

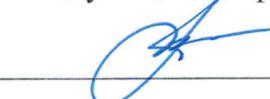
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева  
Кафедра «Системы автоматического управления»

Утверждено на заседании кафедры  
«Системы автоматического управления»  
«13» января 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

 О.В.Горячев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине (модулю)**

**«Основы конструирования приборов»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы специалитета**

по специальности

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

со специализацией

**Системы управления беспилотными летательными аппаратами**

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240506-01-21

Тула 2021 год

**Разработчик(и) методических указаний**

Ефромеев А.Г., доцент, к.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

## Создание чертежей на основе модели в САПР SolidWorks

### I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Получение навыков оформления конструкторских чертежей в САПР SolidWorks.

### II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Средства автоматизации проектирования, включающие возможности объемного параметрического моделирования и создания конструкторской документации (КД), все активнее входят в нашу повседневную жизнь. Когда-то, на заре автоматизации, считалось большим достижением начертить чертеж на компьютере (в 2D-системе — на электронном кульмане) — это обеспечивало сокращение сроков внесения изменений в документацию. Однако сейчас необходимость вычерчивания проекций и сечений в CAD-системе можно отнести, скорее, к ее недостаткам, поскольку прогресс шагнул далеко вперед и чертежи теперь создаются на основе 3D-моделей, автоматически обозначаются, масштабируются по листу и обновляются при изменении исходной модели.

#### *Чертежные виды*

**Временные оси.** Очень часто линии сечения должны проходить точно по центру отверстия или тел вращения. Нет необходимости создавать дополнительную геометрию. Просто привязывайтесь при построении линии сечения к временным осям (осям отверстий и других элементов вращения). Для этого необходимо включить их. В меню *Вид* выберите *Временные оси* и отобразите их.

**Скрытие кромок.** При отображении ступенчатых разрезов по ГОСТу кромки, лежащие на границе секущих плоскостей, должны быть скрыты. Для этого, удерживая нажатой клавишу *Ctrl*, выберите кромки, которые нужно скрыть, затем нажмите правую клавишу мыши и в контекстном меню выберите *Скрыть кромку*.

**Создание вида, перпендикулярного кромке.** Для создания вида, перпендикулярного кромке, выберите кромку как показано на рис. 1 а и нажмите *Вспомогательный вид* панели инструментов *Чертеж*. Вид, перпендикулярный кромке, стрелка и метка вида «Б» создаются автоматически. Если при этом удерживать нажатой клавишу *Ctrl*, то новый вид можно сразу же разместить в произвольном месте чертежа. Для того чтобы повернуть вид «Б», выберите на нем кромку цилиндрической бобышки (рис. 1б), затем выберите *Инструменты => Расстановка видов чертежа => По вертикали*. Вид повернется (рис. 1 в).

**Тонкие линии, ограничивающие вырывы.** Кромки, ограничивающие вырывы, в соответствии с ГОСТом должны быть отображены тонкими линиями. Удерживая нажатой клавишу *Ctrl*, выберите цепочку кромок, нажмите кнопку *Толщина линии* инструментов *Формат линии* и сделайте линии тонкими (S/2...S/3).

**Касательные кромки.** Для отображения касательных кромок (кромок скруглений) тонкими линиями по ГОСТу выделите вид, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Касательная кромка => Линии перехода по стандарту*.

**Освобождение вида, выровненного относительно родительского.** При создании нового вида удерживайте нажатой клавишу *Ctrl*. Если вид уже создан, выделите его лист в дереве, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Выровнять => Освободить перемещение видов*.

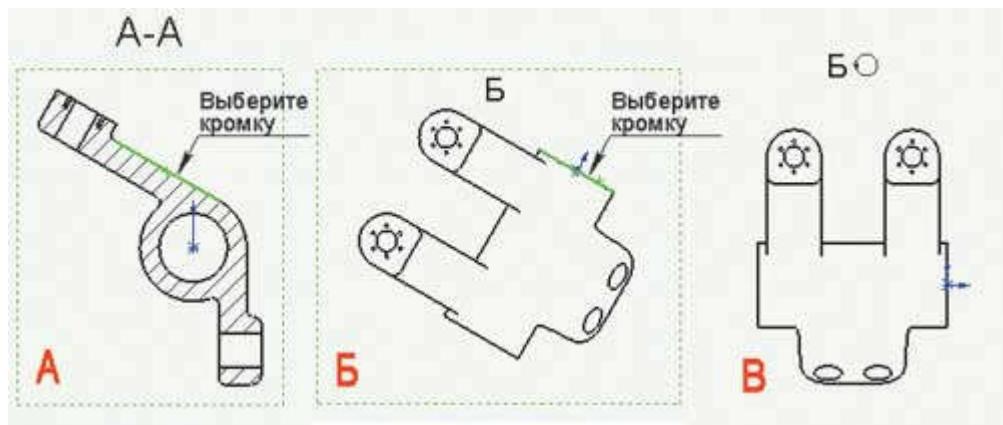


Рис. 1. Создание повернутого вида: а — выбор кромки на исходном виде; б — подготовка созданного вида к выравниванию по вертикали; в — результат операции

**Слои.** С помощью слоев можно управлять видимостью объектов, цветом, типом линий и толщиной линий, созданных на чертеже. Слои применяются для скрытия импортированных, но неиспользуемых размеров, размеров, используемых для параметрической связи, а также вспомогательной геометрии. Кроме того, цвет слоя наследуют компоненты сборки, перенесенные на этот слой. Для изменения типа и толщины линии на чертеже отдельных компонентов сборки выделите в дереве компонент, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Толщина линии компонента*. Снимите флажок с пункта *Использовать параметры по умолчанию*, а затем назначьте необходимые параметры.

### Размеры

SolidWorks – система параметрического моделирования, поэтому все модели и чертежи в ней управляются размерами. Существует два типа размеров:

- управляющие размеры, или размеры, по которым была построена модель. Значения управляющих размеров можно изменять как находясь в документе модели, так и непосредственно в чертеже. Для отображения управляющих размеров на чертеже выберите *Вставка=>Элементы модели*;
- справочные, или управляемые, размеры. Значения справочных размеров зависят от управляющих размеров и пересчитываются автоматически. Для добавления справочных, или управляемых, размеров в чертеж нажмите кнопку *Автоматическое нанесение размеров* панели инструментов *Размеры и взаимосвязи* и проставьте необходимые размеры.

По умолчанию после добавления в чертеж все размеры отображаются в соответствии с настройками, заданными в шаблоне документа. Отображение управляющих размеров модели на чертеже имеет ряд преимуществ. Изменяя в чертеже значение управляющего размера, можно управлять моделью. Если в чертеже назначить допуски и посадки, то они будут переданы в модель. Ряд утилит для пересчета допусков и расчета размерных цепочек берут именно из модели. При отображении размеров модели можно указывать, в каких видах каких элементов какие типы размеров и примечаний отображать.

**Отображение размера.** На стадии 3D-моделирования можно указать, что размер не будет отображен на чертеже. Для этого измените выбранную по умолчанию настройку *Пометить размер для импорта в чертеж* окна ввода значения (рис. 2).

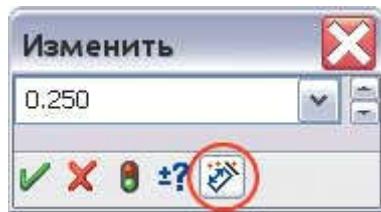


Рис. 2. Пометить размер для импорта в чертеж

**Размер на выносной полке.** Начинающие пользователи часто спрашивают, как оформить размер на выносной полке, например для градусных измерений малых углов. Для этого выделите размер, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Параметры отображения=> Сместить текст* (рис. 3).

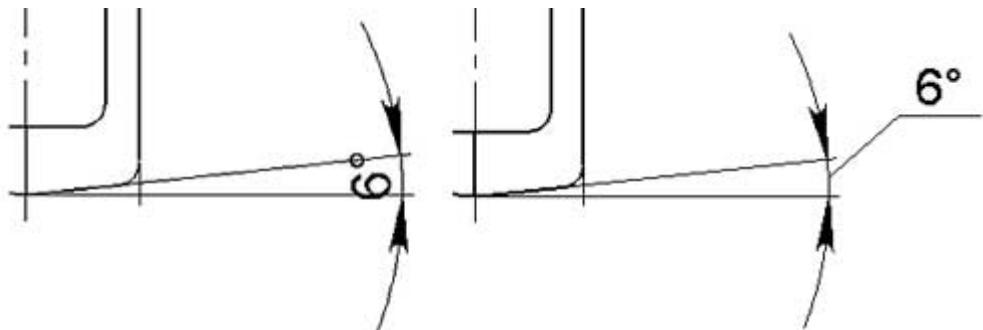


Рис. 3. Размер на выносной полке

**Отображение точек виртуального пересечения и привязка к ним выносных линий (линий удлинения) размеров.** На поле чертежа также могут быть показаны точки и линии виртуального пересечения кромок модели. Для настройки их отображения в текущем документе выберите *Инструменты=>Параметры* и в открывшемся диалоговом окне перейдите на вкладку *Свойства документа*, где проверьте, чтобы в разделе *Виртуальная резкость* была нажата кнопка *Выносная линия*(точки виртуального пересечения будут при этом отображаться как точки пересечения выносных линий).

**Отображение точки пересечения кромок.** Для того чтобы отобразить точку виртуального пересечения кромок модели, выберите при нажатой клавише *Ctrl* необходимые (скрещивающиеся) кромки и нажмите кнопку *Точечный* панели инструментов Эскиз. На чертеже появится изображение точки виртуального пересечения в соответствии с заданными настройками. Точку можно выбирать, осуществлять привязку к ней выносных линий размеров и т.д.

**Простановка размеров по точкам виртуальной резкости.** Размер «60» на чертежном виде (рис. 4) задан до точек виртуального пересечения кромок модели.

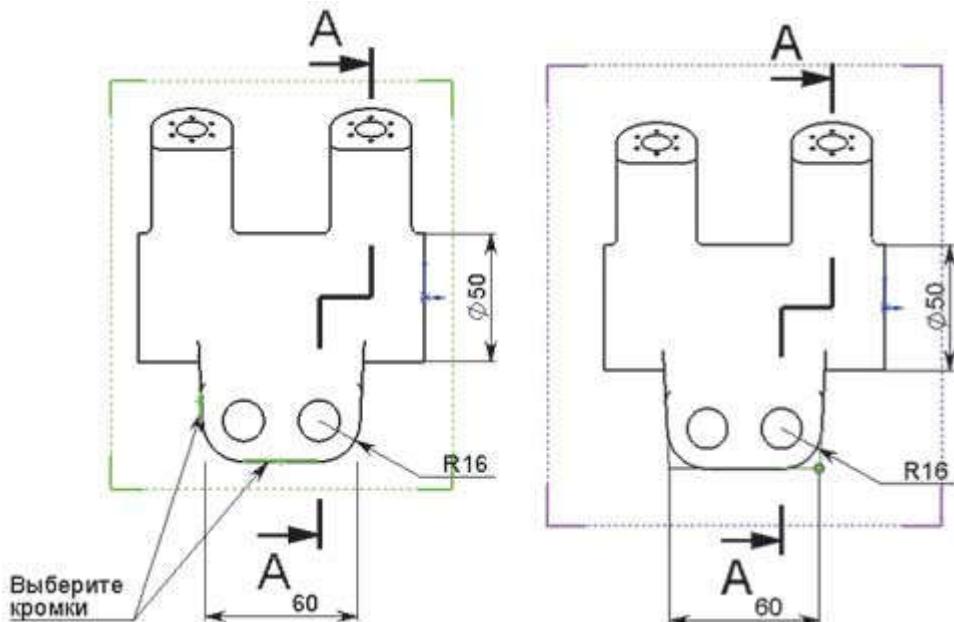


Рис. 4. Работа с точками виртуальной резкости

**Простановка допусков и посадок.** В SolidWorks имеется встроенная библиотека допусков и посадок по ГОСТу. При назначении размеру типов допусков *Посадка*, *Посадка с допуском* или *Только допуск* и выборе обозначения поля допуска из списка стандартных значений изменение размера (переход его в другой размерный интервал в пределах вышеуказанного поля допуска) повлечет за собой изменение предельных отклонений в соответствии с используемым стандартом. Иными словами, каждому значению размера соответствует табулированное значение допуска (рис. 5).

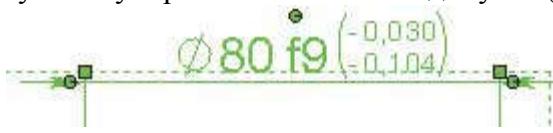


Рис. 5. Обозначение поля допуска

В силу вышесказанного, назначение размерам типов допусков: *Посадка*, *Посадка с допуском* или *Только допуск* и использование списка стандартных значений полей допусков являются более предпочтительными, так как помогают предотвратить возможные ошибки в случае изменения модели. При назначении допусков «вручную» или с помощью команды *Заметка* конструктор должен будет сам контролировать изменение предельных отклонений при изменении размеров модели.

**Создание обозначения допуска в случае равенства нулю одного из предельных отклонений.** Зададим для размера значение допуска в соответствии с полем допуска «H8», при этом отобразим только верхнее, не равное «0» предельное отклонение. Выделите размер в графической области. В окне *РазмерМенеджера свойств* нажмите кнопку *Дополнительные свойства* и в открывшемся диалоговом окне *Свойства размера* нажмите кнопку *Допуск*. Появится диалоговое окно *Допуск размера* (рис. 8). В поле *Тип допуска* выберите *Посадка*; в поле *Посадка отверстия* выберите требуемое обозначение поля допуска «H8». В полях *Максимальная* и *Минимальная вариация* при этом отобразятся стандартные значения «+0,046» и «0» верхнего и нижнего предельных отклонений, соответствующие данному полю допуска. Введите значение верхнего поля допуска – «+0,046». В разделе *Шрифт допуска* отключите параметр *Использовать шрифт размера* и задайте значение коэффициента «0,6» (или «0,5») для высоты шрифта обозначения поля допуска. В разделе *Отобразить допуск* нажмите кнопку *Группа без линии*. Нажмите *OK* и закройте диалоговые окна. Это способ задания допуска «вручную». Результат операции показан на рис. 6.

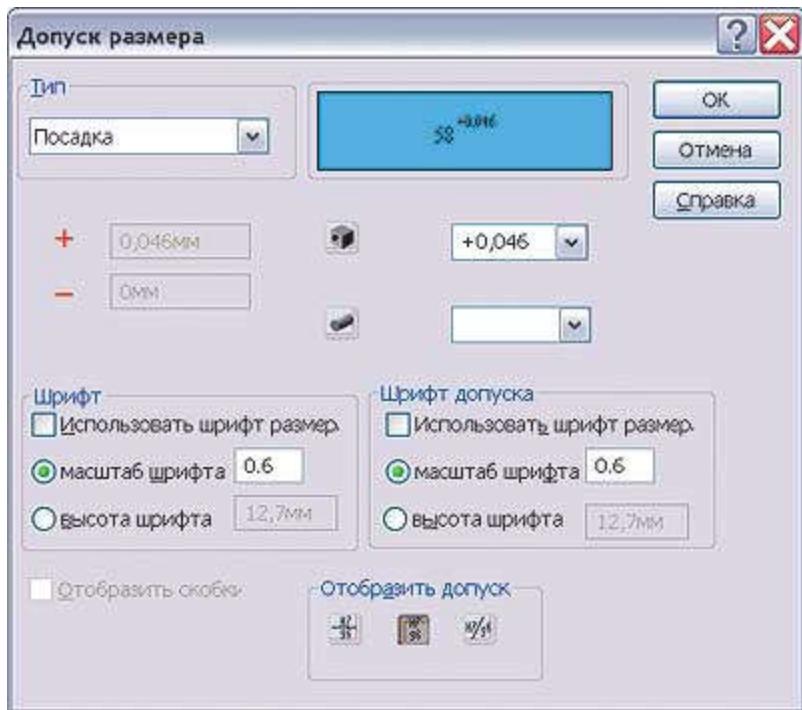


Рис. 6. Настройка параметров допуска размера

**Создание укороченных диаметров и радиусов.** В документах чертежей можно создавать укороченные диаметры и радиусы, задавая их размеры. При указании такого размера отображается зигзагообразная линия (рис. 7).

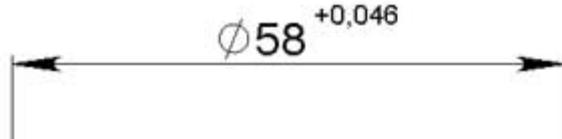


Рис. 7. Результат назначения допуска с нулевым предельным отклонением

### Примечания

Важным средством оформления чертежей являются примечания, функциональный набор которых собран на одноименной панели инструментов. К примечаниям относятся: заметка, отклонение формы, шероховатость, позиция, база, обозначение сварного шва, блок, штриховка, указатель центра, осевая линия, условное изображение резьбы и др.

Одним из наиболее часто используемых инструментов при оформлении чертежей является **Заметка**, которая может отображаться с выносной, указывающей на элемент (грань, кромку или вершину) документа, и содержать простой текст, символы, параметрический текст или гиперссылки. Выноска может быть прямой, изогнутой или с изогнутыми указателями. При оформлении технических требований в заметку можно добавить другие примечания, например символы шероховатости.

**Шероховатость на выносной полке.** При вставке примечания в заметку можно либо выбрать примечание, уже существующее в чертеже (если щелкнуть по нему, то сохранится ассоциативная связь), либо создать новое примечание в окне **Менеджера свойств**. С помощью этого способа можно оформить отображение шероховатости по ГОСТу в случае, когда шероховатость располагается на выносной полке (рис. 8).

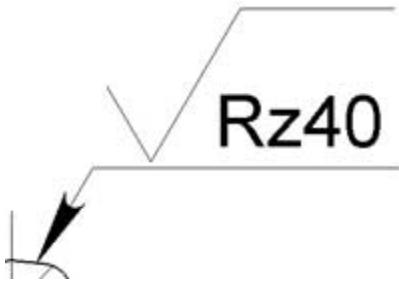


Рис. 8. Шероховатость на выносной полке

**Отображение в примечании значения размера, связанного с параметром модели.** Для этого, находясь в режиме редактирования заметки, щелкните по размеру на чертеже. В заметку добавится параметрический текст вида *R”D1@Скругление2@Шкив-Часть детали-1-1@Чертежный вид1”*. После выхода из режима редактирования заметки отобразится значение размера.

**Простановка размеров с множественными указателями.** Чтобы добавить несколько выносных линий (рис. 9), во время перетаскивания заметки и перед ее размещением нажмите клавишу *Ctrl*. Перемещение заметки остановится, и появится вторая выноска. Не отпуская клавишу *Ctrl*, нажмите указатель мыши там, где необходимо разместить выноску. Нажмайте нужное число раз для размещения дополнительных выносок. Отпустите клавишу *Ctrl* и нажмите указатель в том месте, где необходимо разместить заметку. Затем, находясь в режиме редактирования заметки, наберите *R* и выберите в графической области существующий размер *R0,5*. Выходите из редактирования заметки. После этого скройте существующий размер с единичной выноской.

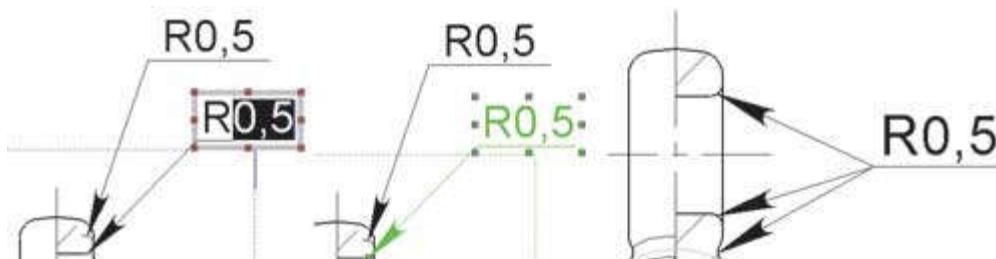


Рис. 9. Простановка размеров с множественными указателями

Для часто используемых элементов чертежа можно создавать, сохранять, редактировать и вставлять блоки, например стандартные заметки, блоки заголовков, расположений меток и т.д. Блоки могут содержать текст и любые объекты эскиза, позиции, импортированные объекты и текст, а также штриховку. Блоки можно прикреплять к геометрии или к чертежным видам, а также вставлять их в основные надписи. Если на вашем предприятии используются специфические условные знаки, вы всегда можете создать блоки, содержащие нужные графические и текстовые элементы.

