5), щелкнуть **ЛК**. Полученный результат представлен на Рис. 5.97.

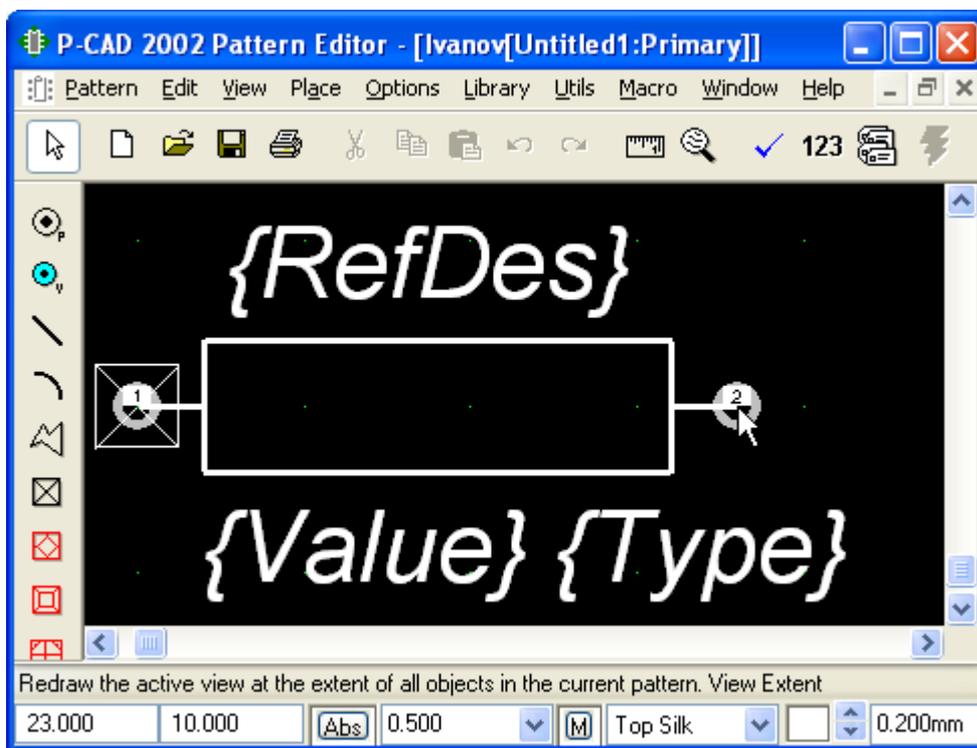


Рис. 5.97 – Окончательное изображение прямоугольного контура катушки индуктивности **Д1-1.2-1**

Записать в библиотеку посадочное место катушки индуктивности **Д1-1.2-1**.

- Для этого выполнить команды **Pattern/Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. В поле **Pattern** набрать имя элемента «**Д1-1.2-1**» и нажать кнопку **OK** (см. окно на Рис. 5.98).

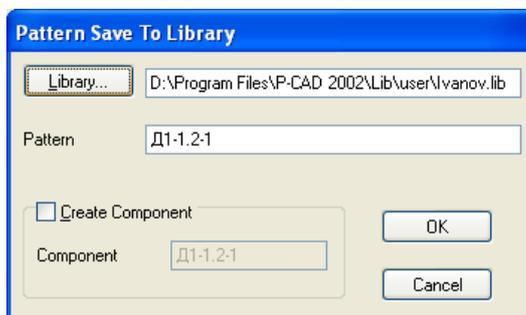


Рис. 5.98 - Сохранение в библиотеке ПМ катушки индуктивности Д1-1.2-1

5.12 Создание посадочного места электрического соединителя ОНКС-10

Если программа *Pattern Editor* не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 5.3, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места соединителя.

Порядок создания ПМ электрического соединителя **ОНКС-10** заключается в следующем.

Создать новый стиль контактных площадок.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеется лишь один стиль **Default**. Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Kp_s14h08** и нажать кнопку **OK**.

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **Kp_s14h08** и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) (штыревой) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (высота) и **Width** (ширина) равными **1,4** мм, а диаметр отверстия задать в поле **Hole** равным **0,8** мм, нажать кнопку **OK**.

Установка контактных площадок посадочного места электрического соединителя ОНКС-10.

- Установить шаг сетки **1.25** мм.
- Выполнить команды **Options / Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать стиль **Kp_s14h08**. Нажать кнопку **Close**.

