

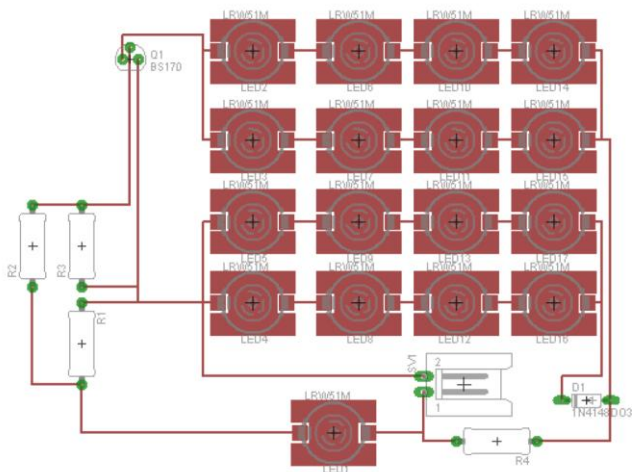
Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

ОСНОВЫ САПР
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических заданий по дисциплине «Основы САПР» для студентов направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» профиль («Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения



УДК 621.3.049.7.002 (075)
ББК 38.54

Составители:

ст. преподаватель О.Н. Чирков

Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине «Основы САПР» для студентов направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» профиль («Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: О.Н. Чирков. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 30 с.

Основной целью указаний является овладение практическими навыками и умениями выполнения задач деятельности специалиста конструктора-технолога РЭС по, моделированию и оптимизации, обеспечению качества и надежности.

Предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Основы САПР» для студентов 3 курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле PRAKT_SAPR.pdf.

Ил. 15. Библиогр.: 25 назв.

УДК 621.3.049.7.002 (075)
ББК 38.54

Рецензент - О. Ю. Макаров, д-р техн. наук, проф.
кафедры конструирования и производства
радиоаппаратуры ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ОСНОВЫ САПР

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических заданий по дисциплине
«Основы САПР» для студентов направления 11.03.03
«Конструирование и технология электронных
средств» профиль («Проектирование и технология
радиоэлектронных средств») всех форм обучения

Составители:

Чирков Олег Николаевич

Компьютерный набор О. Н. Чирков

Подписано к изданию _____.

Уч.-изд. л. _____.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ИЗУЧЕНИЕ ОБОЛОЧКИ И СОСТАВА КОМАНД ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цель занятия: изучение меню и состава библиотек программного пакета автоматизированного проектирования EAGLE.

Методические указания

Рассмотрим только пункты меню программы EAGLE, необходимые для успешного освоения работы с программой.

После запуска EAGLE на панели управления (рис.1) появится окно обозревателя, в нем присутствуют: Libraries (библиотеки), Design Rules (правила дизайна), Scripts (пользовательские скрипты), Projects (проекты).

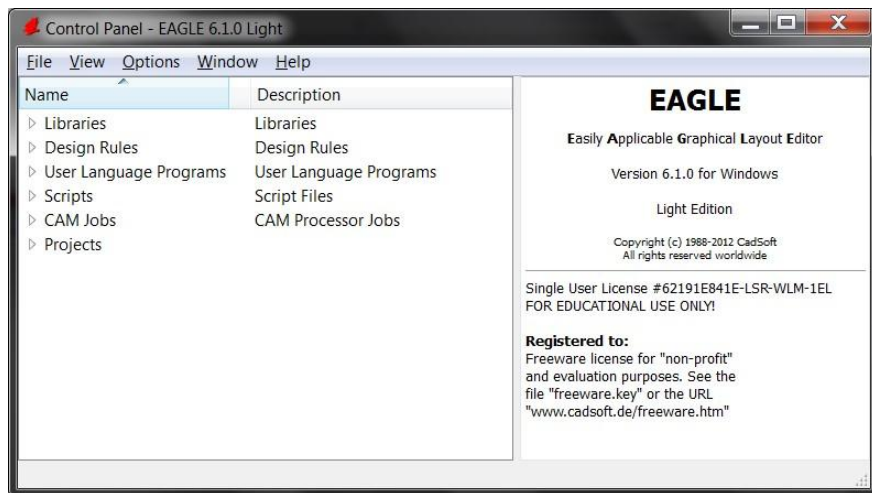


Рис. 1. Главное окно САПР EAGLE

Рассмотрим пункт меню «Options». В нем находятся четыре пункта со своими подменю: «Directories», «Backup», «User interface», «Windows positions».

Directories

Здесь указываются пути к каталогам, где хранятся основные составляющие проектов. По умолчанию устанавливаются следующие настройки. Файлы библиотек (расширение - *.lbr) хранятся в директории, в которую установлен EAGLE, в одноимённой поддиректории LBR. Файлы проектов (т.е. *.brd – платы, и *.sch - схемы) – там же, в поддиректории Projects. При необходимости можно указать свои каталоги, указав полный путь к ним.

Backup

В процессе авто сохранения EAGLE устанавливает расширение предыдущего файла, после чего он выглядит, к примеру, так: file.l#1. Так обозначается резервная копия №1 файла file.lbr. Таких резервных копий может быть до девяти (количество устанавливается регулятором Maximum Backup Level, частота авто сохранения (в минутах) – Auto Save Interval). В любой момент, переименовав установленное расширение файла в необходимое, можно восстановить любой из данных файлов.

User interface

Группа Controls:

Pulldown menu - этот флажок отображает/скрывает пункты меню подпрограмм.