**Создание знака неуказанной шероховатости.** Рассмотрим применение блоков на примере создания знака неуказанной шероховатости (рис. 10). Откройте редактор блоков с помощью *Инструменты => Блок => Создать*. Начертите тонкими линиями с помощью дуг и отрезков внутренний значок в соответствии с чертежом. Затем начертите утолщенными линиями с помощью отрезков внешний значок в соответствии с чертежом. Задайте для точки, помеченной зеленым цветом (см. рис. 10), координаты  $[-10, -10]$  и зафиксируйте ее. Дополните значение параметра обработки заметкой *Rz40*. Создайте два слоя: геометрия шероховатости и размеры шероховатости. Размеры поместите на слой «размеры шероховатости» и скройте его. Геометрию и значение *Rz40* поместите на слой «геометрия шероховатости». Сохраните блок. Он автоматически попадет в папку *Блоки* в дереве конструирования. Добавьте его на поле чертежа. Сохраните блок в *Библиотеке проектирования* для дальнейшего использования.

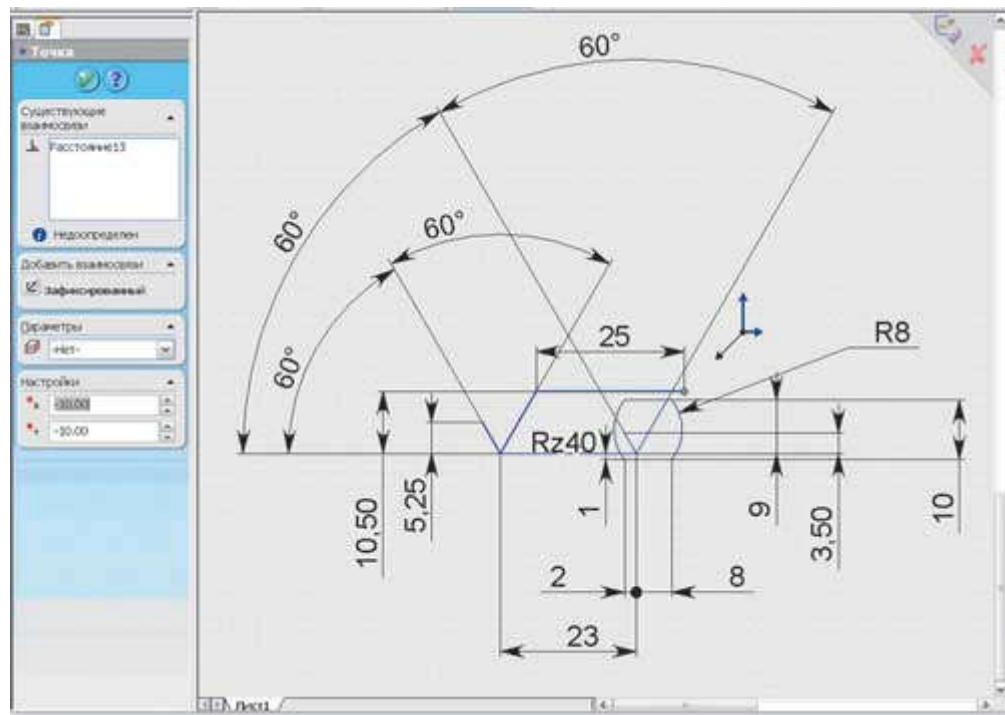


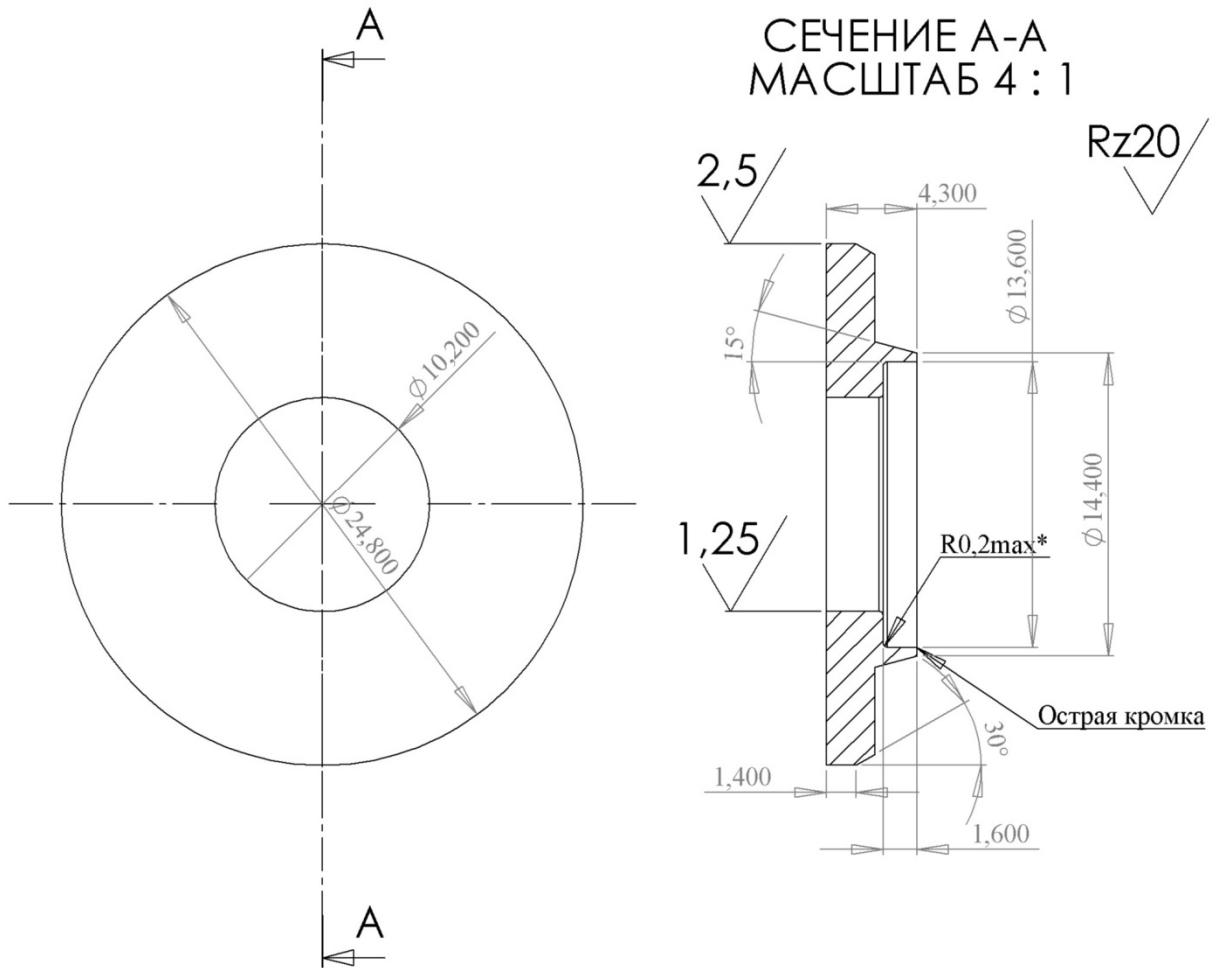
Рис. 10. Создание знака неуказанный шероховатости

### III. ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер с установленной САПР SolidWorks.

### IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

Создайте чертёж детали, изображенной на рисунке, с помощью средств SolidWorks:



#### V. ПОРЯДОК ВЫПОЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустите SolidWorks.
2. Создайте новый документ типа «Деталь».
3. Постройте трёхмерную модель заданной детали.
4. Сохраните результаты в файл.
5. Создайте новый документ типа «Чертёж».
6. Импортируйте необходимые виды и разрезы из ранее созданного документа с трёхмерной моделью детали.
7. Добавьте в чертёж необходимые размеры и обозначения.
8. Сохраните результаты.

#### VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных при проектировании действий и изображение созданной детали в нескольких проекциях и итоговый её чертёж.

#### VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные типы документов, с которыми работает САПР SolidWorks.

2. Какие типы размеров существуют в SolidWorks, и чем они отличаются?
3. В чем особенность параметрических систем моделирования?

### VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дударева Н.Ю., Загайко С.А. SolidWorks 2009 в примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
2. Каплун С.А., Ходякова Т.Ф., Щекин И.В. SolidWorks. Оформление чертежей по ЕСКД. – М.: SolidWorks Russia, 2009.
3. Встроенная справочная система SolidWorks.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

## **Основы разработки электронных устройств с помощью САПР Altium Designer**

### I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Получение навыков разработки электронных устройств в САПР Altium Designer

### II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Состав программного пакета Altium Designer включает весь необходимый набор инструментов для создания, редактирования и правки работ на основе электрических и программируемых интегральных схем. Редактор схем позволяет работать с проектами любого размера и сложности, преобразовывая их в простейшие подблоки. Цифро-аналоговое моделирование учитывает почти все реальные параметры и предоставляет в распоряжение конструктора огромное количество различных анализов, включая анализы переходных процессов, частотный, шумов, передаточных функций, Фурье, методом Monte-Carlo, с изменением значений температуры. На схемотехническом уровне проверяются и устраняются различные импедансы и перекрестные отражения. Редактор печатных плат программы содержит уникальные средства для автоматического (программы Statistical Placer, Cluster Placer) и интерактивного размещения компонентов. Топологический трассировщик Situs использует полностью настраиваемый алгоритм для решения задач разводки печатных плат с большой плотностью установки элементов. Он может работать по неортогональным направлениям и с самостоятельным выбором слоев. Постоянно обновляемые библиотеки программы хранят более 90 тысяч компонентов. Многие из них имеют модели посадочных мест, IBIS и SPICE-модели, а также 3D-модели. Каждую из них можно создать в программе самостоятельно с минимальными затратами времени путем последовательного ввода сведений о компоненте.

Благодаря поддержке DirectX произошло перераспределение нагрузки между процессором и видеокартой, что значительно ускорило работу с полигонами и многослойными платами. Существует возможность разработки печатной платы в трёхмерном виде с импортом/экспортом данных в механические САПР (SolidEdge, SolidWorks, AutoCAD, ProEngineer). Altium Designer поддерживает практически все существующие форматы выходных файлов: DXF, Gerber, NC Drill, ODB++, VHDL, IPC-D-356 и многие другие. Встроенный мастер импорта проектов преобразовывает библиотеки, схемы и платы из систем OrCAD, PCAD, Allegro PCB, PADs, DxDesigner в работы Altium Designer независимо от кодировки (бинарной или ASCII). Отличительной особенностью среды проектирования является сквозная целостность разработки на разных этапах проектирования. Другими словами изменения, внесённые на любом уровне разработки, будут отражены на всех стадиях проекта.

## Создание библиотеки элементов.

В рабочем поле редактора щелкнем правой кнопкой мыши и в выпадающем меню выполним команды «Опции / Опции документа». Откроется окно «Рабочая область редактора библиотек» (рис. 1). Во вкладках "Настройки редактора" и "Ед.изм." произвести настройки как на рис.1.

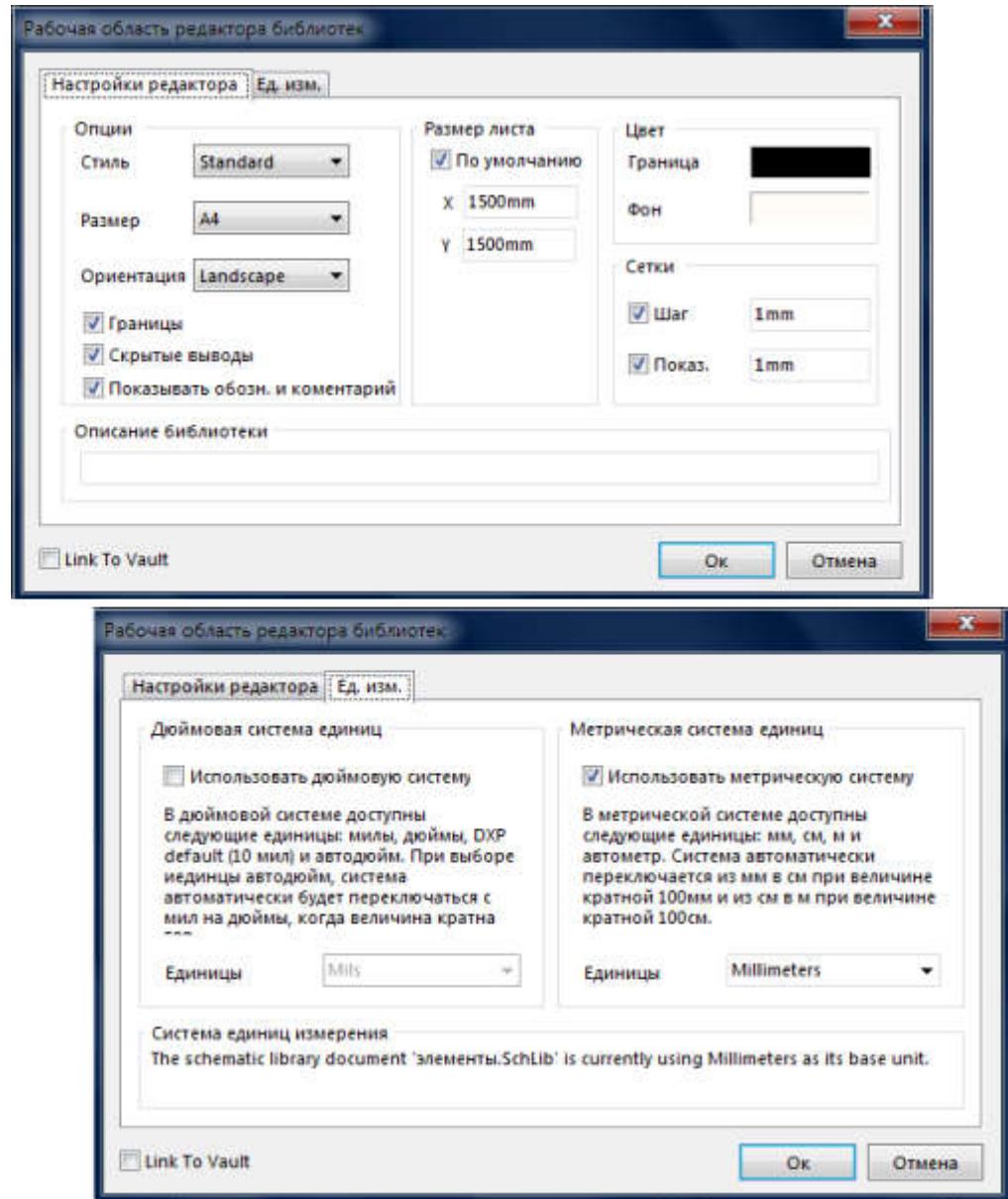


Рис.1.

Теперь можно настроить шаг сетки: для этого выполнить команды «Опции /Настройка редактора схем». В окне Настройки щелчком открыть папку Schematic и выбрать вкладку Grids. Откроется окно, в котором в поле «GridOptions» в окне Видимая сетка установить DotGrid (точечная сетка) или LineGrid (линейная сетка) , цвет сетки задать чёрным. Нажать Применить и Ok.

Шаг сетки установить 1мм (нажатием клавиши G).

Выполним команду «Размещение/Линия» и сформируем корпус резистора в виде прямоугольника размером 10x4 мм.

Далее добавим выводы резистора командой «Размещение/Вывод». Ставим выводы так чтобы белые точечки на конце вывода были направлены от корпуса. Белые точки показывают место соединения проводников. (Рис.11)

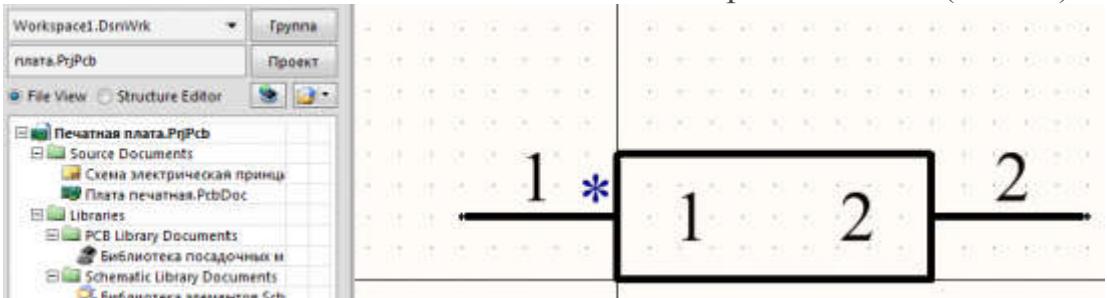


Рис.2.

Чтобы повернуть вывод при его вставке нажимаем на пробел. Отредактировать вывод можно дважды щелкнув по нему. После этого появляется окно "Pin Properties" (Рис.2)

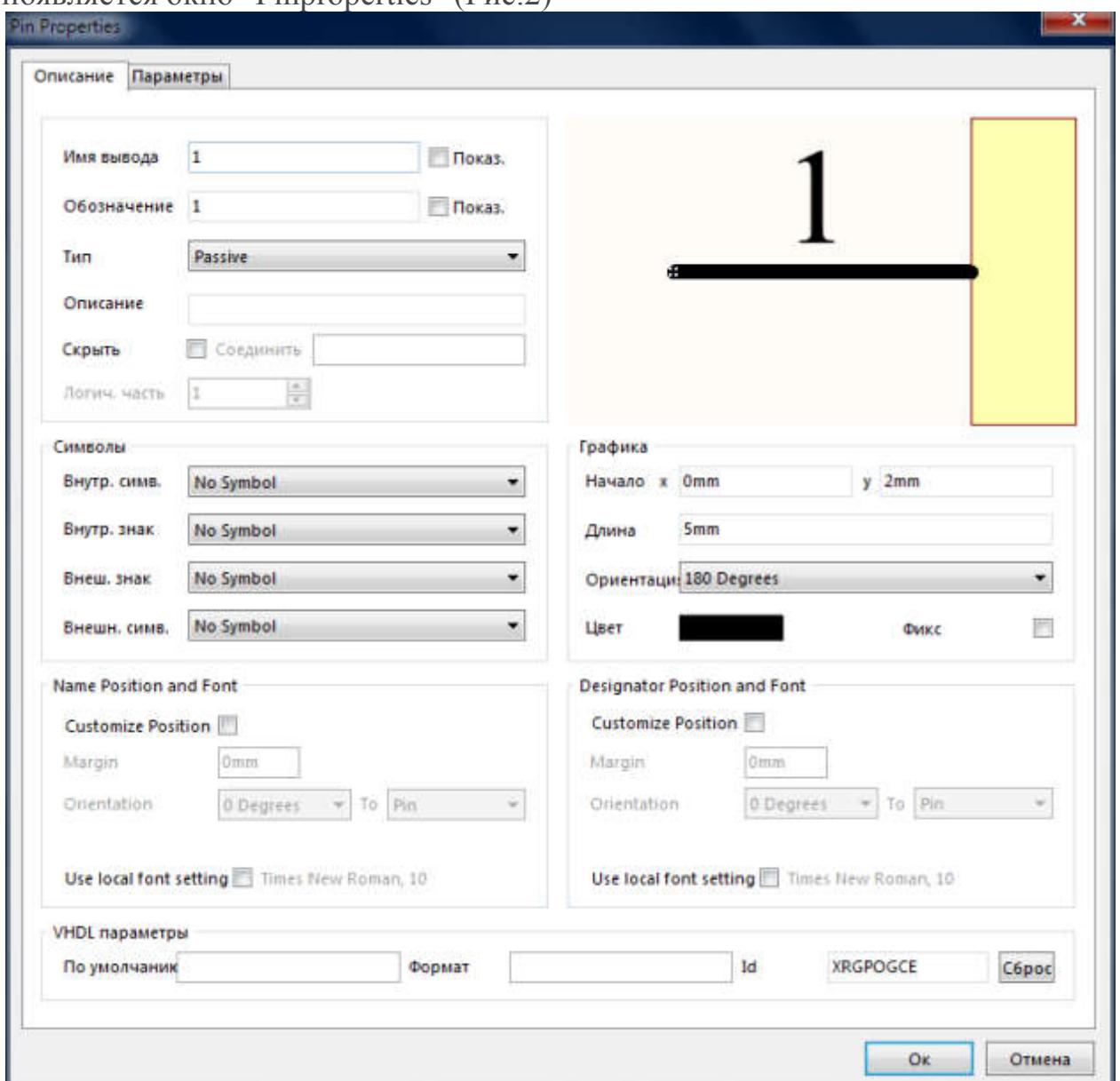


Рис.2

Длину выводов установить 5 мм. Так как выводы резистора не нумеруются и не обозначаются, в окнах имя вывода и обозначение убрать флажки.

Записать созданный рисунок резистора в библиотеку. Для этого в нижней части экрана нажать SCH. В появившемся окне щелкнуть по кнопке SCH Library, в следующем появившемся окне в списке компонентов дважды щелкнуть по Component\_1 (Рис.3).