- Выполнить команду **Place Pad** (пиктограмма ). В появившемся окне **Place Pad** ввести **1** в поле **Starting Pad Number** и **1** в поле **Increment Pad Number**.

- Поставить курсор в точку **(20; 30)** и щелкнуть **ЛК**. Перевести курсор в точку **(20; 27,5)** и щелкнуть **ЛК**. Установить курсор в точку **(20; 25)**, щелкнуть **ЛК**, переставить курсор в точку **(20; 22,5)** и нажать **ЛК**. Переместить курсор в точку **(20; 20)**, щелкнуть **ЛК**, перетащить его в точку с координатами **(20; 17,5)**, щелкнуть **ЛК**, переместить курсор в точку **(20; 15)**, щелкнуть **ЛК**, затем **ПК**. Будут установлены контактные площадки под выводы электрического соединителя (Рис. 5.99).

Перенумеровать контакты.

- Выполнить команды **Utils / Renumber** (пиктограмма ). В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем установить режим перенумерации контактов (в поле **Type** выбрать **Pad Number**). Проверить, чтобы начальный номер контакта (**Starting Pad Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**) были равны единице. Нажать кнопку **OK** (см. рис. Рис. 5.34, а, б) После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

- Снова вызвать команду **Utils / Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. Также нажать **OK**. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

Нарисовать прямоугольный контур электрического соединителя.

- Для этого выбрать текущим слой **Top Silk**.
- Выполнить команду **Place Line** (пиктограмма ).
- Установить курсор в 1-ю точку (17,5; 12,5) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор во 2-ю точку (22,5; 12,5) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 3-ю точку (22,5; 32,5) и щелкнуть ЛК. Установить курсор в 4-ю точку (17,5; 32,5), щелкнуть ЛК. И, наконец, переместить курсор снова в 1-ю точку (17,5; 12,5), щелкнуть ЛК, а затем ПК (Рис. 5.100).

Установить точку привязки ПМ электрического соединителя.

- Для этого выполнить команду **Place Ref Point** (пиктограмма ). Поставить курсор в точку (20; 30) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

Создать новый стиль шрифтов атрибутов.

- Чтобы стили шрифтов атрибутов ПМ электрического соединителя не отличались от других, разработанных ранее стилей атрибутов, создадим новый стиль шрифтов атрибутов.

- Для этого выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести имя нового стиля **Arial3_5italic**. Для этого стиля изменить настройки: выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**. В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся

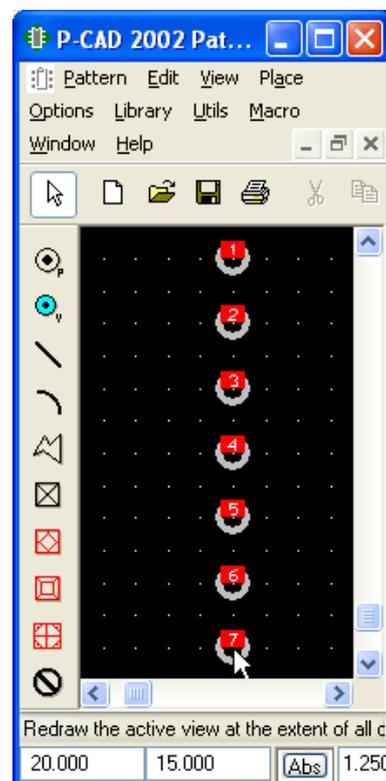


Рис. 5.99 - Установка контактных площадок ПМ электрического соединителя ОНКС-10

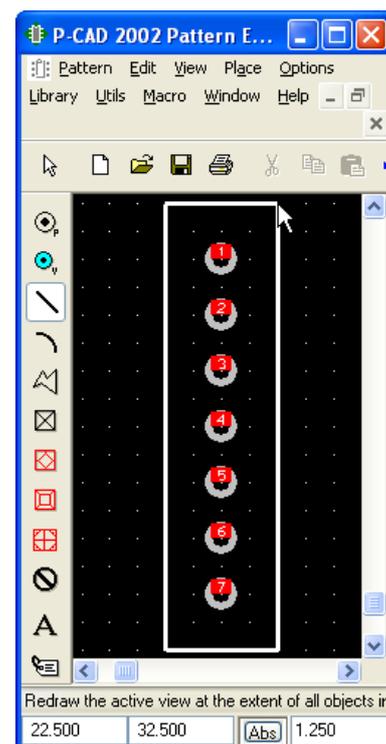


Рис. 5.100 - Изображение ПМ электрического соединителя

диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать «**Arial**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку **OK**. В области «**Size**» ввести с клавиатуры значение **3,5** мм. Нажать кнопку **OK**.