Parameter Toolbar - здесь находятся параметры выполняемой в текущий момент времени команды. К примеру, при редактировании печатной платы и выборе команды «Рисовать линию» - для данной операции в этой панели можно выбрать толщину, слой и другие свойства линии.

Action Toolbar - отображается/скрывается панель, на которой находятся следующие кнопки: «Save», «Open file»,

«Print», а также кнопки отмены действий «Undo», «Redo» и управление масштабом изображения.

Command Text – дублирование Command Buttons в текстовом виде.

Группы Layout и Schematic:

Background - задает цвет рабочего поля обоих редакторов: black – чёрный, white – белый.

Cursor - позволяет выбрать размер курсора: Small – в виде маленького перекрестия, Large – перекрестие размером во весь экран.

Группа Misc:

Always vector font – позволяет помимо векторного шрифта, использовать также пропорциональные шрифты. Limit zoom factor - ограничивает масштаб.

Mouse wheel zoom - определяет коэффициент увеличения изображения колесом мыши.

Группа HELP

Bubble help – обычный формат всплывающих подсказок Windows. User guidance - пользовательское руководство.

Обилие компонентов на современном рынке вызвало и обилие их библиотек. Поэтому работу в пакете EAGLE следует начинать с изучения библиотек и редактора библиотек Library

Editor. Откроем Control Panel, а в нём - список библиотек (рис.2). Такая возможность просмотра появилась с выходом в свет версии 4.0x. В левом окне видим две колонки: Name (название библиотек) и Description (краткое описание каждой). Откроем любую из них. Например, atmel.lbr.

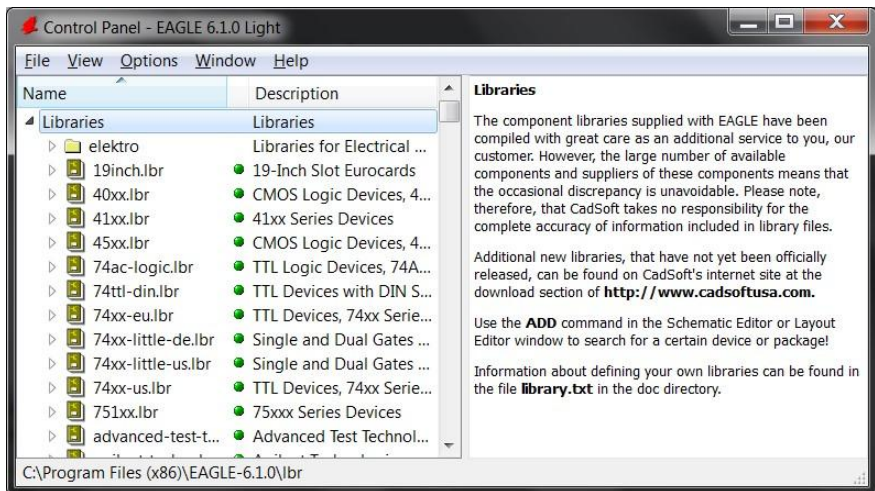


Рис. 2. Вкладка Libraries главного окна САПР EAGLE

Откроем Control Panel, а в нём - список библиотек (рис.2). Такая возможность просмотра появилась с выходом в свет версии 4.0x. В левом окне видим две колонки: Name (название библиотек) и Description (краткое описание каждой). Откроем любую из них. Например, atmel.lbr.

Если не понять, из чего состоит каждый компонент, то будет сложно разобраться с поиском в стандартных библиотеках и с созданием собственных компонентов.

Необходимо отметить, что конструктивных исполнений у одного элемента может быть несколько (например, резисторы разной мощности). Символ – это условное графическое обозначение (УГО) - то есть то, с чем вы работаете в Schematic Editor. Корпус – это посадочное место компонента на печатной плате, включая его выводы.

В нашем примере мы рассматриваем микроконтроллер AT89C51 от фирмы ATMEL. Эту информацию мы видим в левом окне обозревателя библиотек. Рассмотрим правое окно. В левой его части красным цветом изображено УГО элемента – таким он и будет выглядеть на принципиальной схеме в

Schematic Editor. Справа – его посадочное место на печатной плате. В нижней части окна видим таблицу вариантов конструктивного исполнения. Данное устройство имеет восемь вариантов, в списке видим восемь строк. При наличии нескольких вариантов посадочного места просмотреть каждый можно, нажимая на синие ссылки.

Каждый компонент библиотеки (Device) не является графическим, но он объединяет два (или более) векторных графических файла, входящих в его состав: символа (Symbol) и посадочного места (Package). Device = Symbol + Package (рис.3).