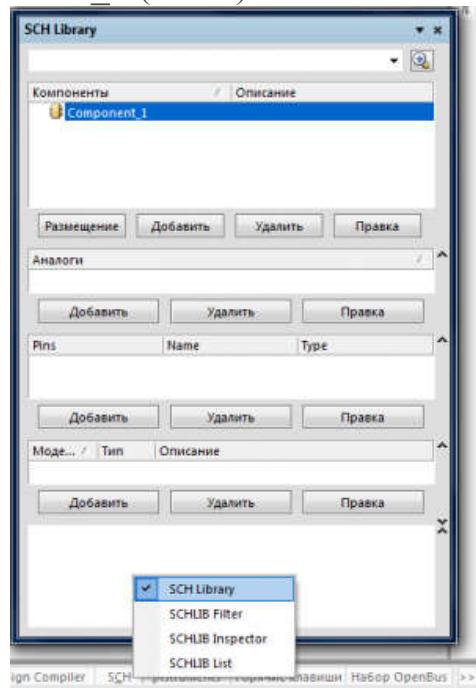


Рис.3.

Откроется окно "LibraryComponentProperties" , в котором можно переименовать название элемента на «Резистор». В окошечке "DefaultDesignator" напишем обозначение резистора R? ,где вместо знака вопроса, при составлении схемы, программа автоматически поставит номер резистора. В окошечке "DefaultComment" напишем номинал, а галочки visible делают видимыми на схеме указанную информацию. Нажимаем кнопку Ок. (Рис.4.)

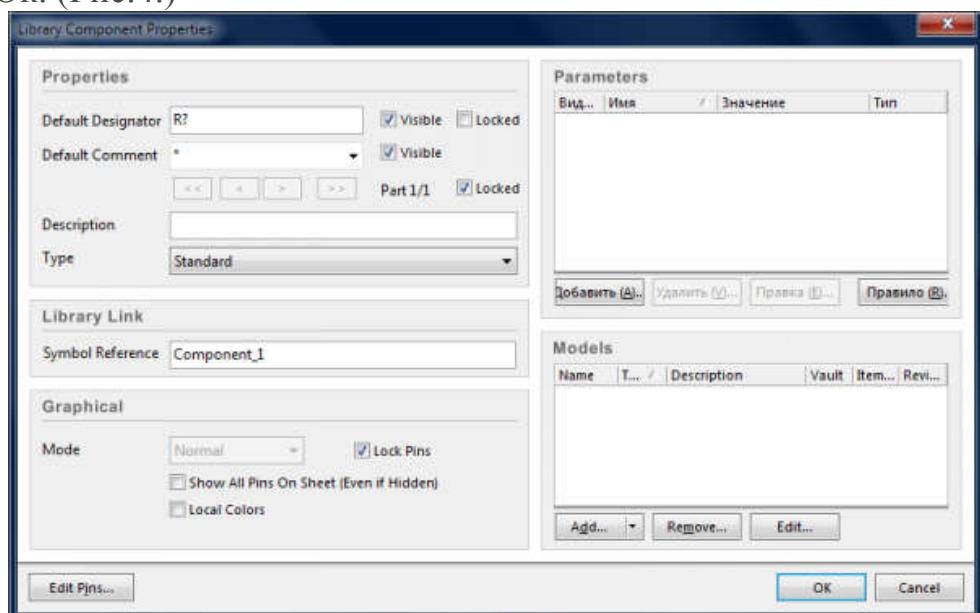


Рис.4.

Для того, чтобы создать новый компонент, выполним команду "Инструменты / Новый компонент". Появится маленькое окно, в котором нужно ввести его название и нажать OK. Новый компонент появится в библиотеке SCH Library.

Проделаем основные настройки редактора посадочных мест. Открыть файл проекта "Печатная плата .PrjPCB". В дереве проекта открываем документ "Библиотека посадочных мест". Щелкнуть правой кнопкой мыши в рабочем поле и выполнить команды Опции / Опции библиотеки (рис.15).

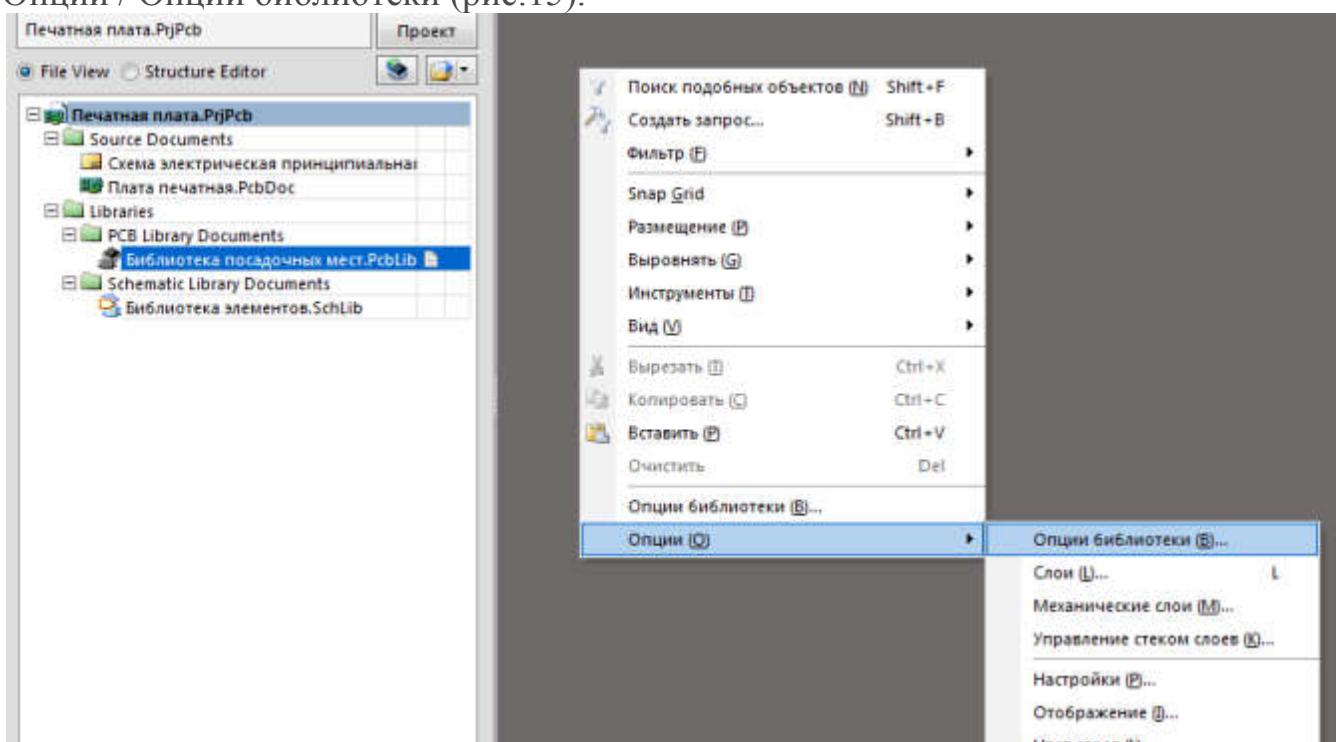


Рис.5.

Откроется окно Свойства платы (Параметры платы), в котором необходимо установить: единицы измерения Metric, шаг сетки 1mm. Убираем галочку "Авторазмер" и задаем ширину и высоту 1500 мм, а позицию листа 0;0. (рис 6).

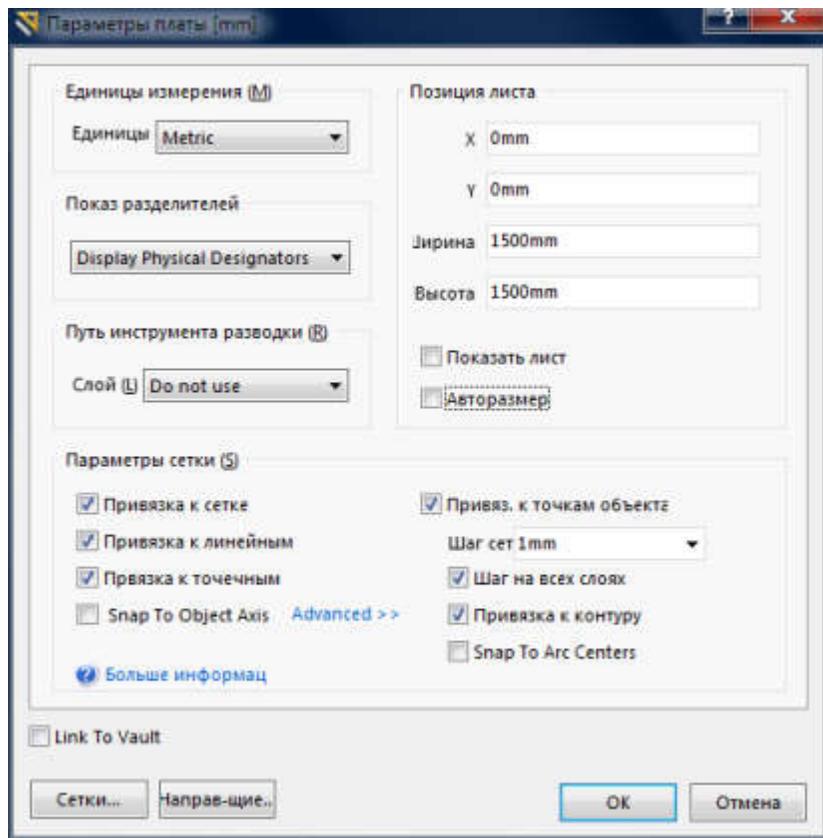


Рис.6.

Создадим посадочное место для резистора.

Выполним команду Инструменты / Новый бланк компонента. После чего создается лист серого цвета с клетками, а по центру располагается небольшой круг - начало координат.

Выполнить команды Размещение / Контактная площадка. Установить эту контактную площадку в начало координат. Далее щелкнуть по ней дважды левой кнопкой мыши. После этого откроется окно настройки контактных площадок. В поле Размеры и форма выбрать "Общая" задать необходимую длину и ширину, выбрать форму контактной площадки (например Round). В поле Информация об отверстии задать диаметр отверстия 0,9 мм (учитывайте толщину выводов вашего компонента). В поле Свойства задать : Обозначение 1, слой Multi -Layer, цепь -NoNet, тип-Load, галочку металл.

Остальные поля заполняются индивидуально. Нажимаем Ок. (рис 7).

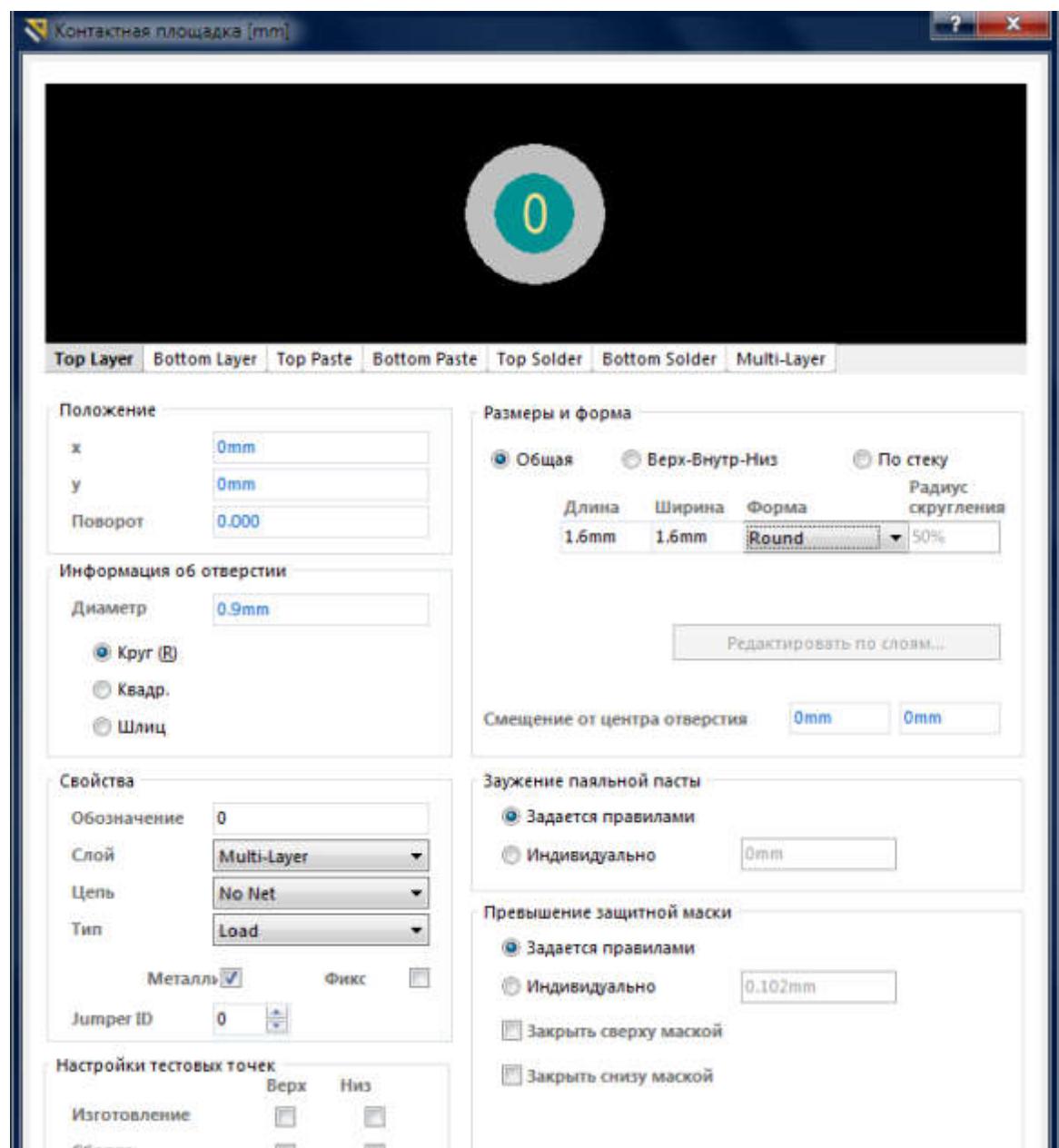


Рис.7.

Теперь можно скопировать созданную контактную площадку и разместить ее в нужном расстоянии. Шаг сетки выбирается нажатием клавиши G. Масштаб листа осуществляется прокруткой колеса мыши при нажатой клавише Ctrl. Расстояние между конт. площадками устанавливается индивидуально для каждого компонента. На рисунке 18 оно составляет 15 мм.

Обозначение конт. площадок 1 и 2.

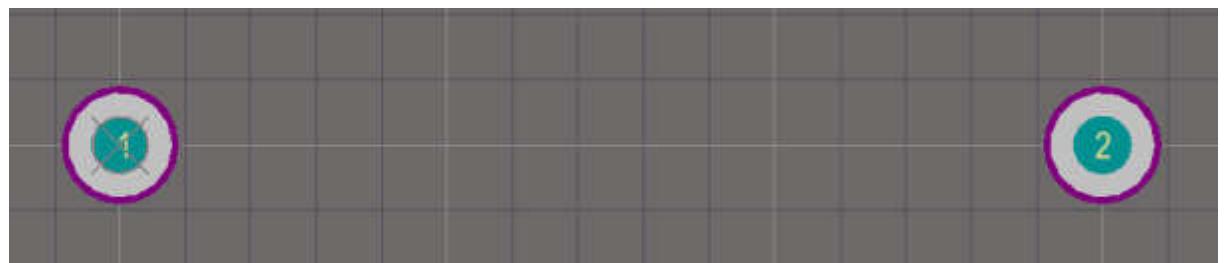


Рис.8.

Теперь нарисуем контур резистора. Для этого выбрать слой TopOverlay (рис.9), выполнить команды Размещение / Линия и нарисовать контур резистора равный габаритным размерам (рис.10)

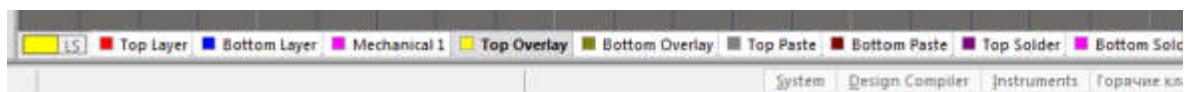


Рис.9.

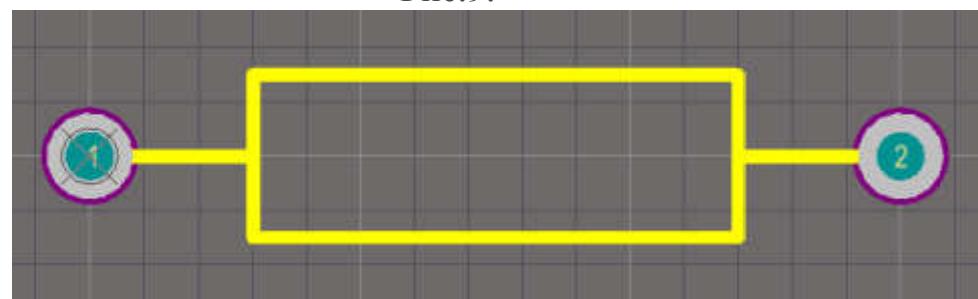


Рис.10.

Сохранить посадочное место в библиотеку. Нажимаем в правой нижней части экрана на кнопку PCB Library выбираем PCB Library и в появившемся окне дважды щелкаем по компоненту PCBComponent\_1, набираем имя "ПМ для резистора" и сохраняем нажав OK. (рис.11)

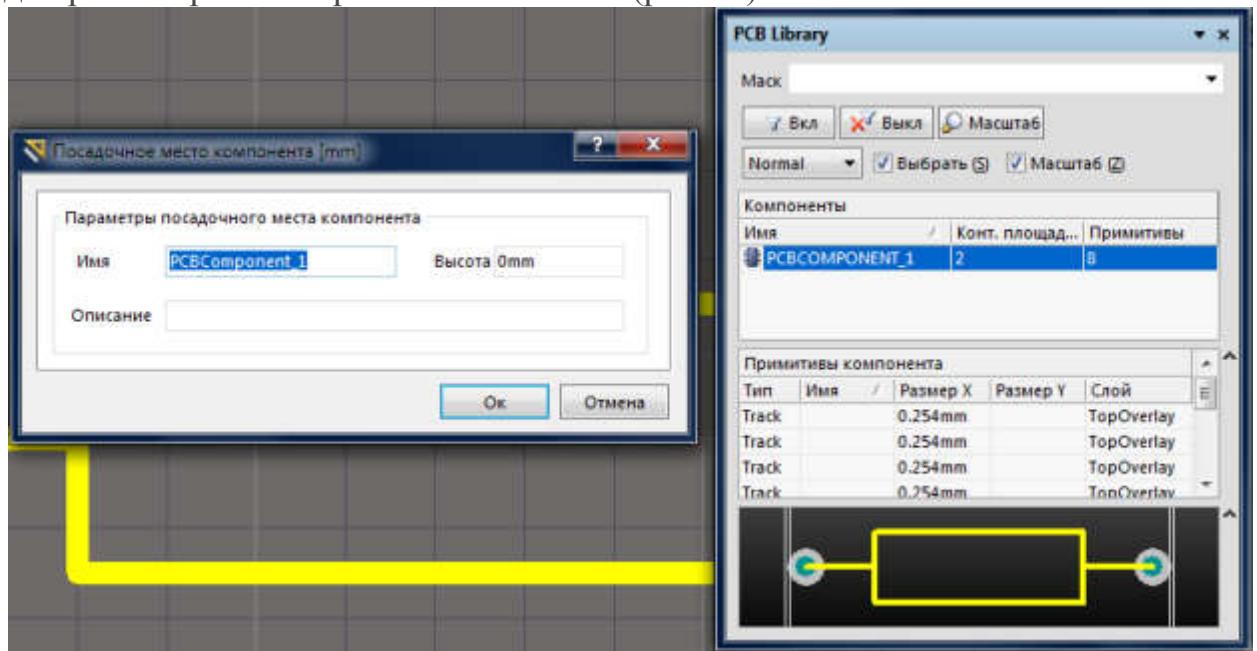


Рис.11.