Ввести атрибуты ПМ электрического соединителя.

- В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения и надписи типа элемента.

- Выполнить команду **Place Attribute**

(пиктограмма ). В появившемся диалоговом окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** — **RefDes**. Установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать по центру горизонтали и низу вертикали. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор в точку с координатами **(20; 32,5)** и щелкнуть **ЛК**.

- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** выбрать **Type**. Снова установить стиль текста **Arial3_5Italic**. Выравнивание **Justification** задать по центру горизонтали и верху вертикали. Нажать **OK**. Установить курсор в точку **(20; 12,5)**, щелкнуть **ЛК**.

- Полученный результат представлен на Рис. 5.101.

Записать посадочное место электрического соединителя в библиотеку элементов *Ivanov.lib*.

- Выполнить команды **Pattern/Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку **Ivanov.lib**. В поле **Pattern** набрать имя элемента «**ОНКС-10**» и нажать кнопку **OK**.

5.13 Создание посадочного места «Корпус»

- Посадочное место для выводов цепи «Земля» необходимо создавать в том случае, если в дальнейшем будет разрабатываться ПП. В это ПМ достаточно включить одну КП сквозного или планарного типа, аналогично КП РЭ.

Таким образом, посадочные места для радиоэлементов учебной схемы разработаны. Можно приступать к выполнению следующей процедуры — упаковке выводов РЭ.

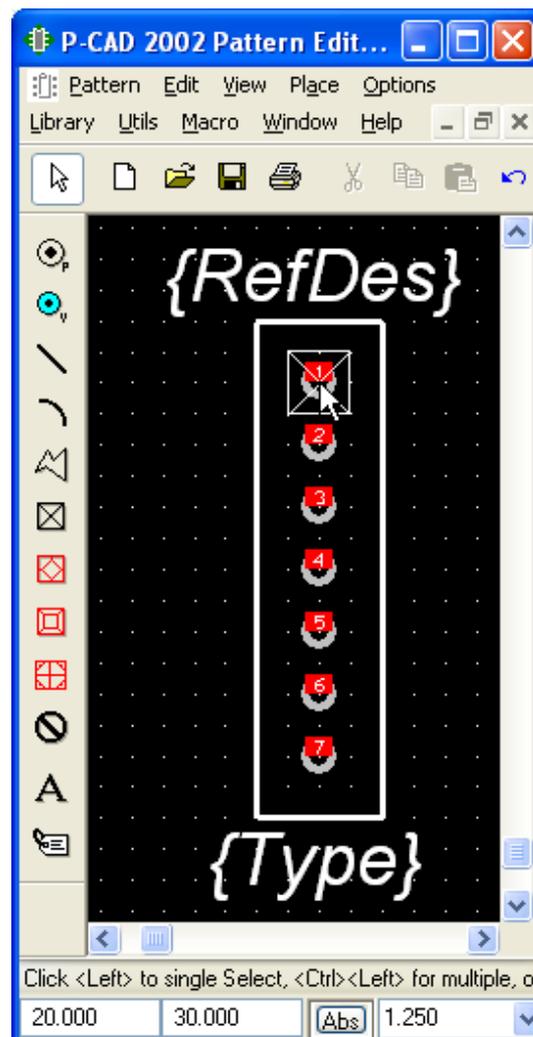


Рис. 5.101 - Окончательный вид посадочного места электрического соединителя **ОНКС-10**