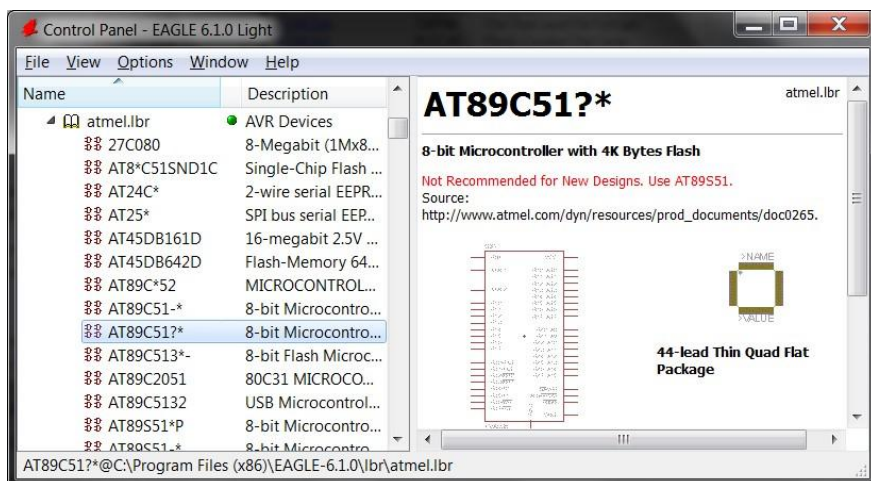


Рис. 3. Графическое представление компонента в САПР EAGLE

Порядок выполнения задания

1. Запустить программу САПР EAGLE.
2. Внимательно изучить возможности главного окна САПР EAGLE.
3. Изучить назначение команд подменю ко всем пунктам главного меню.
4. Изучить действие рассмотренных команд на практике.
5. Изучить вкладку Libraries в главном окне программы.
6. Изучить условное графическое представление компонентов библиотек.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

ИЗУЧЕНИЕ ПРАВИЛ СОЗДАНИЯ И РЕДАКТИРОВАНИЯ БИБЛИОТЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель занятия: научиться создавать библиотеку элементов схем на примере резистора.

Методические указания

Для создания проекта необходимо открыть Control Panel и выбрать меню File\New\Project. При этом в указанном месте создается папка, в которой будут храниться схема, чертеж печатной платы, а также файлы проверки ERC и DRC. На Control Panel выбираем «Создать новую библиотеку» (File\New\Library). Появится окно редактора (рис.4).

Нарисуем резистор МЛТ. Можно нарисовать библиотечный компонент только в виде его посадочного места, если плата будет создаваться вручную, не из схемы. Само устройство (Device) состоит из условного графического обозначения данного устройства (Symbol) и его посадочного места (Package). Можно нарисовать Package не создавая УГО; можно наоборот, нарисовать УГО, не рисуя при этом его Package. Но в обоих случаях программа не сможет работать с этими отдельными частями как с полноценным элементом библиотеки, потому что связь между УГО и посадочным местом обеспечивает именно Device.

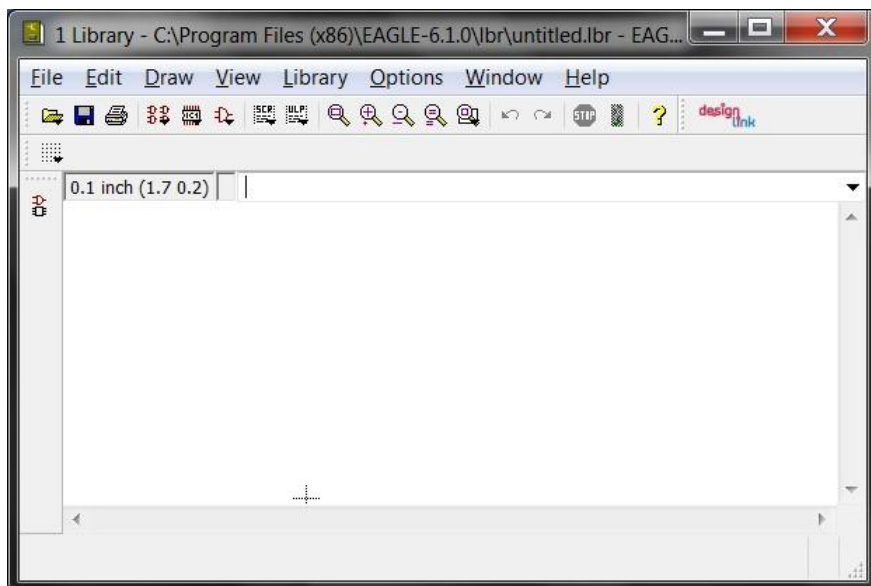


Рис. 4. Окно редактора библиотек

Рассмотрев процесс создания библиотеки (файла с расширением *.lbr), перейдем к процессу создания непосредственного элемента библиотеки – Device (Library\Device). Порядок создания библиотечного компонента (Device):

- 1) создам новую библиотеку;
- 2) создам новое устройство (Device);
- 3) создам новый символ (УГО);
- 4) создам для него посадочное место (Package) или несколько посадочных мест, если один и тот же символ имеет разные варианты исполнения.

- 5) приводим в соответствие выводы УГО и посадочного места через редактирование Device.

SYMBOL

Сначала необходимо установить координатную сетку в мм. Для этого выберем меню View\Grid. Появится окно

настройки координатной сетки (рис.5). Здесь Size – размер координатной сетки.

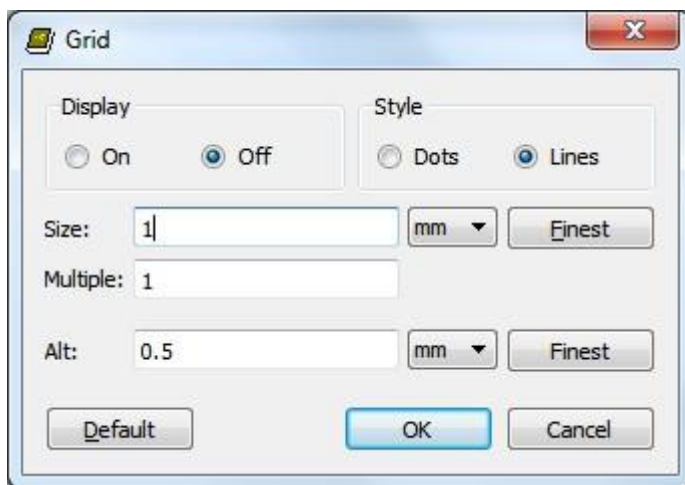


Рис. 5. Окно настройки координатной сетки

В открывшемся окне редактора библиотек нажимаем Symbol, и в строке New набираем имя нового символа, например, Resistor. Когда откроется окно редактора, нажав кнопку Display (переключение слова) можно ознакомиться с теми слоями, которые доступны в этом редакторе.