Посадочные места также можно создать и другим способом. Для этого нажимаем Инструменты / Помощник создания компонентов. В открывшемся окне нажать Далее. Из появившегося списка выбираем то, что хотим создать, например конденсатор (capacitor) и единицы измерения (рис.12)

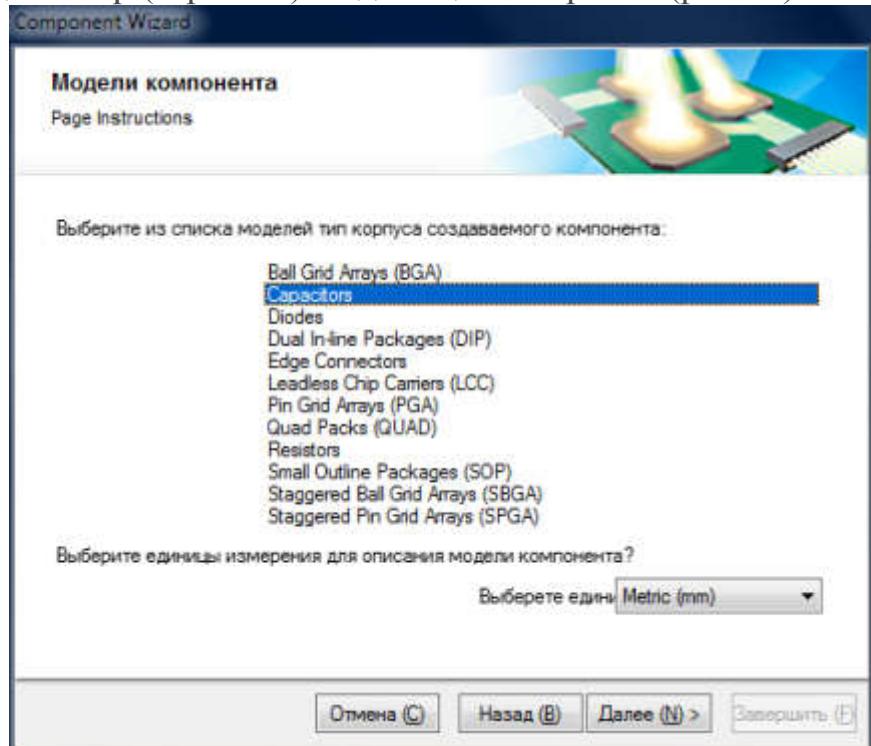


Рис.12.

Нажимаем Далее. Теперь программа просит указать способ монтажа. ThroughHole - это монтаж в отверстие, а SurfaceMount - это поверхностный монтаж. Снова нажимаем Далее и указываем диаметр контактной площадки и диаметр отверстия. Далее указываем расстояние между отверстиями. Затем программа спрашивает полярный или неполярный данный конденсатор. Выбираем стиль монтажа. В итоге получается вот что (рис.13).

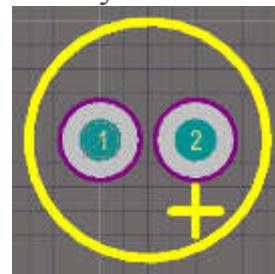


Рис.13.

Аналогичным образом создаем посадочные места для других компонентов.

Открыть библиотеку можно командой PCB / PCB Library.

Обязательно сохраняем все изменения проекта командой File (Файл) / SaveAll !

Посадочные места в программе AltiumDesigner именуются как "footprint" (футпринт). Теперь пришло время прикрепить созданный футпринт резистора к его условно графическому изображению. Для этого в дереве проекта открываем "Библиотека элементов.SchLib". Затем

справа в нижней части экрана нажать на кнопку SCH, щелкнуть по нему и в контекстном меню выбрать SCH Library. Откроется менеджер разработанной библиотеки элементов, в котором нужно выделить нужный элемент (в нашем случае резистор) и нажать кнопку "добавить" (Рис.14).

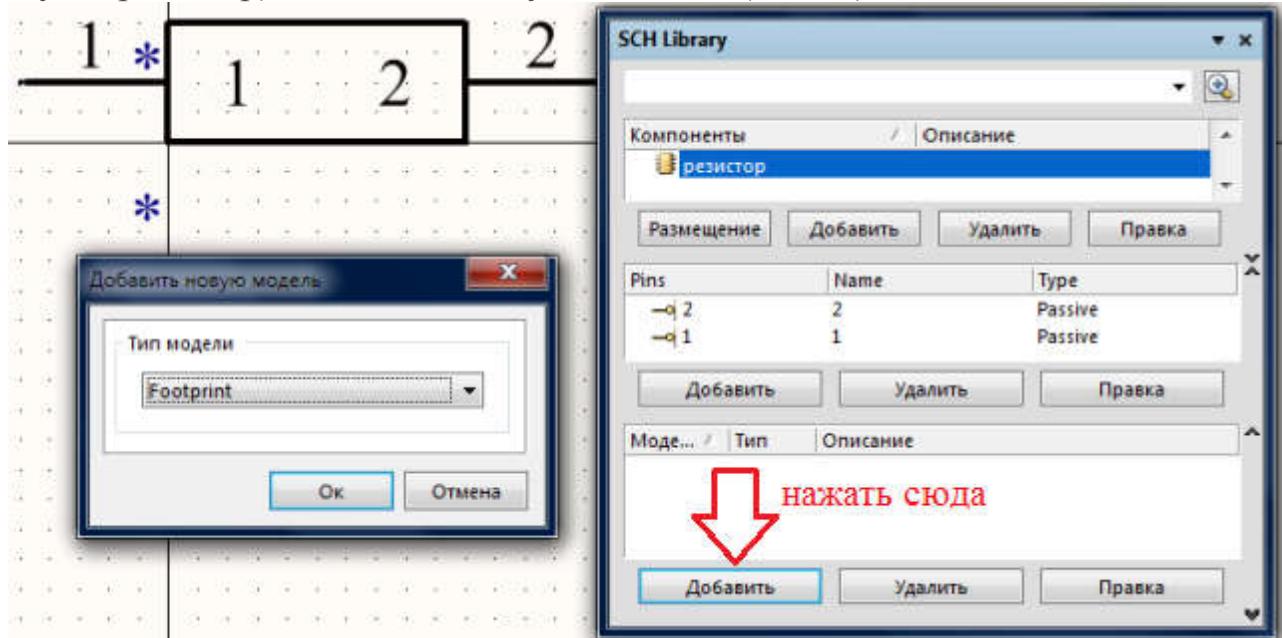


Рис.14.

После этого в появившемся маленьком окошечке выбрать тип модели "Footprint" и нажать OK. Откроется окно "Модель компонента на плате", в котором нажимаем "Обзор" и выбираем "ПМ для резистора". Нажать OK. Рис.15.

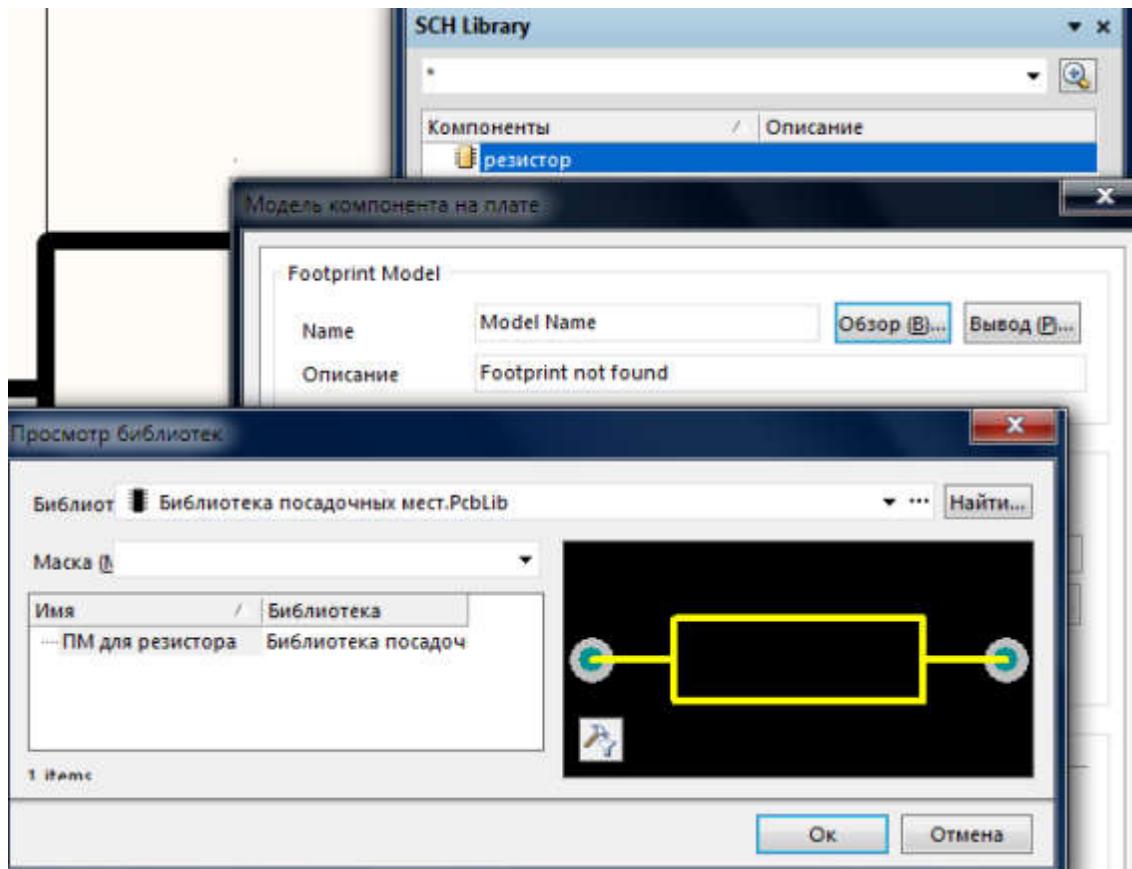


Рис.15.

Сохраняем все изменения проекта командой File (Файл) / SaveAll.

Аналогичным образом создаются другие компоненты. После этого переходим к созданию принципиальной схемы.

### Создание схемы электрической принципиальной

Открыть файл Печатная плата.PjtPCB. Появится менеджер проектов. Щёлкнуть дважды по "Схема электрическая принципиальная". На рабочем поле появится форматка. Настроим редактор. Для этого в рабочем поле щелкнуть правой кнопкой мыши и выполнить команды Опции / Опции документа. Появится окно "Опции документа", в котором можно выбрать формат листа, а в закладке "Ед.изм." установить метрическую систему Millimeters.(рис.16).

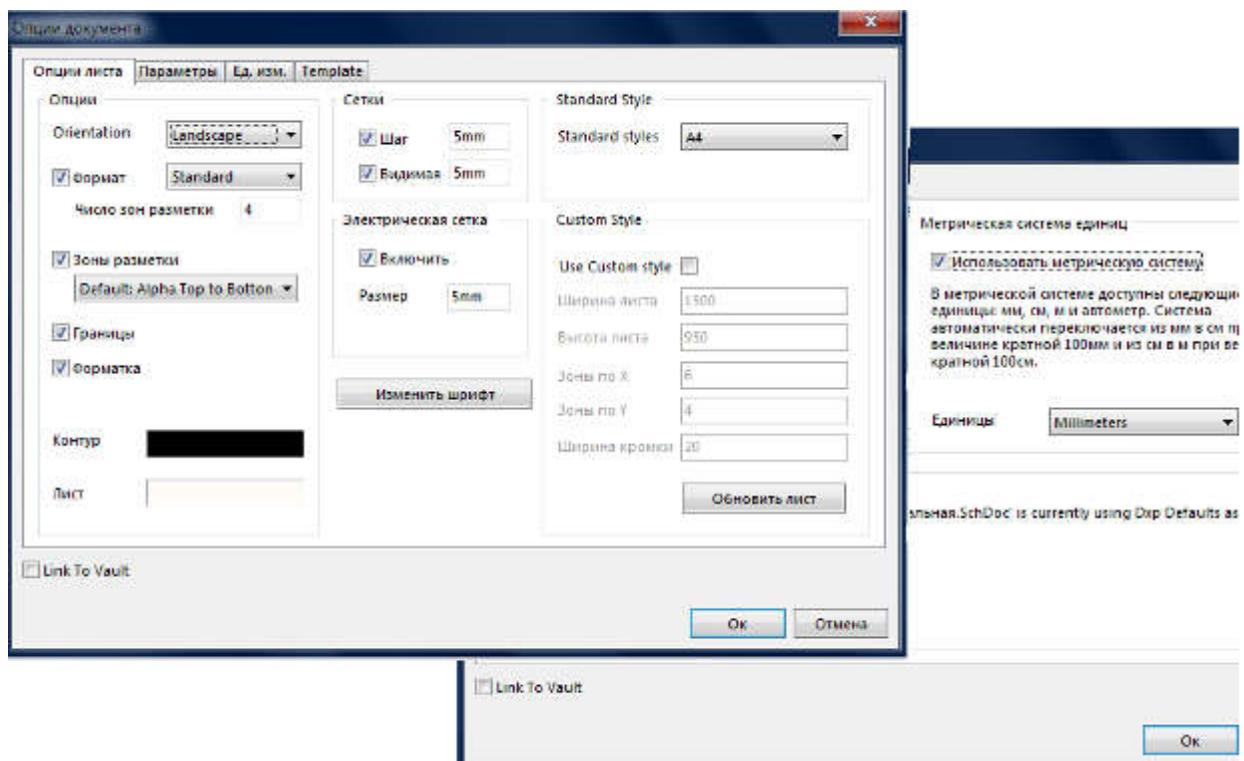


Рис.16.

Расширенные настройки открываются, если в рабочем поле щелкнуть правой кнопкой мыши и выполнить команды Опции / Настройки редактора схем. Настройки данного редактора находятся в разделе Schematic. Нажатием клавиши G установить шаг сетки 5 мм. Выполнить команды Файл / Сохранить все.

Чтобы создать схему из библиотечных элементов, надо открыть созданные библиотеки. Для этого в нижней части экрана щелкнуть по кнопке System. В выпадающем меню выбрать Библиотеки. Справа откроется менеджер Библиотеки, в котором выбрать Библиотеку элементов.SchLib. (рис.17).

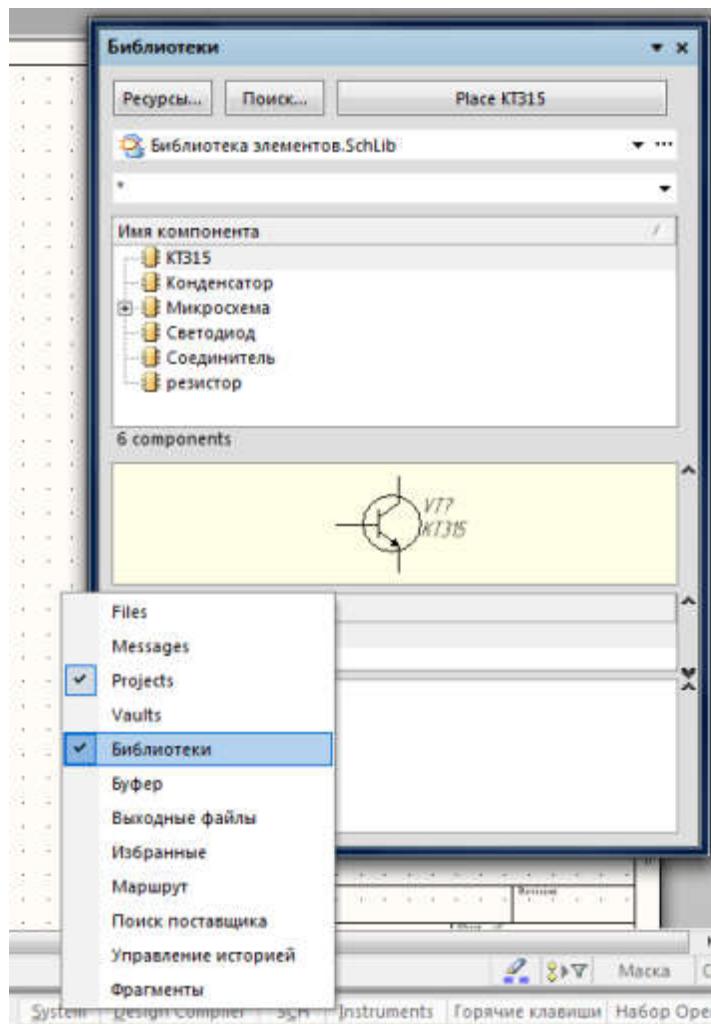


Рис.17.

Примечание: на рис.17 библиотека пополнена мною новыми компонентами.

Теперь из этого списка выбираем нужный компонент и дважды щелкаем по нему, после чего компонент следует за курсором мыши. Разместим его в нужное место листа нажатием левой кнопки мыши (рис.18).

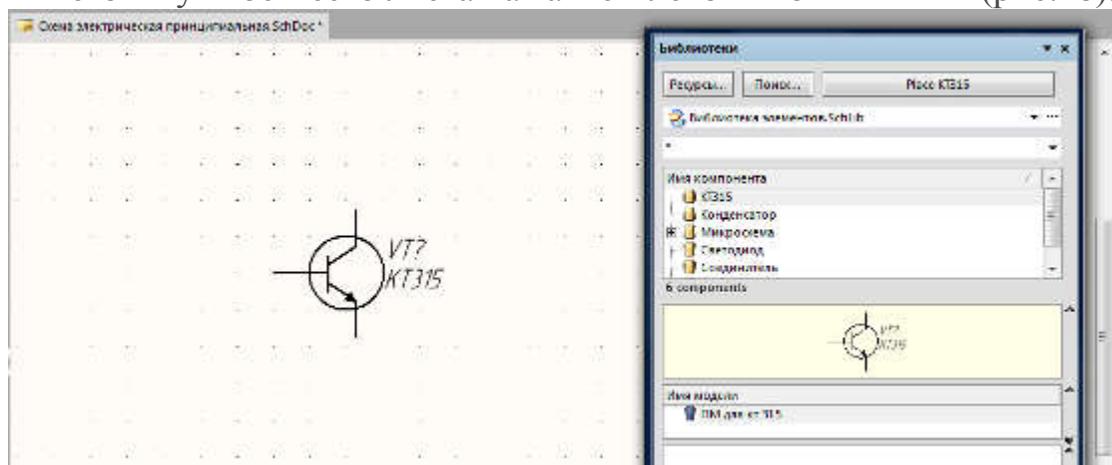


Рис.18

После размещения всех необходимых компонентов на рабочем листе схемы переходим к их соединению друг с другом. Рисуем проводники

командой "Размещение / Соединение" или нажав на кнопку (отмечено стрелкой) (рис.19).

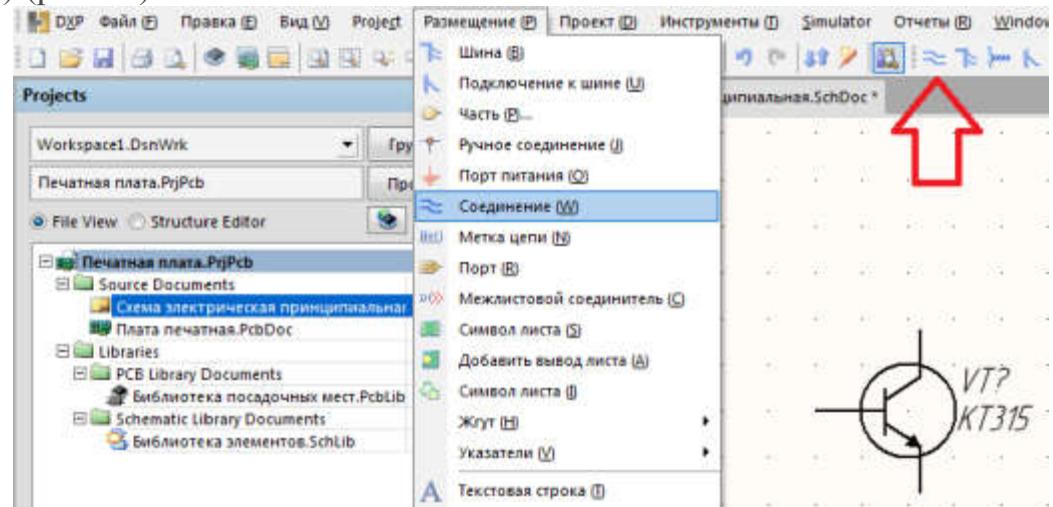


Рис.19.

### Создание печатной платы

Выполнить основные настройки. Для этого открыть файл Плата печатная.PCBdoc. В рабочем поле графического редактора щёлкнуть правой кнопкой мыши. Откроется выпадающее меню, в котором выполнить команды Опции / Свойства платы (или Параметры платы).

Откроется окно, в котором в поле Единицы измерения выбрать метрическую систему измерения Metric, шаг сетки 0,625mm, установить все галочки как на рисунке 21.