6 Контрольные вопросы

- 1) Какие факторы влияют на установку радиоэлементов на ПП?
- 2) Поясните назначение редактора *Pattern Editor*.
- 3) Каким образом можно вызвать редактор *Pattern Editor*?
- 4) Поясните назначение кнопок на панели инструментов.
- 5) Каким образом настраивается конфигурация программы *Pattern Editor*?
- 6) Какова последовательность действий при создании посадочного места РЭ?
- 7) Как формируется тип контактных площадок для РЭ со штыревыми выводами?
- 8) Как формируется стиль контактных площадок для РЭ с планарными выводами?
- 9) На каком слое и как создается контур микросхемы?
- 10) Каким образом выполняется процедура перенумерации контактов?
- 11) Как вводится точка привязки РЭ?
- 12) Каким образом вводятся атрибуты РЭ?
- 13) Как производится запись посадочного места РЭ в библиотеку?
- 14) Какова последовательность действий при создании посадочного места РЭ методом редактирования?
- 15) Какова последовательность действий при создании посадочного места РЭ в режиме *Pattern Wizard*?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кобрин, Юрий Павлович.** Знакомство с системой автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD/Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Информационные технологии проектирования РЭС» для студентов очного и заочного обучения спец. 211000.62 и 162107.65. [online] - Томск : Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры, 2012. - 22 с. г.
2. **Уваров, А.С.** P-CAD. Проектирование и конструирование электронных устройств. - М. : Горячая линия - Телеком, 2004. - 760 с.
3. **Стешенко, В.Б.** P-CAD. Технология проектирования печатных плат. - СПб. : БХВ-Петербург, 2003. - 720 с.
4. **Лопаткин, А.В.** P-CAD 2004. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. — 560 с.
5. **Мактас, М.Я.** Восемь уроков по P-CAD 2001. - М. : СОЛОН-Пресс, 2003. — 224 с.
6. **Саврушев, Э.Ц.** P-CAD 2006. Руководство схемотехника, администратора библиотек, конструктора. — М. : ООО «Бином-Пресс», 2007. — 768 с.
7. **Уваров, А.С.** PCAD 2002 и SPECCTRA. Разработка печатных плат. . — М. : СОЛОН-Пресс, 2003. - 544 с.
8. **Саврушев, Э.Ц.** P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат. Практическое пособие. - М. : ЭКОМ, 2002. - 320 с.
9. **Пирогова, Е.В.** Проектирование и технология печатных плат. Учебник. — М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 560 с.
10. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликов и др; Под ред. Э.Т. Романычевой. - 2-е изд., перераб. и доп. -М. : Радио и связь, 1989. - 448 с.

11. **Романычсва Э. Т., Соколова Т. Ю., Шандурина Г. Ф.** Инженерная и компьютерная графика. - 2-е изд., перераб. - М. : ДМК Пресс, 2001. - 592 с.
12. **Леухин, В.Н.** Компоненты для монтажа на поверхность: справочное пособие/В. Н. Леухин. - Йошкар-Ола : Марийский государственный технический университет, 2006. - 300 с.
13. **Сускин, В.В.** Основы технологии поверхностного монтажа : . . . - Рязань : Узорочь, 2001. - 160 с.
14. **Медведев, А.М.** Печатные платы. Конструкции и материалы. - М. : Техносфера , 2005. — 304 с.
15. —. Технология производства печатных плат. - М. : Техносфера, . J, 2005. — 360 с.
16. **Кечиев, Л.Н.** Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры / Л.Н. Кечиев : , . - М. : ООО «Группа ИДТ», 2007. - 616 с.
17. **Кофанов Ю.Н., Сарафанов А.В., Трегубов С.И.** Автоматизация проектирования РЭС. Топологическое проектирование печатных плат: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 2001. - 220 с.
18. ГОСТ 29137—91. Формовка выводов и установка изделия электронной техники на печатные платы. - М. : Стандарты, 1991 - 48 с.
19. ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ ОСТ45.010.030-92. Электронные модули первого уровня РЭС. Установка изделий электронной техники на печатные платы. - М. : Стандарты, 1995. -172 с.
20. ГОСТ Р 51040-97. Платы печатные. Шаги координатной сетки. - М. : Издательство стандартов, 1997. - 7 с.
21. ГОСТ Р 53429—2009. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ. Основные параметры конструкции. - М. : Стандартиформ, 2010. - 12 с.
22. **Динц К.М., Куприянов А.А., Прокди Р.Г. и др.** P-CAD 2006. Схемотехника и проектирование печатных плат. Самоучитель. Книга + видеокурс. — СПб. : Наука и Техника, 2009. — 320 с.
23. **Иванова Н.Ю., Романова Е.Б. .** Проектирование печатных плат в САПР P-CAD-2002: Методическое пособие. - СПб. : СПбГУ ИТМО, 2007. - 118 с.