В слое Nets находятся все проведённые соединения между выводами компонентов. Слой Buses - разводка соединений шинами. Pins - в этом слое отображаются непосредственные точки подключения выводов компонентов с линиями связей. Слой Symbol - это непосредственно УГО компонента. В слоях Names и Values находится информация о порядковом номере (по схеме) и названии компонента.

Перейдем непосредственно к рисованию резистора. Нажав

Wire, рисуем корпус самого резистора. Размеры резистора по ГОСТ (10x4 мм). Затем резистору нужно

добавить выводы. Выводы символа - это не просто линии, которые можно нарисовать при помощи команды Wire. Выводы - это специальные элементы в редакторе символов. Для задания компоненту выводов есть специальная кнопка – Pin (в левом окне или в меню Draw\Pin). Рассмотрим панель параметров, которая появилась после нажатия на кнопку Pin (рис.6).



Рис. 6. Панель параметров Pin

Название	Назначение параметров группы «Тип»
None	Вывод компонента стандартный
Dot	Вывод компонента инверсный
Clk	Вывод компонента тактовый (со стрелкой)
Dot Clk	Тактовый инверсный вывод компонента (с кружком и стрелкой)

Название	Назначение параметров группы «Направление»
NC	Вывод не подключен внутри компонента
In	Вывод компонента является входом
Out	Вывод компонента является выходом
I/O	Вывод компонента с изменяемым направлением сигнала
OC	Открытый коллекторный выход
Pwr	Выводы питания
Pas	Вывод пассивного элемента
Sup	Вывод компонента является источником

Название	Назначение параметров группы «Маркировка»
----------	---

Off	Вывод компонента не маркирован
Pad	Вывод компонента пронумерован
Pin	Выводу компонента присвоено имя
Both	Выводу компонента присвоены имя и номер

Таким образом, для нашего резистора нам нужны пассивные выводы средней длины (Middle). Теперь необходимо задать имя и номинал для создаваемого резистора. Нажимаем кнопку Text, в появившемся окошке набираем: R и задаем слой NAMES, выбираем для него местоположение в соответствии с ГОСТ. Выбрать пункт Text, а затем в панели инструментов выбрать VALUES на рис. 7. Не забудьте проверить, в каком слое размещаете данный текст - имя (номер) компонента должно находиться в слое Names, его номинал - в слое Values. Итак, создание УГО компонента завершено (рис.7). Перейдём к созданию его посадочного места.

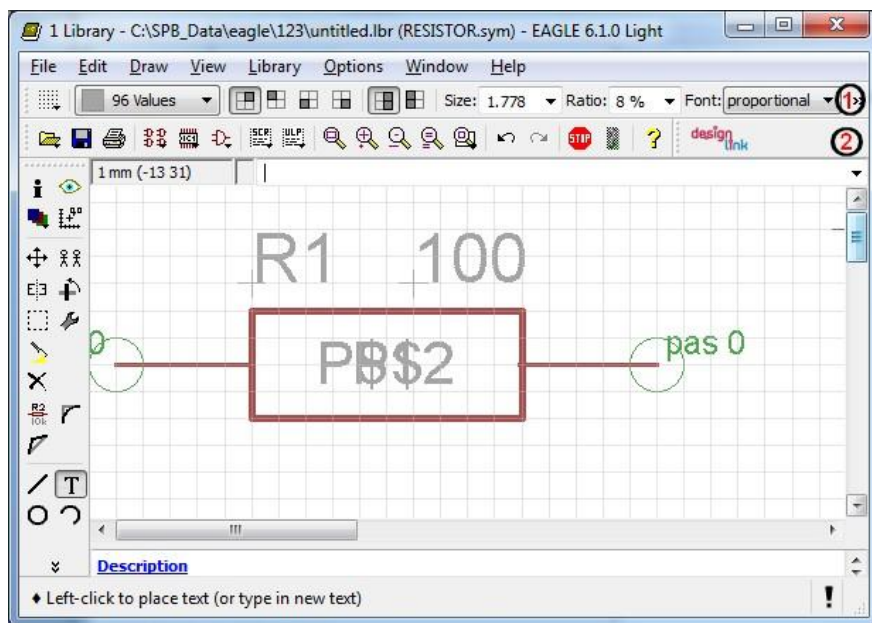


Рис. 7. УГО компонента

PACKAGE

Для этой работы нам понадобится штангенциркуль или готовые чертежи резисторов с указанием всех габаритных размеров. Нажимаем кнопку Package в панели инструментов или в меню Library, вводим имя нового посадочного места и нажимаем ОК, начинаем редактировать корпуса наших резисторов, не забыв переключить настройки координатной сетки на мм (так же как ранее для SYMBOL). Процесс создания нового посадочного места абсолютно идентичен процессу создания нового УГО. Нажав Wire, нарисуем корпус создаваемого резистора. Наиболее применяемое расстояние для формовки выводов данных резисторов - 15 мм. Нажимаем Pad и разносим контактные площадки на расстояние 15 мм друг от друга, а между ними, предварительно отцентрировав, рисуем корпус резистора по нашим замерам (или чертежам). Наведя курсор на Pad, щелкнув правой кнопкой мыши, в появившемся меню можно просмотреть и изменить свойства выводов (Properties).