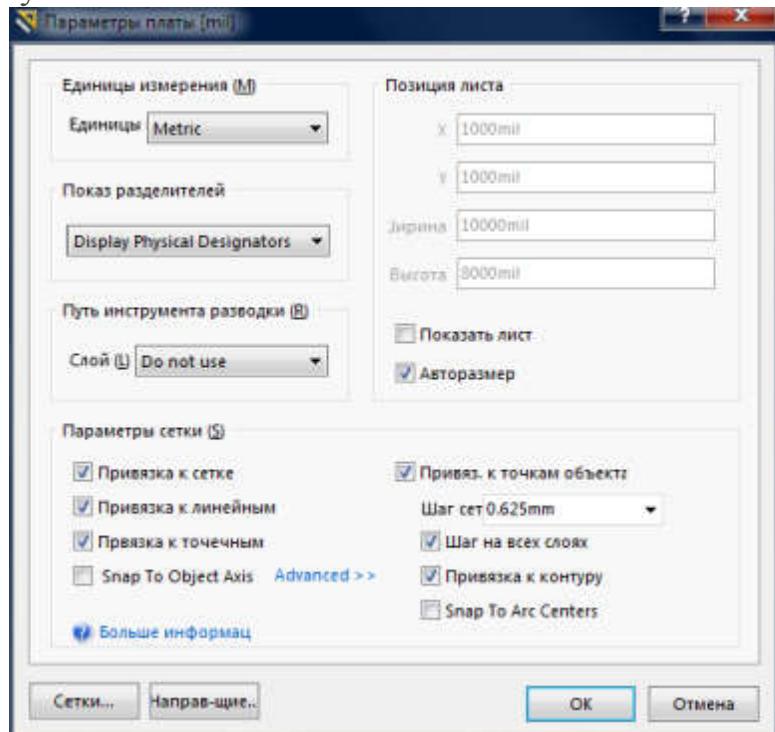


Рис.21.

Нажимаем OK. Для изменения структуры печатной платы (по необходимости) выполнить команды Опции / Управление стеком слоёв (структурой печатной платы). В появившемся окне можно управлять слоями,

указывать материалы и их толщину, но эти настройки нужны лишь в случае отправки платы на производство.

Теперь мы можем сделать импорт разработанной электрической схемы в редактор. Для этого нужно выполнить команды Проект / ImportChangesFrom Печатная плата.PjPcb. После этого открывается окно Перечень изменений. В нем нажать кнопку Проверить, а потом Выполнить. Если нет ошибок, то в разделе Статус появляются зелёные галочки (рис. 22).

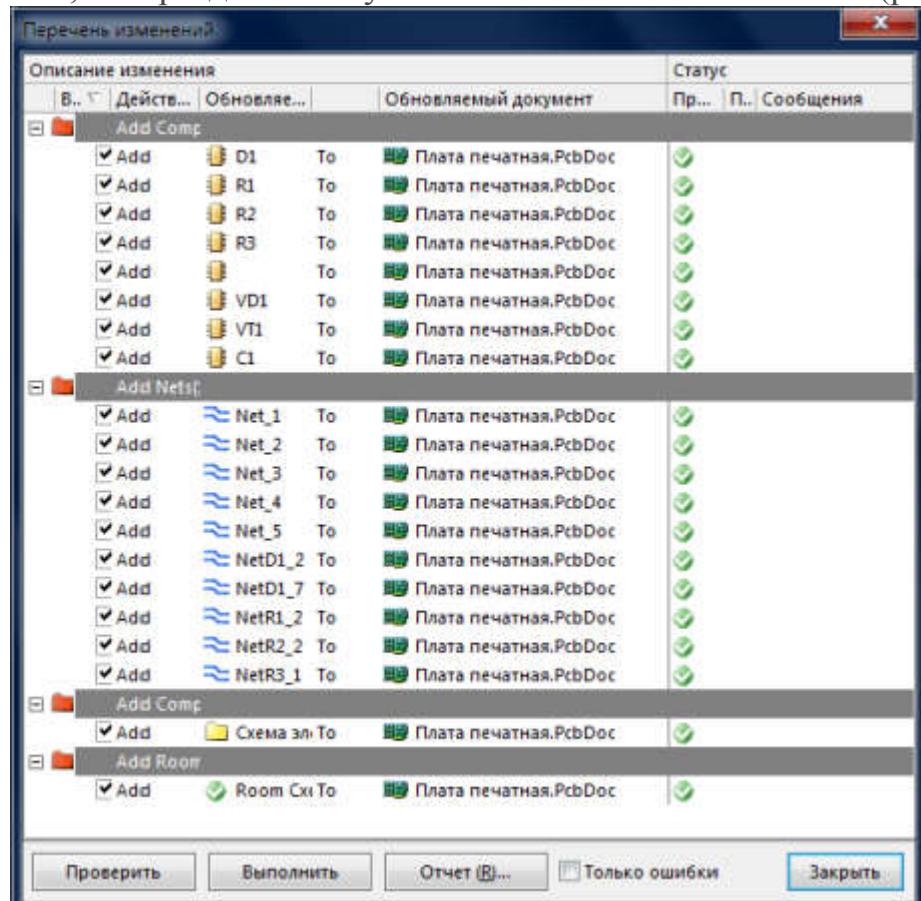


Рис.22.

Нажать кнопку Закрыть. Рисунок схемы появится справа снизу от печатной платы (в розовом поле). (рис. 23)

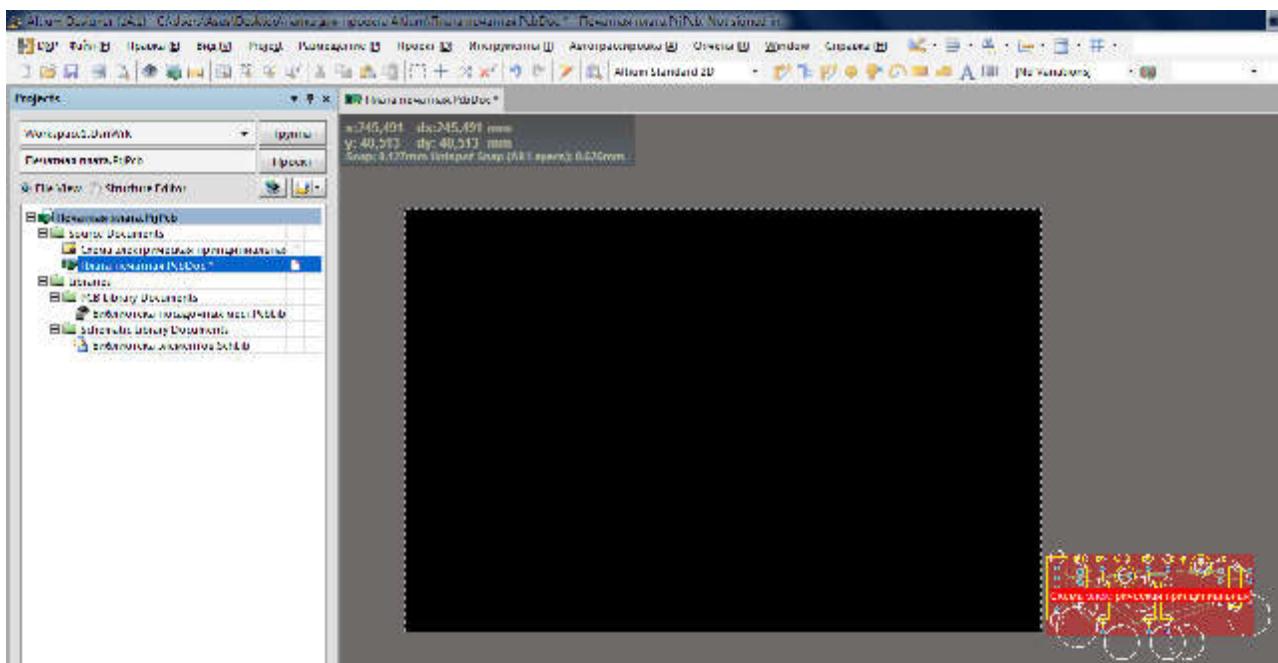


Рис.23.

Удаляем розовое поле, а потом выделив все компоненты перемещаем их в черную область. (рис. 24)

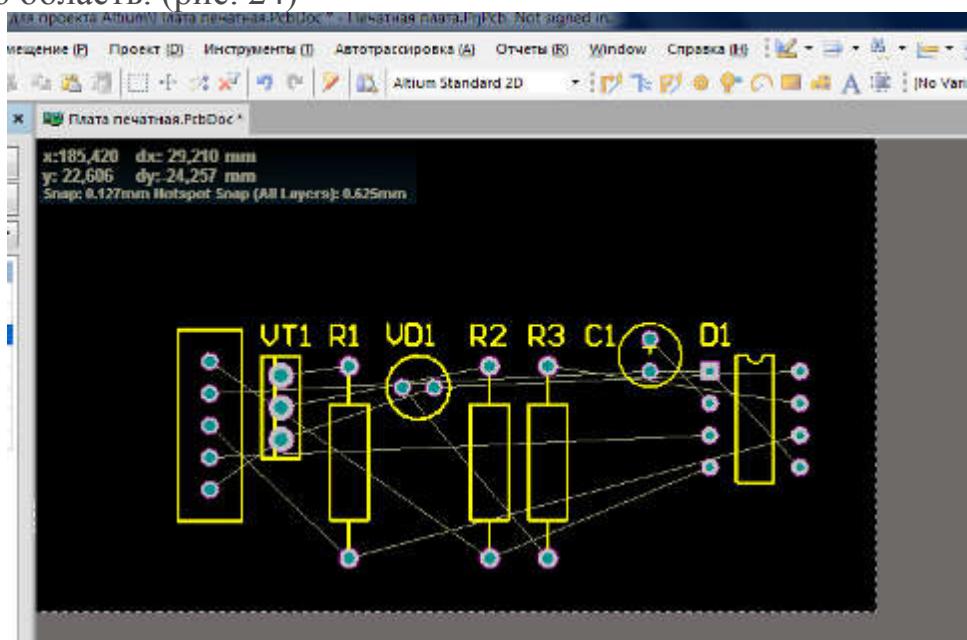


Рис.24.

Компоненты располагаются в произвольном порядке, но программа "помнит" все цепи (белые тонкие соединения), нарисованные ранее в принципиальной схеме. Теперь перемещаем компоненты удерживая левую клавишу мыши. По необходимости вращаем их с помощью клавиши пробел. Компоненты нужно компоновать придерживаясь основных рекомендаций:

- 1 - самые "связанные" компоненты размещаем по центру (обычно микросхемы)

- 2 - компоненты, которые рассеивают много тепла, располагают на расстоянии друг от друга.

3 - печатные проводники не должны быть слишком длинными (для этого разумно располагаем компоненты на плате).

1. Интерактивная трассировка. Трассировку проводников можно производить вручную с помощью команды Размещение / Интерактивная трассировка. После этой команды курсор превращается в крестик, которым нажимаем по любой контактной площадке. Программа подсветит те контактные площадки, с которыми выделенный объект имеет связь. За курсором последует линия-трасса, которую подведем к подсвеченной контактной площадке.

2. Автоматическая трассировка. Для того, чтобы произвести автоматическую трассировку, выполним команду Автотрассировка / Все. (рис. 25).

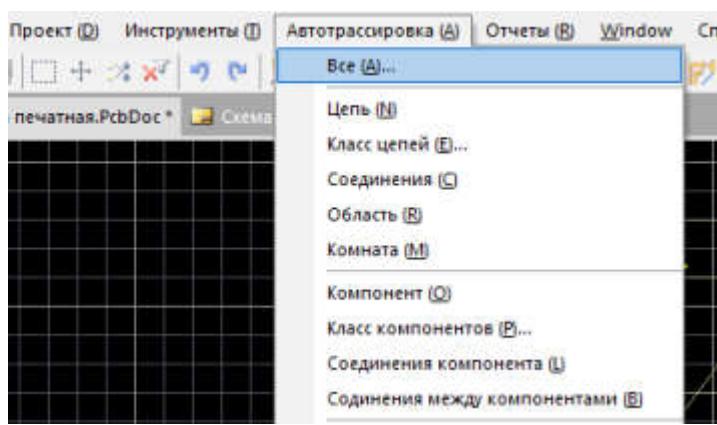


Рис.25.

Появится окно Стратегии трассировк (рис.26).

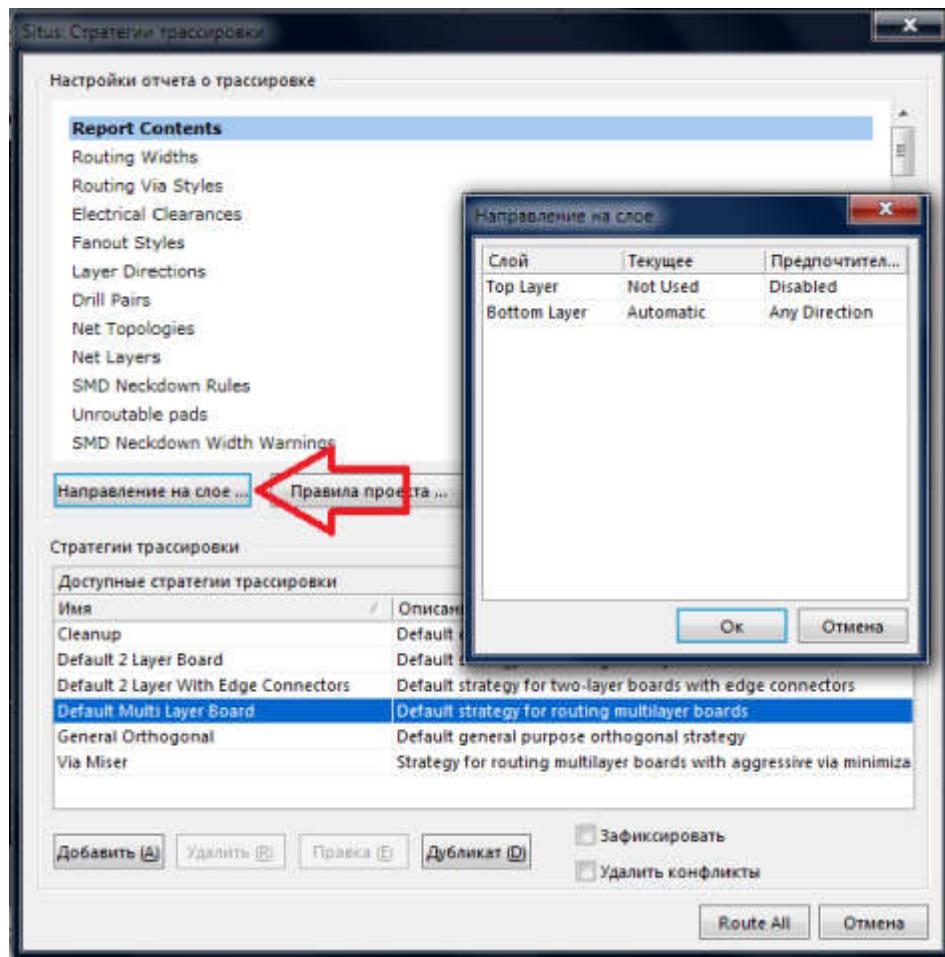


Рис.26.

Выберем стратегию DefaultMultiLayerBoard, затем нажимаем "Направление на слое" и в появившемся одноименном окошечке делаем настройки как на рис.26. Обратите внимание, что для слоя TopLayer выбрано состояние "NotUsed" (не используется). Нажимаем OK и RouteAll. Появившееся окно Messages закрыть. Сначала я расставил компоненты и вот что получилось после автотрассировки (рис.27).

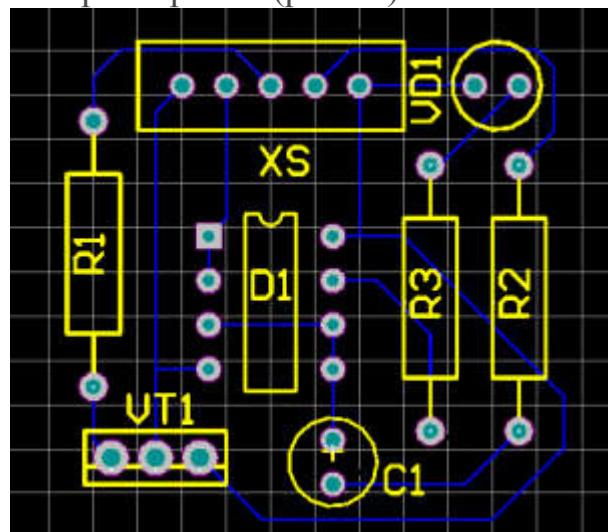


Рис.27.

Проводники по умолчанию слишком тонкие. Для того, чтобы изменить ширину проводника, выделим его и щелкнем правой кнопкой мыши и

выберем "свойства". Откроется окно "Дорожка", в котором указать необходимую ширину и нажать ОК. В моем случае ширина равна 0,5 мм. (рис.28).

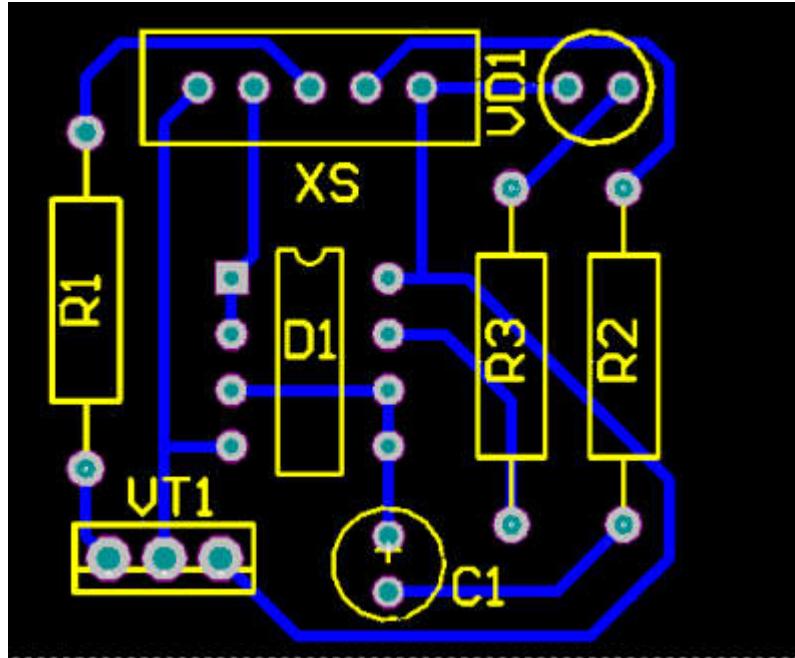


Рис.28.

Чтобы обрезать плату переходим на слой Mechanical 1 в нижней части экрана. Командой Размещение / Линия рисуем контур платы (прямоугольник) вокруг наших элементов (контур по умолчанию будет розового цвета). Затем выделим мышкой все компоненты (контур тоже) и нажимаем комбинацию клавиш Shift+S. Не снимая выделений выполним команды Проект / Форма платы / Задать по выделенным объектам. После чего плата обрежется, но все элементы будут серого цвета, поэтому снова нажимаем комбинацию клавиш Shift+S и щелкаем по кнопке Clear (снять маску) в нижнем правом углу экрана (рис.29).

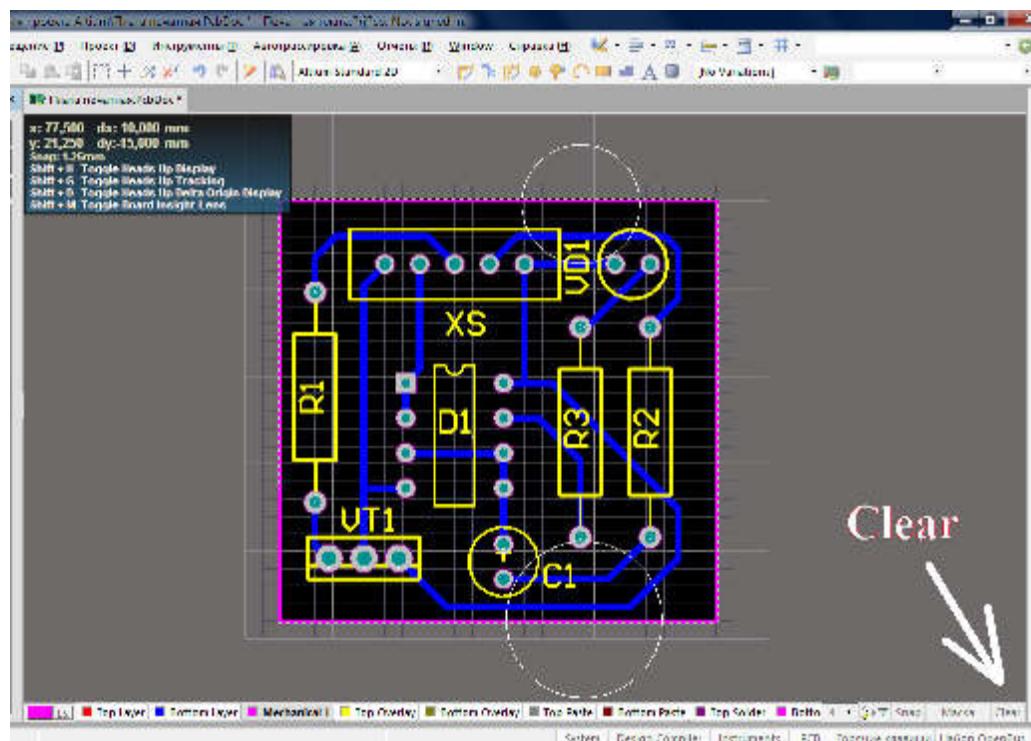


Рис.29.