По умолчанию в EAGLE, начиная с версии 4.0x, диаметр контактной площадки задается автоматически, исходя из заданного диаметра отверстия (Drill). Хотя ее размер можно принудительно установить «напрямую» путём выбора диаметра в выпадающем меню Diameter. К тому же, можно выбрать форму для контактной площадки: Square (квадратная), Round (круглая), Octagon (восьмигранная), xLongOct (восьмигранная, вытянутая по оси X) и yLongOct (восьмигранная, вытянутая по оси Y). Для удобства соединения выводов УГО и посадочных мест нужно использовать кнопку Name, чтобы присвоить контактным площадкам имена.

Создание посадочного места компонента завершено (рис.8).

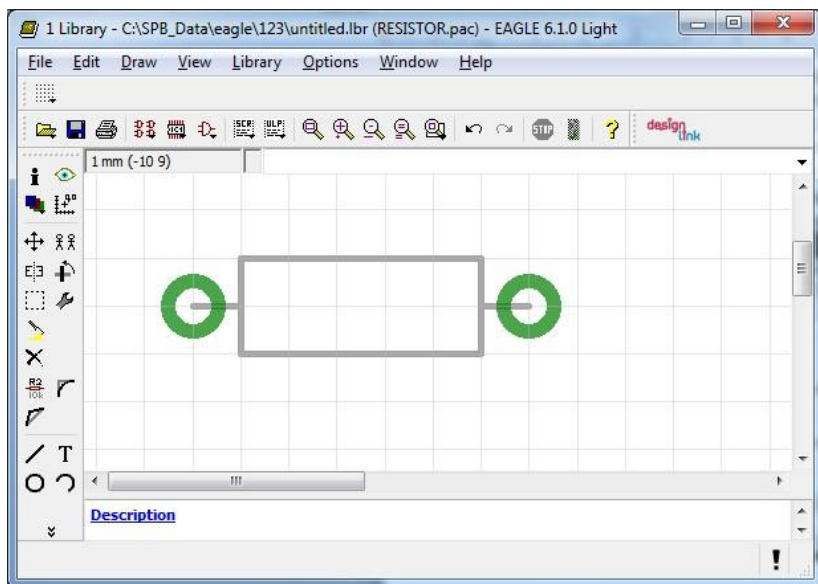


Рис. 8. Посадочное место компонента

DEVICE

Нажав соответствующую кнопку (Device), создаём новое устройство. Назовём его, к примеру, RESISTOR. Device будет объединять УГО с посадочным местом.

Рабочее поле редактора устройств разделено на четыре части. В левый верхний угол мы вставим УГО будущего компонента библиотеки. Для этого нажимаем кнопку Add и в появившемся окошке выбираем имя нашего Symbol. После того как мы выбрали УГО нашего компонента, нажимаем кнопку New (в правом нижнем окне) и выбираем имена наших посадочных мест. Их список появится в правом нижнем, а их рисунки - в правом верхнем углу.

Слева показано окно выбора посадочных мест: таким оно должно быть при условии строгого соблюдения всего описанного выше. После того как все нужные посадочные места выбраны, можно приступить к соединению выводов УГО и посадочных мест.

Нужно заметить, что и посадочные места, и символы (УГО) могут использоваться как в данном компоненте, так и в любых других компонентах этой же библиотеки. Вот так выглядит окно редактирования после всех вышеописанных действий (рис.9).

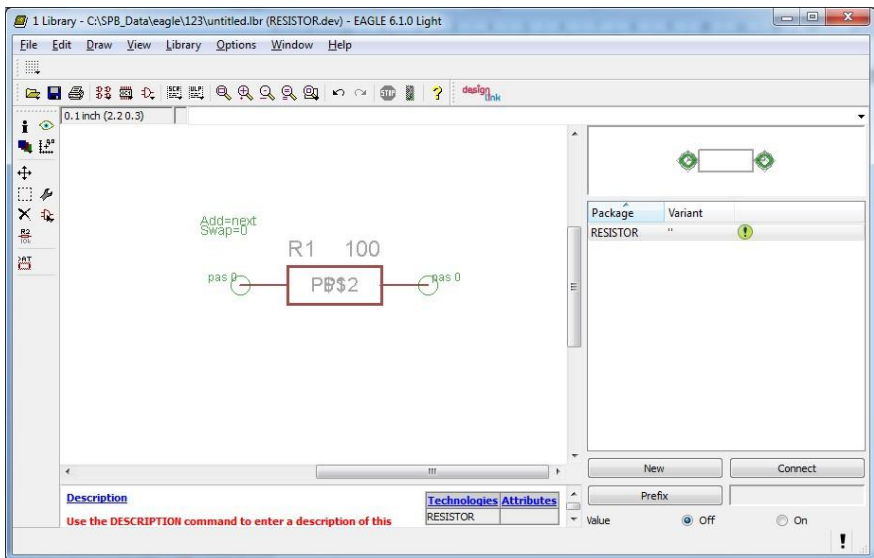


Рис. 9. Окно редактирования устройства

Жёлтые кружки с восклицанием - это показатель того, что УГО неправильно соединено с данным Package (в нашем случае подключение пока вообще не производилось). После правильного соединения этот значок изменится на зеленую «галочку».

Далее необходимо нажать кнопку Connect. Появится окно соединения Symbol и Package. Выбираем соответствующие пары, нажимаем Connect - устройство готово.

Теперь сохраним данную библиотеку под именем, заданным преподавателем.

Порядок выполнения задания

1. Запустить программу САПР EAGLE.
2. Создать собственный проект и поместить в него библиотеку в соответствии с методическими указаниями.
3. Создать УГО компонента (резистора).
4. Создать посадочное место компонента (резистора).
5. Объединить посадочное место компонента (резистора) с УГО.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

ИЗУЧЕНИЕ ОБОЛОЧКИ И СОСТАВА КОМАНД ДЛЯ СОЗДАНИЯ И РЕДАКТИРОВАНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Цель занятия: научиться создавать и редактировать принципиальные схем в пакете EAGLE.

Методические указания

Открываем Control Panel. Выбираем File\New\Schematic (рис. 10).

Выбираем компоненты для нашей схемы, используя кнопку ADD или в меню Edit\Add (рис. 11).

В браузере компонентов есть возможность просмотра УГО и корпуса (Package) элемента (рис. 12).

Выбираем компонент и устанавливаем его на рабочее поле. Здесь правая кнопка мыши используется для поворота. Затем соединяем выводы компонентов, используя кнопку WIRE.

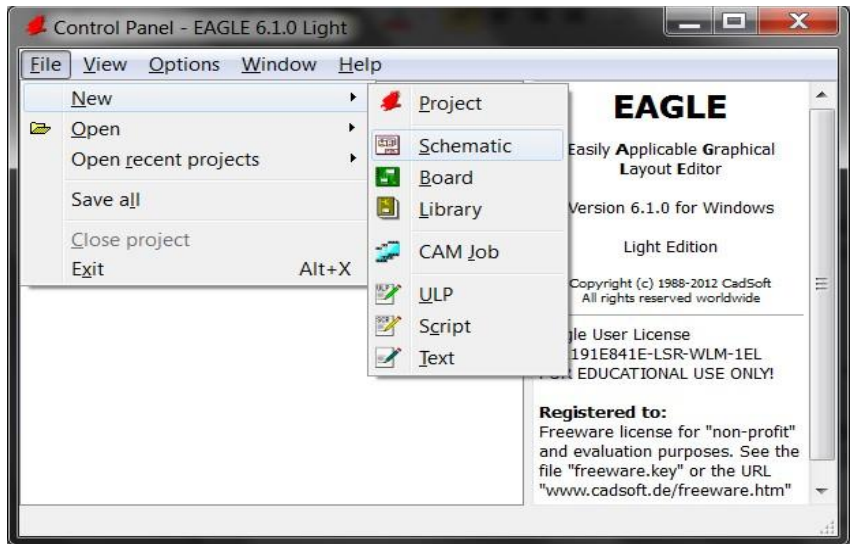


Рис. 10. Окно создания шаблона схемы

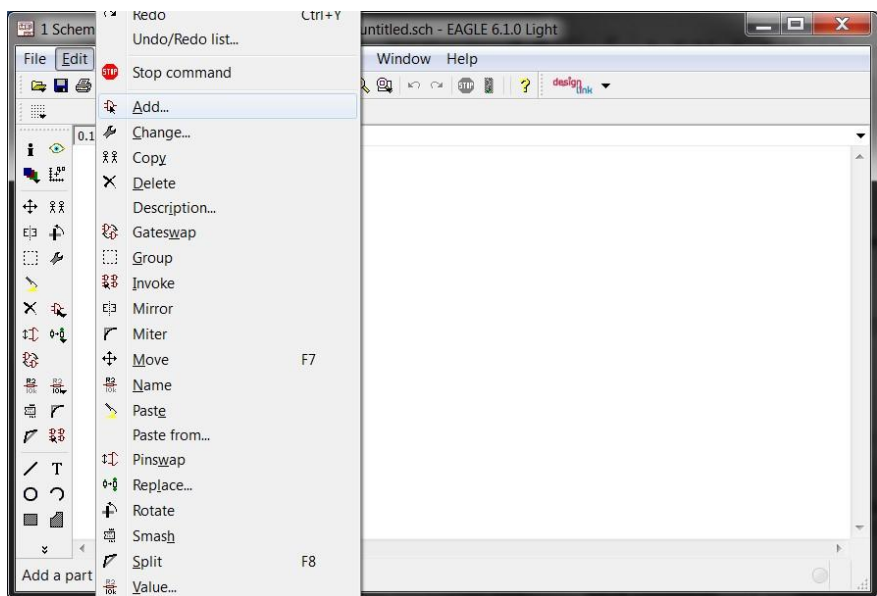


Рис. 11. Окно добавления компонента

Места соединения трёх и более компонентов отмечаем точками при помощи кнопки Junction. С помощью кнопки Show возможно проверить соединения, нажав левой кнопкой мыши по проводнику: при этом должны подсветиться все выводы компонентов замкнутой цепи. Для того, чтобы присвоить имена компонентам, используем кнопку NAME (на левой панели инструментов или в меню Edit), а для расстановки номиналов - кнопку VALUE.

Рассмотрим создание принципиальной схемы на конкретном примере. Схема будет представлять собой 2 ветви светодиодов, мигающих в противофазе с частотой 1-2 Гц.