Сохраняем проект Файл/Сохранить все.

Созданную плату можно посмотреть в трехмерном виде с помощью команды Инструменты / Инструменты прошлых версий / Просмотр трехмерного вида.

### III. ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер с установленной САПР Altium Designer.

### IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

Перенесите выданную преподавателем схему в САПР Altium Designer и разработайте печатную плату устройства.

### VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных при проектировании действий и изображение созданной печатной платы и электрической принципиальной схемы.

### VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные возможности САПР Altium Designer.
2. Какие типы трассировок поддерживает Altium Designer

### VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопаткин А.В. Проектирование печатных плат в Altium Designer. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.

2. Суходольский В.Ю. Altium Designer. Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах. Учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 560 с.

3. Обучающий курс по Altium Designer. (URL: <http://cxem.net/comp/comp150.php>)

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

## Создание объёмных объектов с помощью 3D-принтера

### I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Получение первичных навыков работы с 3D-принтером Picaso Designer PRO 250.

### II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Принтеры PICASO 3D создают твердые трехмерные объекты из расплавленной нити термопластика методом послойного наложения [FFF - Fused Filament Fabrication].

Расплавленная пластиковая нить через печатающую головку подается на платформу, где послойным наплавлением создается тело модели. Таким образом, 3D принтер отлично подходит для прототипирования и создания различных моделей на производстве.

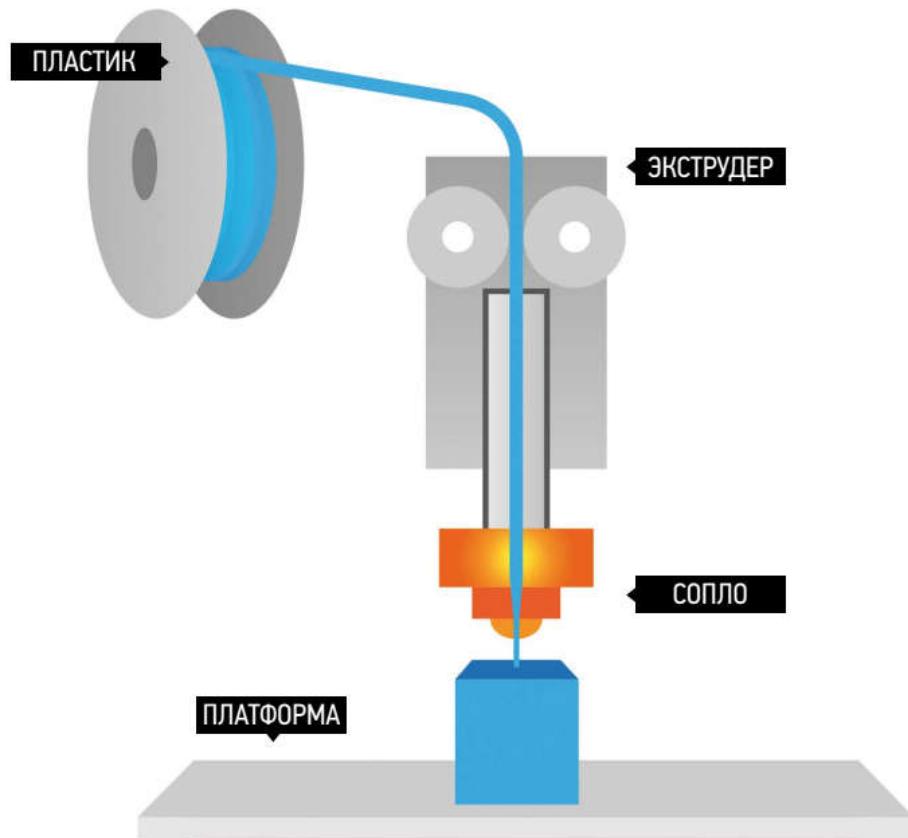


Рис. 1. Принцип действия 3D-принтера FFF.

Главной особенностью Designer PRO 250 является возможность печати двумя материалами, а также применение новейшей технологии – JetSwitch. Designer PRO 250 позволяет значительно расширить границы применения персональных 3D принтеров. Больше нет никаких ограничений по сложности и геометрии печати!



Рис.2. Лицевая сторона Designer PRO 250.

1 – Крышка принтера – позволяет сохранять постоянную температуру печати внутри принтера и закрывает внутренние элементы.

2 – Информационный дисплей – предоставляет информацию о Designer PRO 250 и состоянии печати.

3 – Джойстик управления – инструмент управления принтером, доступные функции отображаются на информационном дисплее.

4 – Слот для карты microSD – установив microSD карту, Вы сможете печатать 3D объекты без подключения компьютера.

5 – Разъем для подключения кабеля USB – служит для подключения устройства к ПК.

6 – Кнопка «Reset» – позволяет выполнить перезагрузку устройства

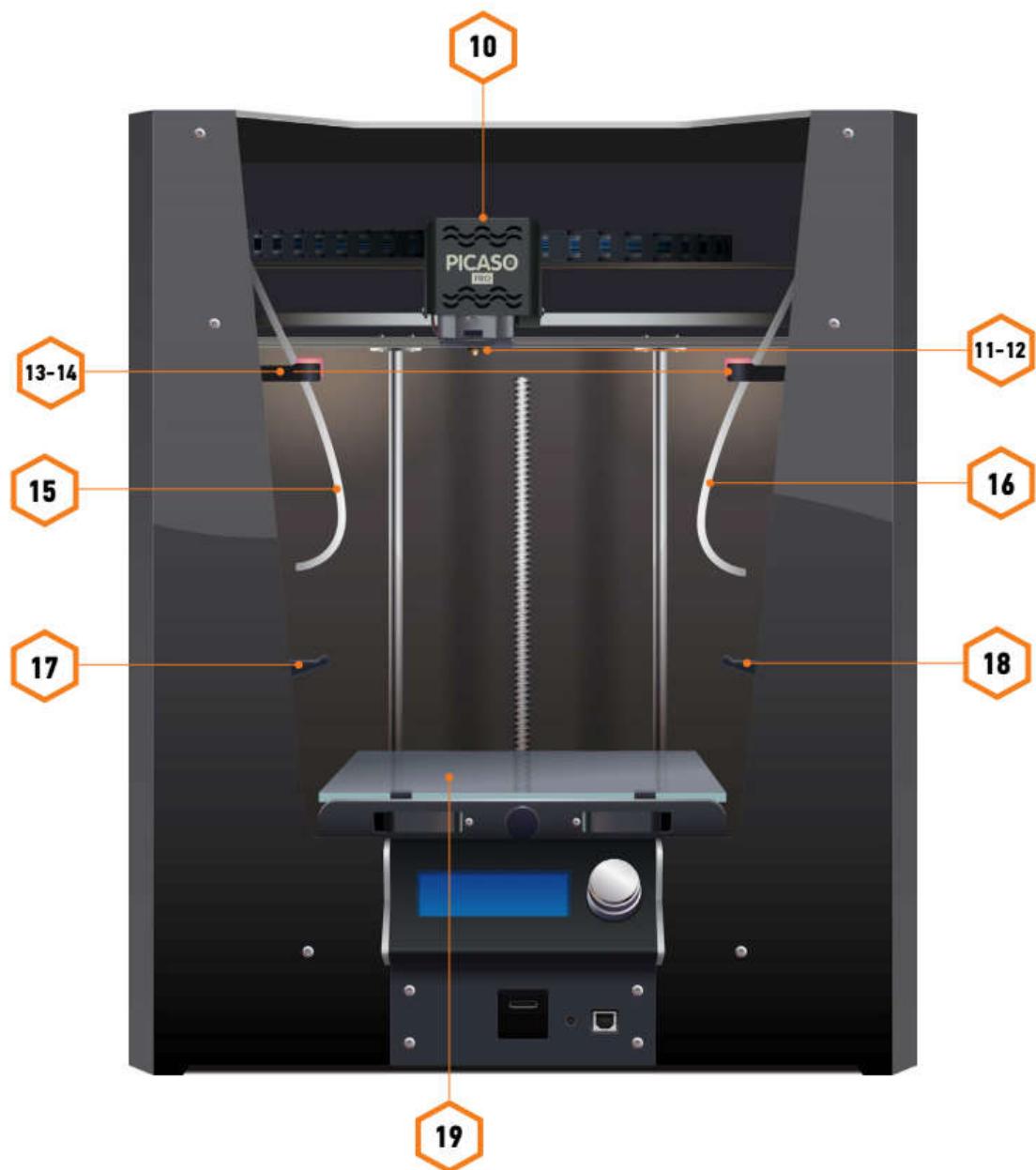


Рис. 3. Внутренние элементы Designer PRO 250.

10 – Печатающая головка.

11, 12 – Сопла.

13, 14 – Система очистки сопел.

15, 16 – Трубки подачи пластика – направляют нить пластика с катушки к печатающей головке.

17, 18 – Держатели для катушки – служат для крепления катушки с пластиком.

19 – Подогреваемая платформа для печати.

### III. ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер и 3D-принтер Picaso Designer PRO 250.

#### **IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ**

Подготовить к печати ранее разработанную трёхмерную модель детали и изготовить её с помощью 3D-принтера.

#### **VII. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных действий и изготовленную деталь.

#### **VIII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

Опишите принцип работы 3D-принтера?

#### **VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Инструкция по эксплуатации 3D-принтера Picaso Designer PRO 250.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

## «Получение 3D-моделей объектов с помощью 3D-сканера»

### ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью работы является первое знакомство с 3D сканером Rangevision. Пользователь должен научиться запускать пакет, изучить пользовательский интерфейс пакета, ознакомиться с системным меню, панелями инструментов.

### ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер с установленными программами Rangevision ScanCenter и IDS Camera Manager.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

#### 1. Первый запуск ScanCenter

Включите проектор и подключите сканер к компьютеру. Проверьте в IDS Camera Manager подключение и доступность камер. Запустите программу Rangevision ScanCenter.

После запуска программы Вы увидите изображение с камер в главном окне приложения, а проектор начнет проецировать крест.

|  |   |
|--|---|
|  | <p><b>Примечание</b></p> <p>Если камеры не установлены или не подключены, на месте снимков будет черный или серый экран.</p> <p>Необходимо также проверить, не используют ли программы типа ICQ, Skype, Sippoint или подобные им одну из камер в качестве веб-камеры.</p> |
|--|---|

#### 2. Начальная настройка камер и объективов

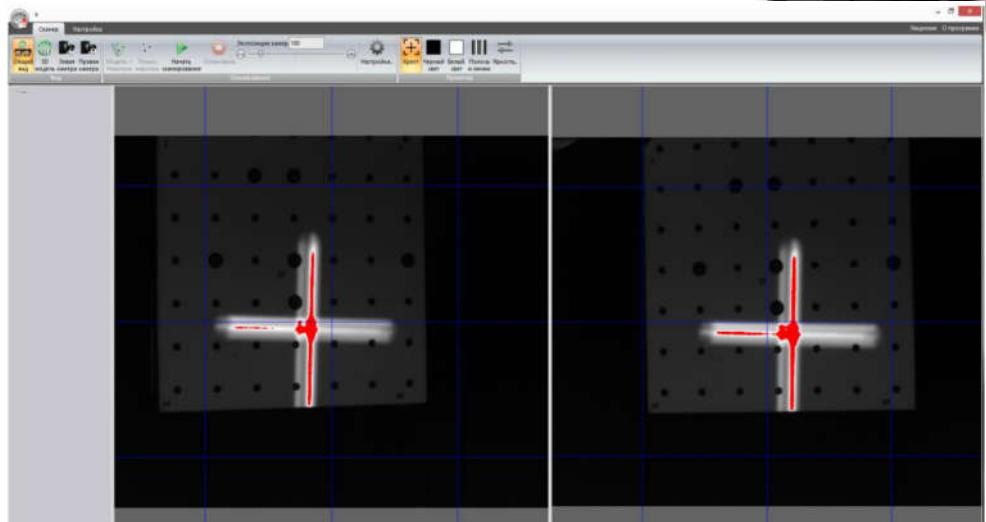
|  |   |
|--|---|
|  | <p><b>Внимание!</b></p> <p>Проверьте, что правая камера соответствует правому снимку, а левая – левому. Правая камера – та, которая находится по правую руку, если стоять сзади сканера лицом к объекту сканирования.</p> <p>Если камеры перепутаны, измените состояние параметра <i>Поменять камеры местами</i> на вкладке <i>Камеры</i> в диалоге <i>Настройка оборудования</i> (<i>Настройка</i> → <i>Настройка оборудования</i>).</p> |
|--|---|

При первой настройке сканера изображение с камер может быть не в фокусе: слишком ярким или темным. Отрегулируйте объективы камер так,

чтобы на изображении камер было видно калибровочное поле перед сканером.

Регулировка объектива осуществляется следующими элементами

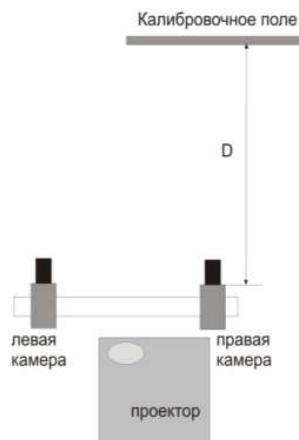
1. Кольцо настройки резкости
2. Кольцо настройки диафрагмы
3. Фиксирующий винт резкости
4. Фиксирующий винт диафрагмы



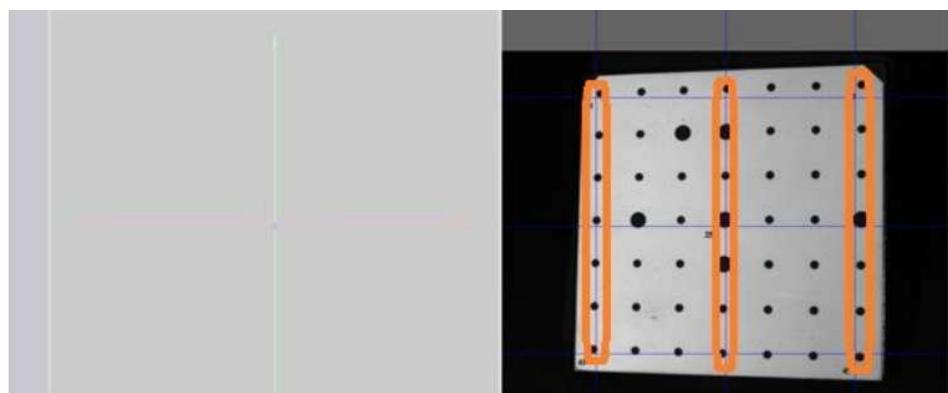
Не выкручивайте полностью фиксирующие винты колец настройки объектива, их достаточно ослабить. После окончания регулировки объектива зафиксируйте кольца настройки винтами.

### 3. Нахождение рабочего расстояния

Для нахождения рабочего расстояния (расстояние до объекта) поместите калибровочное поле перед одной из камер (см. схему).



Камера должна быть установлена параллельно лучу проектора. Включите режим проектора *Белый свет*. При необходимости, регулируя резкость и диафрагму объектива, настройте изображение, чтобы было видно калибровочное поле. Двигая поле ближе или дальше от камеры, совместите крайние метки калибровочного поля с синей сеткой на виде с камеры, как показано на рисунке ниже. Синие вертикальные линии разметки на виде с камеры должны совпадать с метками на калибровочном поле.



|  |  |
|--|--|
|  | <b>Примечание</b><br>Для проверки найденного расстояния D существует формула $L=D/3$ , где D – расстояние до поля, а L – расстояние между объективами камер. Значение замеренного расстояния не должно сильно расходиться со значением, рассчитанным по формуле. Если есть сильное расхождение, проверьте правильность положения камер и фокусное расстояние объективов. |
|--|--|

#### 4. Настройка фокуса проектора

Для фокусировки проектора установите калибровочное поле перед сканером на [найденное расстояние D](#).

Включив режим подсвета "Полосы и линии", настройте фокус проектора, чтобы линии на калибровочном поле были максимально четкие. С помощью кольца масштабирования (Zoom) установите минимально возможную область подсвета проектора таким образом, чтобы все поле было освещено с небольшим запасом по высоте.

|  |  |
|--|--|
|  | <b>Примечание</b><br>На проекторах Acer минимальная область подсвета (кольцо масштабирования в крайнем положении) позволяет настроить фокус для любого калибровочного поля. Для других проекторов в зависимости от зоны сканирования с помощью кольца масштабирования нужно подбирать такую область подсвета, при которой все поле будет освещено, или использовать специальные линзы. |
|--|--|

#### 5. Сведение камер

Для работы сканера его камеры должны быть сведены в одну точку на заданном рабочем расстоянии. Установите калибровочное поле перед сканером на найденное расстояние D (если меняли его положении после фокусировки проектора).



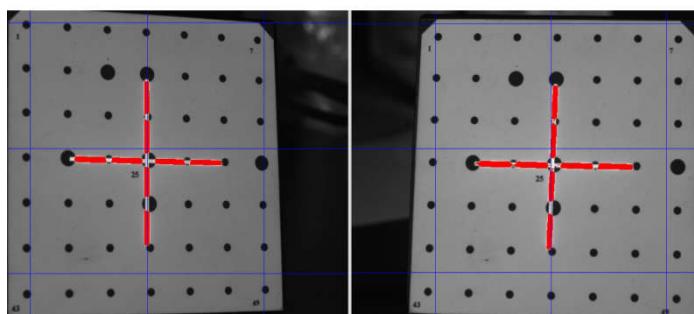
**Примечание**

Если изображение с камер очень темное или пересвеченное, отрегулируйте диафрагму и резкость на объективе.

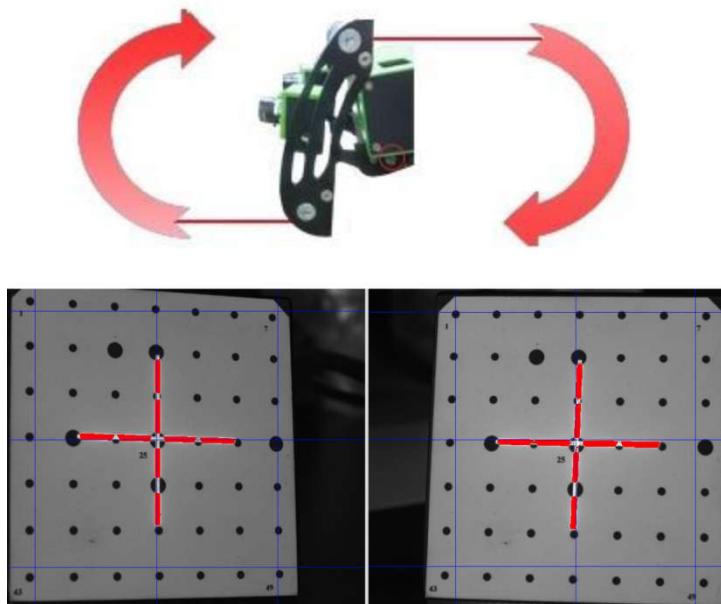
Установите камеры в положение, соответствующее выбранной зоне сканирования. Необходимо совместить черные риски на передней части сканера, обозначенные 1,2,3,4, с внутренним краем установочной пластины камеры. Для этого ослабьте винты крепления и передвиньте камеры в нужное положение. Положение 4 для камер общее. На картинке ниже камеры установлены в положении для зоны сканирования №2.



Поворачивая камеры вокруг своей оси, совместите *вертикальную* линию креста и *центральную синюю вертикальную* линию на виде с каждой из камер, как показано на рисунке ниже.



Регулировка положения камер в горизонтальной плоскости осуществляется с помощью изменения положения передней рамки. Для этого ослабьте регулировочные винты и, изменяя положение рамки, совместите *среднюю горизонтальную синюю линию* на виде с камер с *горизонтальной линией проецируемого креста*.