Необходимые компоненты и библиотеки:

- транзистор полевой BS170 (библиотека transistor-small-signal.lbr);

- 4 постоянных резистора малой мощности (библиотека rcl.lbr);
- 16 светодиодов красного цвета LRW51M (библиотека led.lbr);

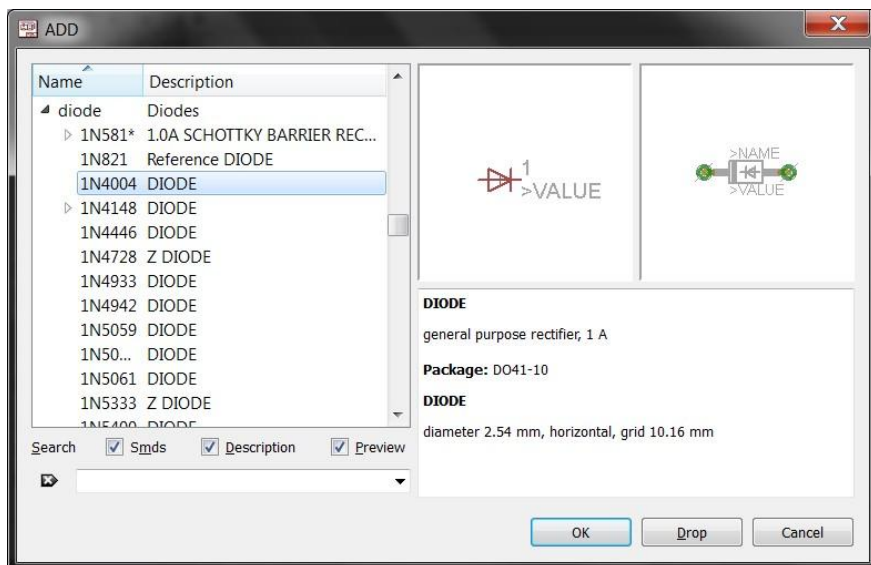


Рис. 12. Браузер компонентов

- 1 мигающий светодиод красного цвета в корпусе LRW51M-TH (библиотека led.lbr);
 - диод 1N4148 (библиотека diode.lbr);
 - разъем питания (библиотека con-amp-mt.lbr).
- 1) С помощью кнопки GRID (по умолчанию ее значение установлено 0.1 дюйма, шаг – в дюймах, изображение – линиями, а ее видимость выключена) можно изменить параметры координатной сетки.

2) Нажимаем кнопку ADD и устанавливаем все названные компоненты из вышеперечисленных библиотек (рис. 13).

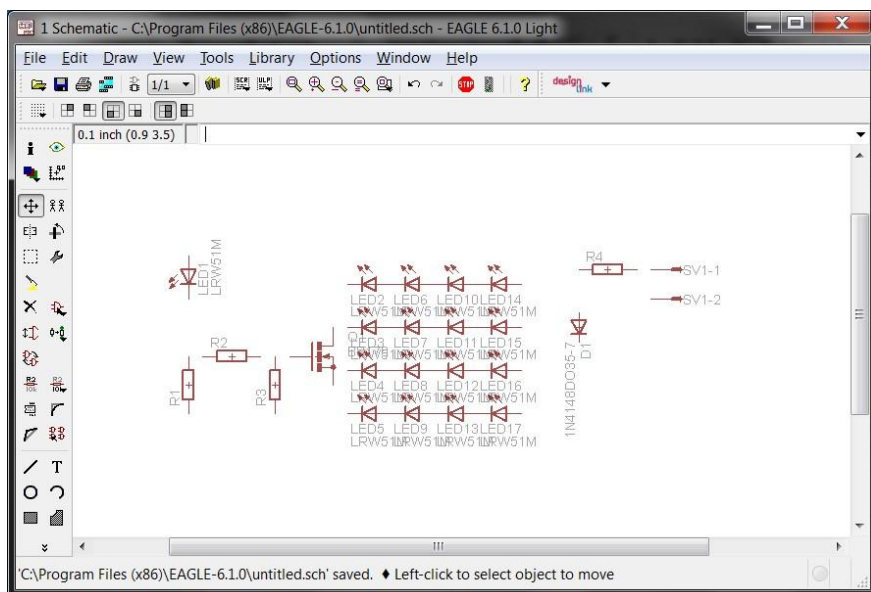


Рис. 13. Установленные компоненты

3) Теперь необходимо правильно соединить все элементы схемы. Нажимаем на Wire и соединяем выводы компонентов. Обозначаем соединения кнопкой Junction. Схема готова (рис. 14).