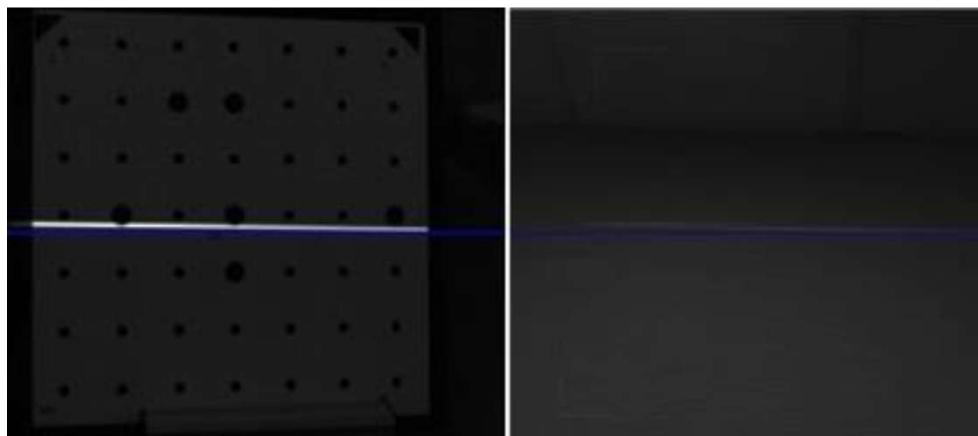


Затяните фиксирующие регулировочные винты после выставления положения камер.

|  |  |
|--|--|
|  | <b>Примечание</b><br>Если камеры опущены слишком низко, сначала отрегулируйте горизонтальное положение, а затем сведите камеры по вертикали.<br>Небольшое отклонение между правой и левой камерами по высоте не влияет на качество сканирования, выберите среднее положение. |
|--|--|

## 6. Проверка сведения камер в горизонтальной плоскости

Для правильной работы сканера луч проектора и оптические оси камер должны лежать в одной плоскости. Это достигается регулировкой положение камер относительно проектора еще при сборке сканера. При транспортировке или другом механическом воздействии положение может сбиться, что приведет в некоторых случаях к ухудшению качества сканирования. Правильность настройки легко проверить, направив проецируемый *Крест* после сведения камер на удаленный объект. Горизонтальная линия креста должна совпадать с горизонтальной линией синей разметки на виде с камер.

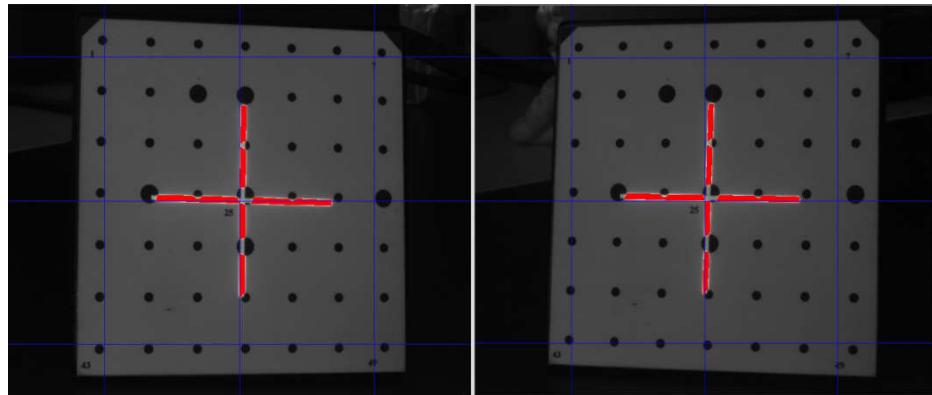


Если проецируемая линия и линия разметки имеют большое расхождение при разных расстояниях до объекта, отрегулируйте положение проектора относительно камеры. Для этого ослабьте крепление корпуса на нижней части сканера и подберите такое положение, при котором проверка будет успешно проведена.



## 7. Финальная настройка камер

После выставления положения камер совместите проецируемый крест с центральной меткой на калибровочном поле.



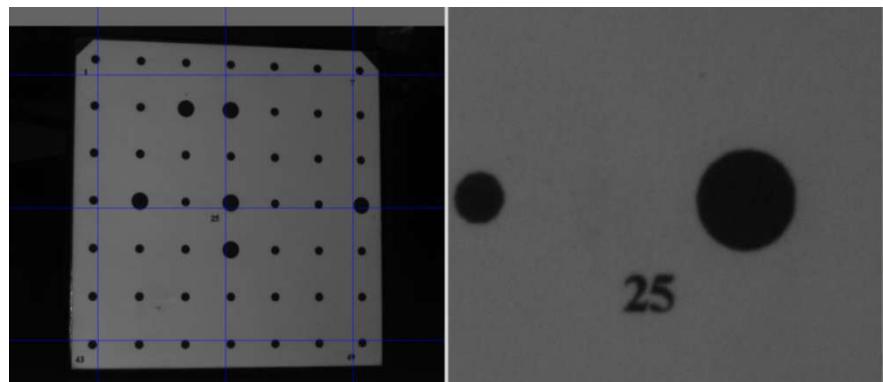


#### Примечание

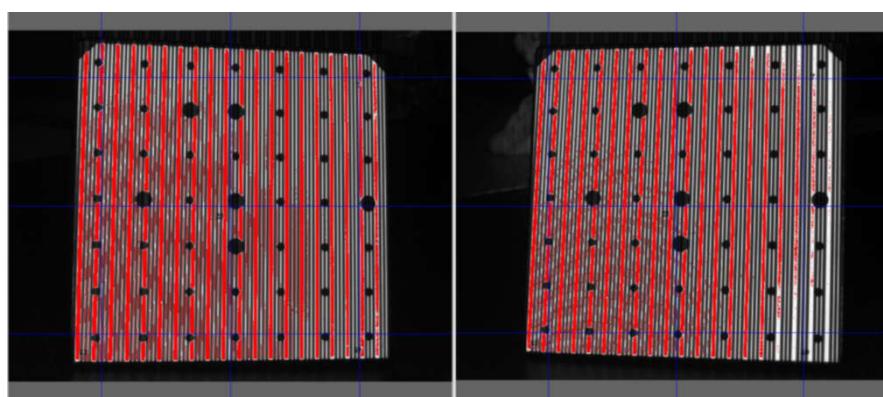
Обратите внимание, при правильном расположении поля на расстоянии D вертикальная линия креста будет совпадать с центральной вертикальной синей линией разметки на виде с камера. В противном случае будет заметно отклонение в ту или иную сторону.

Для того чтобы настроить резкость объектива, нужно:

- включите режим проектора "Черный свет";
- установите ползунком в панели инструментов минимальное значение электронной экспозиции (значение 1);
- максимально откройте диафрагму объективов, чтобы изображение с камер было максимально ярким и не пересвеченным;
- настройте объективы камеры на резкость. Это удобно делать, увеличив изображение, для этого нажмите ЛКМ по области просмотра.

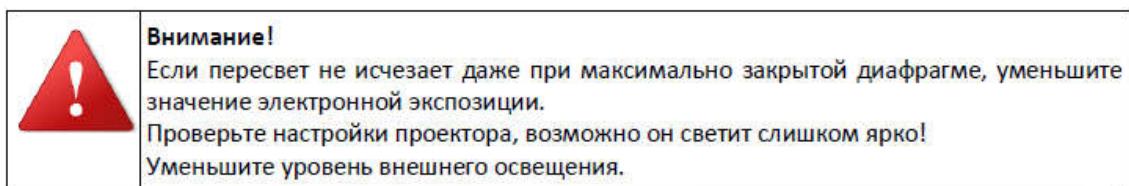
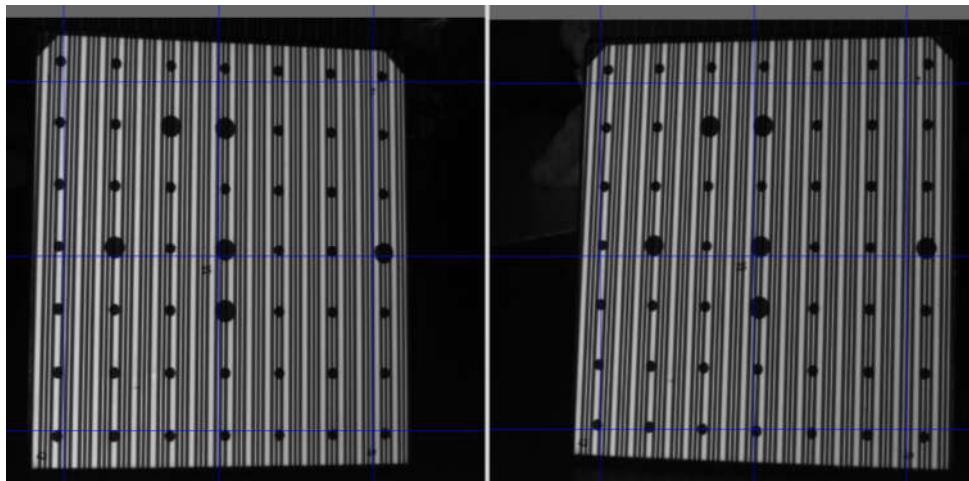
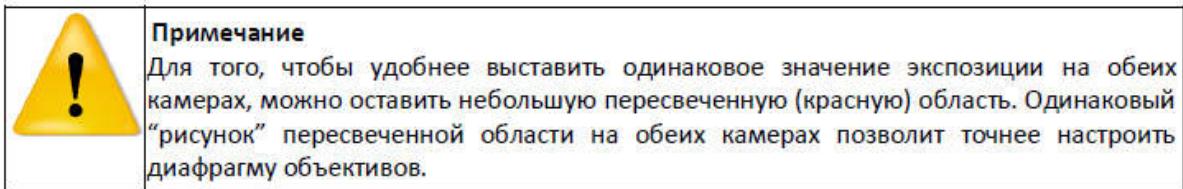


После настройки резкости отрегулируйте диафрагму объективов. Включите режим "Линии и полосы", установите значение электронной экспозиции в диапазоне от 30 до 60 (меньшее значение, если объект сканирования темный и большее, если светлый). По умолчанию установлено значение 45.

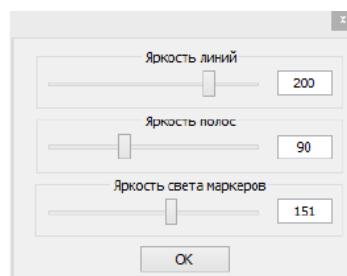


Подсвеченные красным области означают пересвеченные участки со слишком ярким изображением.

Настройте диафрагму объективов так, чтобы линии на калибровочном поле были максимально яркие, но без значительного пересвета. Яркость изображений с камер должна быть одинакова!



Если настройка происходит на 4 зону сканирования, может потребоваться уменьшение яркости линий и полос из-за близкого расстояния до объекта. В пункте меню *Настройка яркости* уменьшите значения яркости, как на рисунке. Значение яркости линий примерно в 2 раза больше значения яркости полос. Визуально линии и полосы должны быть одинаковой яркости.





#### Внимание!

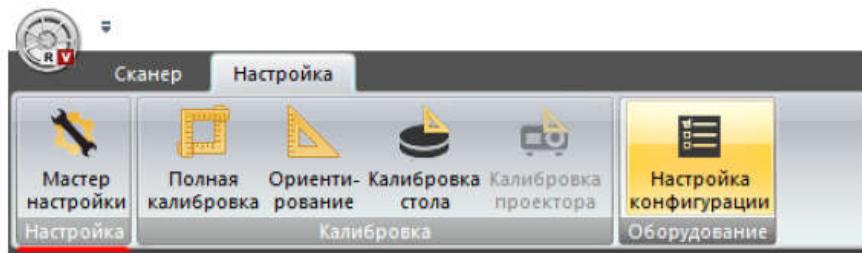
После окончания настройки аккуратно зафиксируйте кольца резкости и диафрагмы винтами на объективах камер, чтобы не сбить их положение.

После выполнения всех действий по настройке сканера должны быть выполнены условия:

- камеры сведены в одну точку, находящуюся на расстоянии D от сканера;
- на это же расстояние сфокусированы камеры и проецируемое изображение с проектора;
- при стандартном значении электронной экспозиции (30 – 60) изображение с камер не пересвеченное и не слишком темное;
- все регулировочные и зажимные винты затянуты.

## 8. Мастер настройки сканера

Запустите программу RangeVision ScanCenter. Нажмите левой кнопкой мыши на *мастер настройки*, выберите зону сканирования, на которую Вам необходимо настроить сканер, и, следуя его подсказкам в меню программы можно выполнить, описанные выше действия по настройке сканера.





# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

## Изготовление печатных плат для прототипирования электронных устройств

### I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Знакомство с технологией изготовления печатных плат прототипов электронных устройств в лабораторных условиях с помощью системы LPKF Protomat D104.

### II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Система ProtoMat D104 предназначена для конструирования печатных плат. В дополнение к сверлильным и фрезеровочным инструментам, в системе применен высокоточный УФ лазер, который используется в сферах, предусматривающих обработку очень тонких материалов, без возможности использования механических инструментов. Наряду с другими, к ним относится изготовление высокоточных схем (например, схем разветвления по выходу, корпусов типа «массив шариков»).

Система также может применяться в следующих областях:

- трассировка гибких и гибко-жестких печатных плат
- обработка керамических материалов и ленты Green Tape
- изготовление проводников с геометрически точными размерами для РЧ-схем
- изготовление передних панелей и выполнение гравировкой надписей
- изготовление трафаретов поверхностного монтажа для нанесения припойной пасты

Система поставляется вместе с удобным для пользователя системным программным обеспечением CircuitPro PM, которое автоматически определяет, когда необходимо задействовать высокоточный лазер, а когда более быстродействующие механические инструменты. Программное обеспечение позволяет импортировать данные в следующих форматах: CAM, Excellon, Gerber, GerberX, LMD, HPGL, DXF, Step, Iges, Sieb & Meyer и ODB++.

Подготовка данных также выполняется в CircuitPro PM. К ПК система подключается через интерфейс USB 2.0.

Система оснащена вакуумным столом с площадью обработки 305 мм x 229 мм, на котором происходит обработка материала.

Инструментальный магазин может оснащаться 15 механическими инструментами для фрезерования и сверления, которые во время работы захватываются и настраиваются в полностью автоматическом режиме. Встроенный высокоточный УФ лазер применяется для обработки сверхтонких структур. С помощью универсального резца можно выполнять изоляционные каналы размером от 0,2 мм до 0,5 мм, в частности, с использованием микрорезца выполняются каналы для утечки тока размером от 0,1 мм до 0,15 мм. УФ лазер используется для выполнения сверхточных

изоляционных расстояний до 15 мкм, которые нельзя выполнить с помощью механических инструментов.

Для выполнения широких изоляционных каналов или зон стирания в наличии имеются цилиндрические инструменты размером от 0,8 мм до 3 мм.

Сверление печатных плат возможно с использованием сверлильных инструментов размером от 0,2 мм до 2,4 мм. Контурная трассировка печатных плат и создание отверстий диаметром более >2,4 мм достигается с помощью специальных фрез для скоростной контурной обработки.

После завершения подготовки данных и системы полностью автоматически начинается выполнение процесса. О состоянии системы можно узнать в любой момент выполнения процесса по светодиодному индикатору состояния и световой индикаторной трубке.

К другим характеристикам системы относятся:

- фрезерный шпиндель с максимальной частотой вращения 100 000 оборотов в минуту
- встроенная камера для распознавания опорных точек, позволяющих выполнить обработку многослойных печатных плат
- ограничитель глубины, обеспечивающий выполнение обработки подложек с чувствительными поверхностями
- вытяжная система с автоматическим индикатором, обеспечивающая чистоту при обработке.

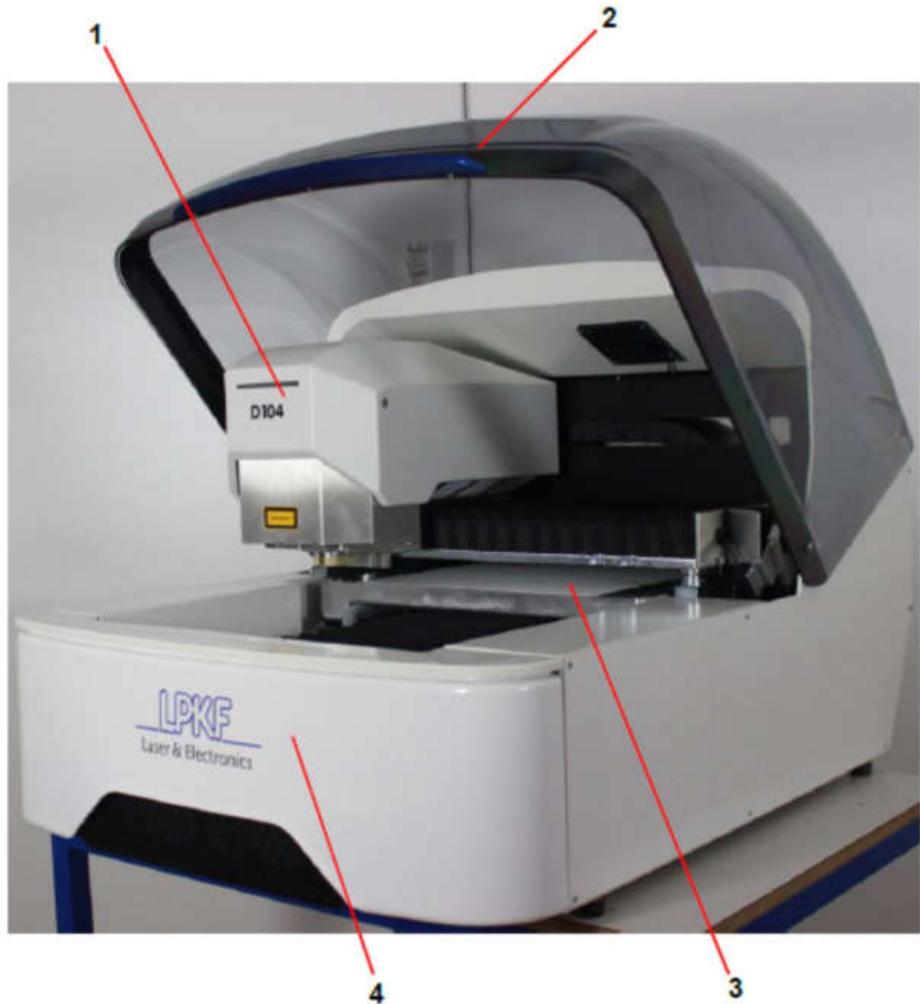


Рис.1. Внешний вид ProtoMat D104 (1 – обрабатывающая головка, 2 – крышка, 3 – вакуумный стол с инструментальным магазином, 4 – корпус).

**Обрабатывающая головка** оснащена фрезерной бабкой и УФ лазером. Обрабатывающая головка, которая присоединена к системе перемещения по оси х, является существенной составной частью системы и используется для крепления и перемещения следующих подузлов:

- УФ лазер с фокусирующими линзами
- фрезерный шпиндель с устройством для зажима инструмента
- шаговые двигатели для перемещения обрабатывающей головки по оси z, а также для автоматического контроля глубины фрезерования
- камера для распознавания опорных точек
- ограничитель глубины для контроля глубины проникновения фрезерного инструмента в обрабатываемый материал основания.

**Вакуумный стол** оснащен моторизированной у-осью, позволяющей осуществлять программно-управляемое перемещение. Площадь обработки системы составляет 305 мм по оси x и 229 мм по оси y. При пуске системы вакуумный стол автоматически устанавливается путем перемещения в свое максимальное крайнее заднее положение с последующим перемещением в свое предельное переднее положение. Вакуумный стол оборудован двумя соединительными шлангами, которыми он подключен к вытяжной системе.

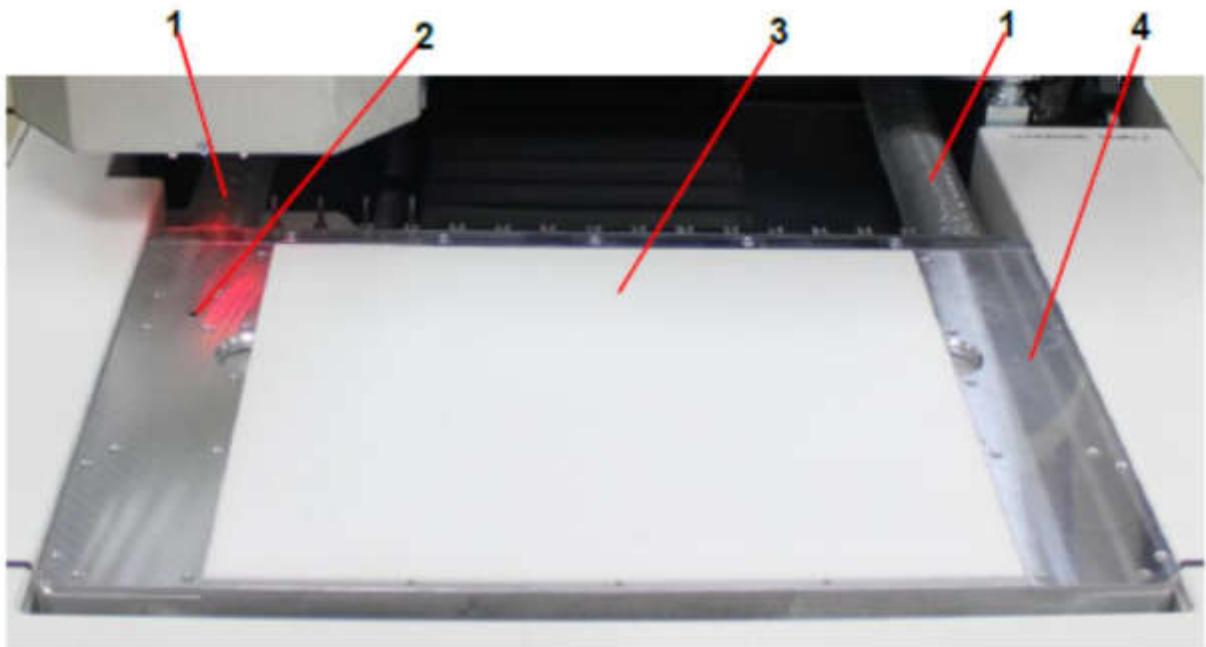


Рис.2. Вакуумный стол  
(1 – соединительный шланги, 2 – блок шаблонной проверки, 3 – металлокерамическая пластина, 4 – вакуумный стол).

В вакуумный стол вставлена **металлокерамическая пластина**, которая выполняет роль подкладки при обработке с помощью проникающих инструментов. На металлокерамическую пластину помещается предназначенный для обработки материал основания. Материал прижимается к металлокерамической пластине образующимся в ней вакуумом. При необходимости, металлокерамическую пластину можно заменить.

Вакуумный стол оборудован встроенным **блоком шаблонной проверки** для выполнения бесконтактной настройки инструментов для фрезерования и сверления. Управление настройкой инструментов осуществляется автоматически системным программным обеспечением после захвата инструмента.

**Инструментальный магазин** можно оснастить максимум 15 инструментами. В начале процесса обработки в инструментальный магазин вставляются инструменты, которые привязаны к соответствующим, определенным программой положениям держателя инструмента. Во время обработки процесс захвата и настройки инструментов, а также их регулировка по глубине полностью автоматизированы.

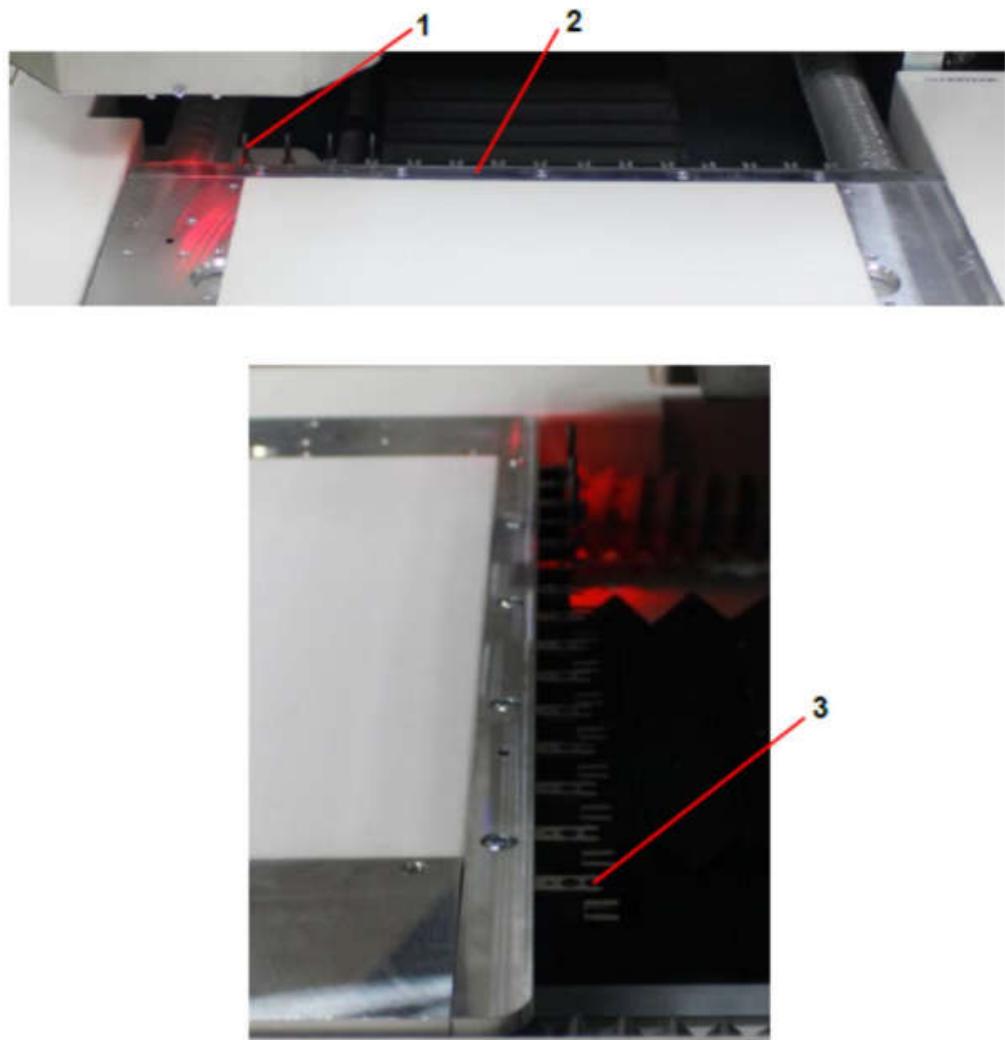


Рис. 3. Инструментальный магазин  
(1 – инструмент, 2 – магазин, 3 – пустой держатель инструмента).

Все фрезеровочные и сверильные инструменты оснащены распорным кольцом, цвет которого соответствует цели применения инструмента.

| Цвет           | Тип инструмента                          |
|----------------|--|
| оранжевый      | Микрорезец                               |
| оранжевый      | Универсальный резец                      |
| синий          | Торцевая фреза (RF)                      |
| фиолетовый     | Торцевая фреза                           |
| светло-зеленый | Торцевая фреза (удлиненная)              |
| желтый         | Фреза для скоростной контурной обработки |
| зеленый        | Сpirальное сверло                        |

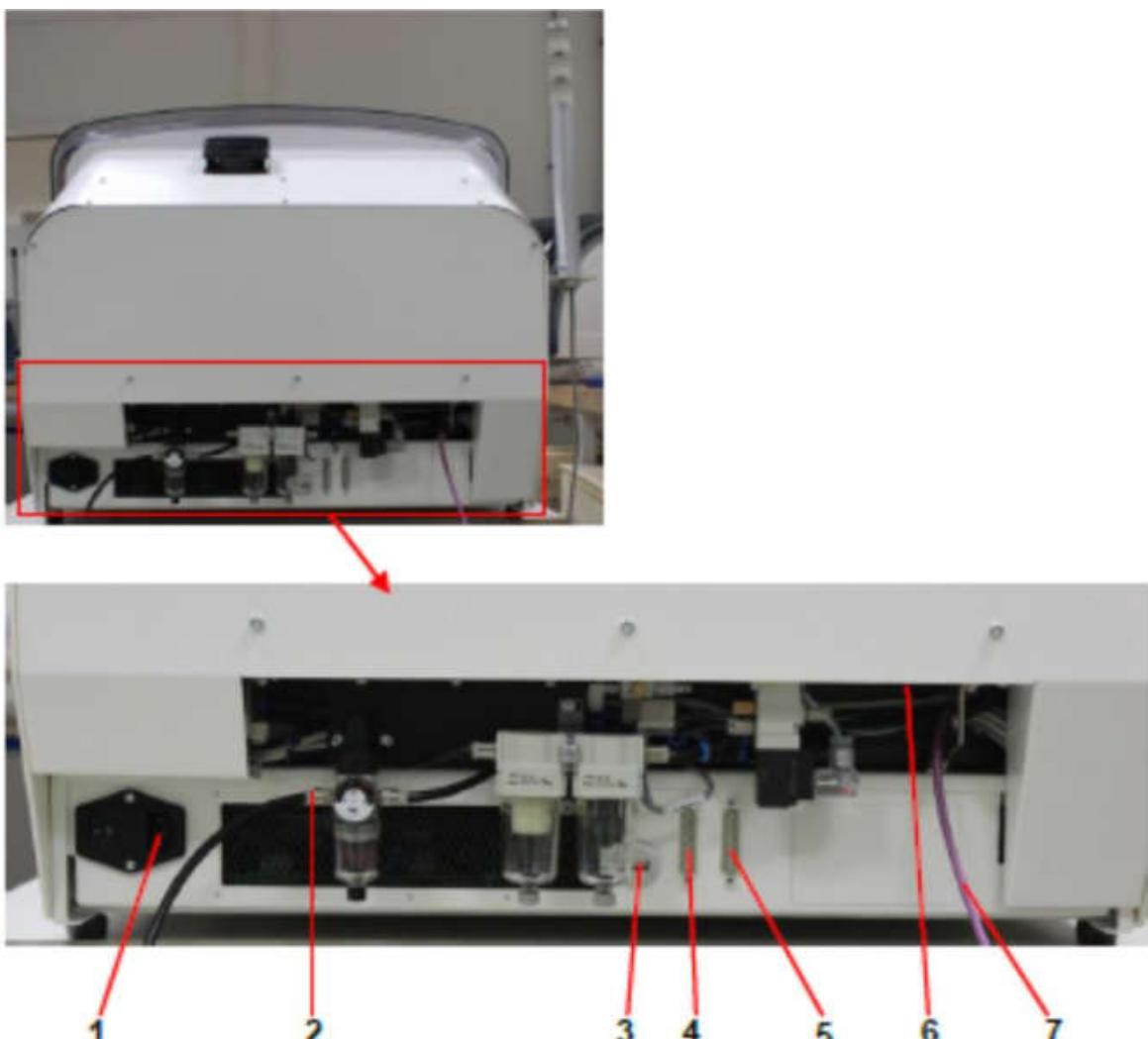


Рис.4. Вид системы LPKF Protomat D104 сзади

(1 – гнездо для подсоединения кабеля сетевого питания, 2 – пневматическое соединение для подключения системы подачи сжатого воздуха, 3 – USB-разъем для подключения системы к ПК, 4 – разъем для подключения вытяжной системы, 5 – разъем для подключения световой индикаторной трубы, 6 – шланг для подсоединения вытяжной системы, 7 – кабель USB (камеры) для подключения к ПК).

### III. ОБОРУДОВАНИЕ

Система LPKF Protomat D104.

### IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

С помощью программного обеспечения CircuitPro PM и системы LPKF Protomat D104 подготовить к изготовлению проект и изготовить двухстороннюю печатную плату.

### VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных действий и изготовленную печатную плату.

#### VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие элементы входят состав системы LPKF Protomat D104?
2. Какими возможностями обладает система LPKF Protomat D104?

#### VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Инструкция по эксплуатации LPKF Protomat D104.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**

## **Сборка прототипов электронных устройств**

### **I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

Получение навыков размещения компонентов на печатной плате с помощью полуавтоматической системы LPKF ProtoPlace S и последующей пайки с помощью печи LPKF ProtoFlow S.

### **II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

#### **Система LPKF ProtoPlace S**

ProtoPlace S – это установка для профессионального монтажа компонентов поверхностного типа при сборке прототипов и небольших печатных плат. Качественная конструкция и электроника с микропроцессорным управлением увеличивают точность и функциональность устройства при сборке схем при использовании ряда новейших компонентов, доступных в настоящее время на электронном рынке.

Устройство разработано и изготовлено в соответствии с самыми высокими технологическими стандартами. Это позволяет выполнять размещение различных компонентов, включая мелкие детали QFP с шагом до 0,4 мм (16 тысячных дюйма) и до 300 контактов, а также компоненты микросхем вплоть до 0201 различных макетов (устройства подачи, поворотные столы, палитры), фиксацию печатных плат различного размера до 297 x 420 мм (11,8" x 16,5"), смещение и блокировку головки монтажа/дозирования во всех направлениях (x, y, z), простой выбор и отображение способов на четырехстрочном ЖК-дисплее. Благодаря своей эргономичной форме и электронике с мифопроцессорным управлением, тонко настраиваемым параметрам и системе автоматического позиционирования компонентов, уже базовая модель обеспечивает надежное и простое использование. При этом можно легко добавить (с возможностью расширения) дополнительные возможности, такие как моторизованный поворотный стол, различные виды устройств подачи, дозирование и использование мифокамеры, которые еще больше увеличивают уровень практичности и надежности устройства.

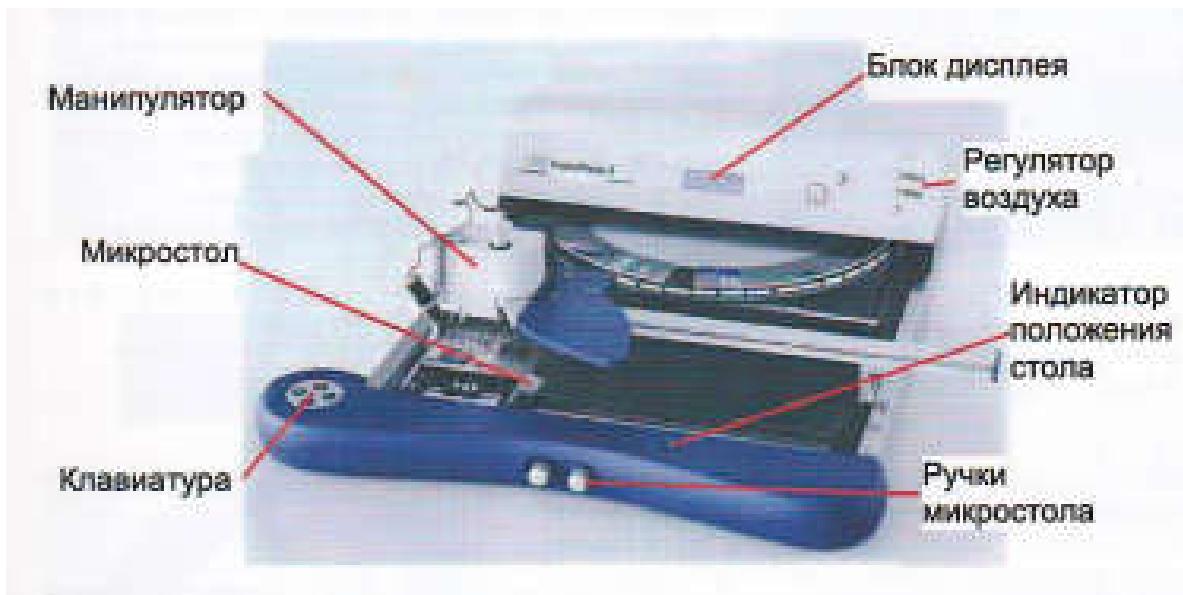


Рис.1. Внешний вид LPKF ProtoPlace S.

Микростол установлен в центральной части устройства монтажа и обеспечивает фиксацию печатных плат любых размеров до 297 x 420 мм (формат А3 или 11,8" x 16,5"). Печатные платы устанавливаются между двумя планками. Левая планка фиксирована, а правая предусматривает подпружиненную регулировку. Область справа от подпружиненной планки также предназначена для емкостей с компонентами.

Для дополнительной поддержки с фиксацией были добавлены магнитные скользящие опоры.

Вращающиеся ручки на передней панели предназначены для точного позиционирования микростола, когда требуется точное размещение. Правая ручка перемещает стол в направлении оси х, левая — в направлении оси у. Световая точка в окне для позиционирования микростола показывает его положение относительно начала координат.

Манипулятор позволяет выбирать и размещать компоненты, припаивать их, крепить с помощью клея и использовать моющие средства. Обеспечивается простой выбор компонентов из различных устройств (ленточные и стержневые устройства подачи, поворотный стол, лотки) с помощью вакуума, с опорой на выбирающую иглу. Вращающаяся ручка обеспечивает поворот компонента и ручное размещение компонентов только прикосновением иглы. В задней части манипулятора находится подача воздуха для подключения дозатора и кабель для подключения камеры.

В манипулятор встроен комплект размещения-дозирования, который, кроме набора для дозирования и размещения (основной набор для размещения и дозирования), содержит педаль для дозирования, насадку для выбора, шестигранный торцевой ключ № 2 (для замены кронштейна иглы с выбирающей иглой), и запасной фиксирующий винт. Дозатор является внешним устройством, обеспечивающим дозирование паяльных паст, клеев и моющих средств. Модуль является съемным. Он крепится к манипулятору только во время использования.

Четырехстрочный ЖК-дисплей обеспечивает четкий выбор режимов работы и регулировок. Форма и расположение описаний напоминают форму и расположение клавиш на клавиатуре.

Нажатие клавиш на клавиатуре позволяет выбрать способ работы, выполнить настройки и установить значения отдельных параметров. Клавиши слепо выступают и пружинно щелкают при нажатии, упрощая нажатие вслепую.

Удобное программное обеспечение позволяет оператору работать с двумя основными меню: размещение (PLACE) и дозирование (DISPENSE). Доступные в настоящее время функции показываются на дисплее, управление выполняется с помощью кнопок клавиатуры.

Включение педали во время размещения выключает вакуум и включает избыточное давление для выдавливания пасты, клея и моющих средств. Соединительный кабель педали подключается к задней части верхней крышки.

Поворотный стол, прежде всего, предназначен для хранения отдельных рассеянных компонентов, которые не являются частью стандартной комплектации (лента, стержень или лоток). Компоненты загружаются в чашки. Тип, назначение и значок указываются на этикетке. Чашки выполнены из проводящего пластика, обеспечивая антистатическую работу с компонентами. На поворотном столе обычно устанавливается 45 чашек (15 одинарных и 30 двойных). Различные сочетания чашек позволяют получить 45,75 или 90 мест хранения. Вращение поворотного стола моторизовано, для управления им используется функция «Turntable» (Поворотный стол).

Кронштейн устройства подачи предназначен для применения ленточных или стержневых устройств подачи, которые вставляются в направляющие кронштейна. Кронштейн устройства подачи находится с левой стороны устройства монтажа. Области с передней стороны устройства подачи предназначена для вращающихся компонентов.

### **Печь LPKF ProtoFlow S**

ProtoFlowS — это мощная конвекционная печь для бессвинцовой пайки оплавлением припоя.

С помощью ЖК-дисплея и простой клавиатуры можно легко выбрать множество заранее запрограммированных профилей процессов. Все параметры профиля, такие как температура и продолжительность процесса, могут быть запрограммированы индивидуально для отдельных стадий подогрева и оплавления. Профили легко определяются по именам, данным пользователем. Можно легко установить одну или несколько печатных плат до максимальной рабочей поверхности 200x160 мм.

Многопроцессорный контроллер, в сочетании с 3-мя датчиками и 3 отдельными группами нагрева, обеспечивает равномерное распределение тепла по всей площади печатной платы. Несколько свободно программируемых шагов между подогревом и заключительным оплавлением позволяют обрабатывать почти все профили пайки оплавлением до 320°C.

Кроме того, с помощью USB-порта связи модуль записи профилей (до четырех необязательных дополнительных датчиков) обеспечивает мониторинг и запись температур на печатной плате или отдельных компонентах. Это же USB-соединение обеспечивает удобный способ создания и программирования профилей процессов с помощью компьютера.



Рис.2. Печь LPKF ProtoFlow S.

Выключатель питания расположен в правом нижнем углу передней панели устройства. Когда питание включено, выключатель питания подсвечен.

Порт USB-подключения типа А находится рядом с выключателем питания. USB-подключение поддерживает USBверсий 1.1 и 2.0

Выбор в меню на четырехстрочном ЖК-дисплее с помощью клавиатуры вполне логичен, то есть стрелки направления перемещают в нужном направлении курсор на ЖК-дисплее.

Среди доступных пунктов меню методы работы и настройки параметров. Клавиши слегка выступают над поверхностью и пружинно щелкают при нажатии, обеспечивая тактильный контроль.

Нагрев камеры осуществляется 6 трубчатыми нагревателями общей мощностью 3200 Вт.

Алюминиевые накладки легко скользят по двум стержням, что позволяет легко адаптироваться к различным размерам печатной платы, максимум до 230 x 305 мм (9 "x 12").

Перед открыванием и закрыванием ящика подается предупреждающий звуковой сигнал и выводится сообщение на дисплее.

Два регулируемых вентилятора установлены в нижней части ящика. Скорость охлаждения регулируется, в диапазоне 0-100% с шагом 10

### III. ОБОРУДОВАНИЕ

Система LPKF ProtoPlace S и печь для пайки LPKF ProtoFlow S.

#### **IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ**

Разместите на ранее изготовленной печатной плате элементы и осуществите их пайку.

#### **VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных действий и изготовленный прототип электронного устройства.

#### **VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Состав и назначение системы LPKF ProtoPlace S?
2. Назначение и возможности печи LPKF ProtoFlow S?

#### **VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Инструкция по эксплуатации LPKF ProtoPlace S.
2. Инструкция по эксплуатации LPKF ProtoFlow S.