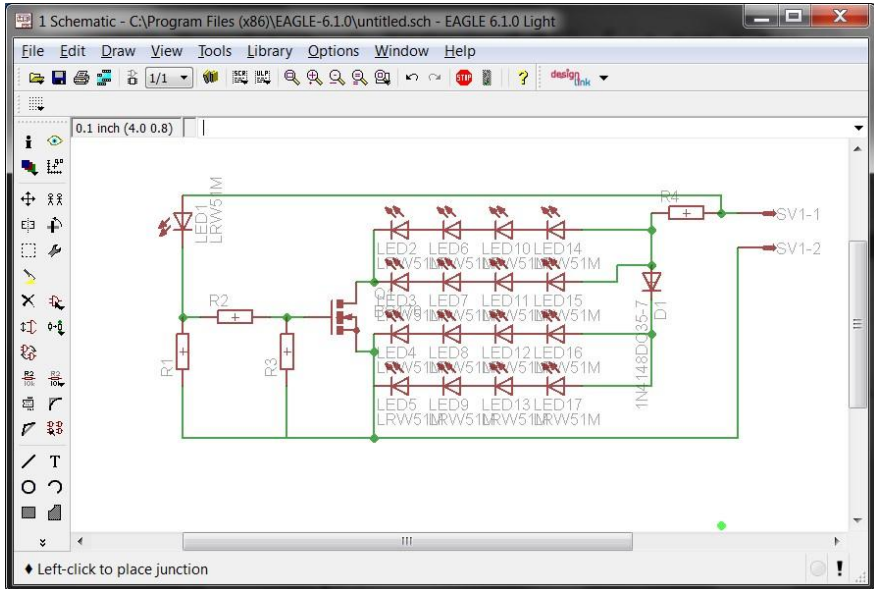


Рис. 14. Готовая схема

Порядок выполнения задания

1. Запустить программу САПР EAGLE.
2. Найти и разместить необходимые элементы.
3. Соединить элементы схемы.
4. Проверить схему на отсутствие ошибок.
5. Сохранить разработанную принципиальную схему в свою папку.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

ИЗУЧЕНИЕ ПРАВИЛ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

Цель занятия: научиться по принципиальной схеме создавать печатную плату в пакете EAGLE.

Методические указания

Открыв принципиальную схему из предыдущего занятия, для переключения из Schematic в Layout, выберем в меню File/Switch to board. EAGLE предлагает создать её из схемы. Отвечаем «Yes» и получаем окно (рис. 15).

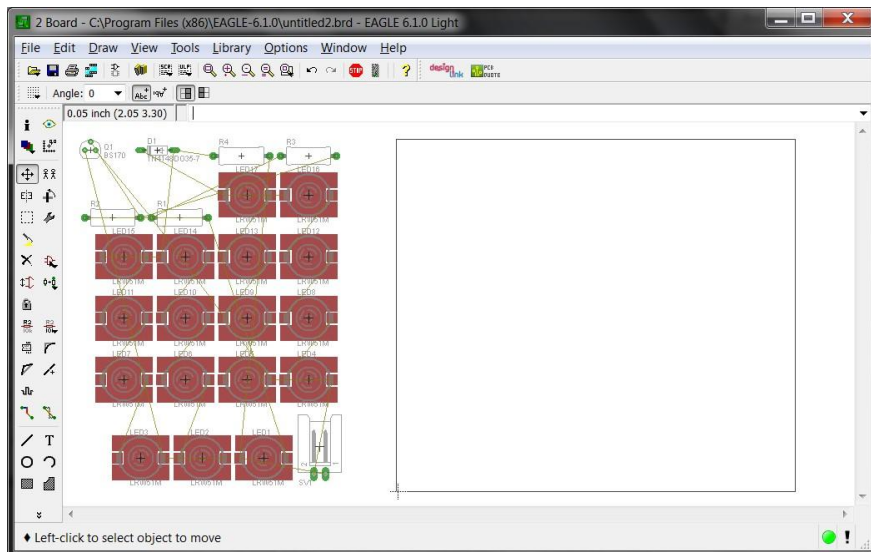


Рис. 15. Посадочные места компонентов и соединения для печатной платы

Чтобы правильно развести проводники на плате, связи должны пересекаться как можно в меньших местах. Для размещения элементов на плате необходимо:

- 1) сгруппировать их кнопкой Group;
- 2) нажать правой кнопкой мыши в любом месте окна и выбрать Move Group.

После того как компоненты размещены на плате, необходимо нажать кнопку Auto или выбрать в меню Tools\Auto (рис. 16).

Для создания однослойной печатной платы в меню 16 Bottom необходимо выбрать N/A и нажать ОК. Трассировщик автоматически произведет разводку печатной платы. Для ручной доводки дорожек печатной платы, необходимо использовать кнопки Split,

Miter, Move. Готовая печатная плата представлена на рисунке (рис.17). При необходимости можно удалить разведенные дорожки кнопкой Ripup.

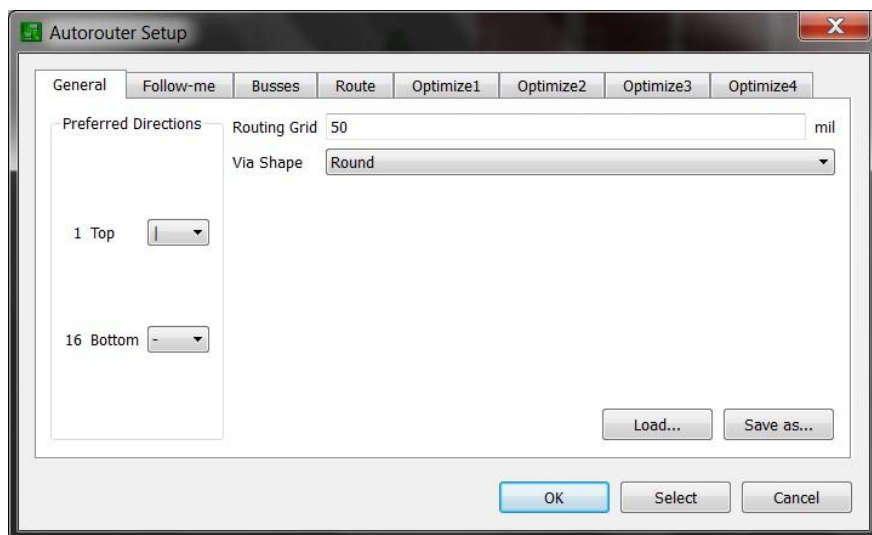


Рис. 16. Меню трассировщика

Порядок выполнения задания

1. Запустить программу САПР EAGLE.
2. Загрузить принципиальную схему, созданную на практическом занятии №3.

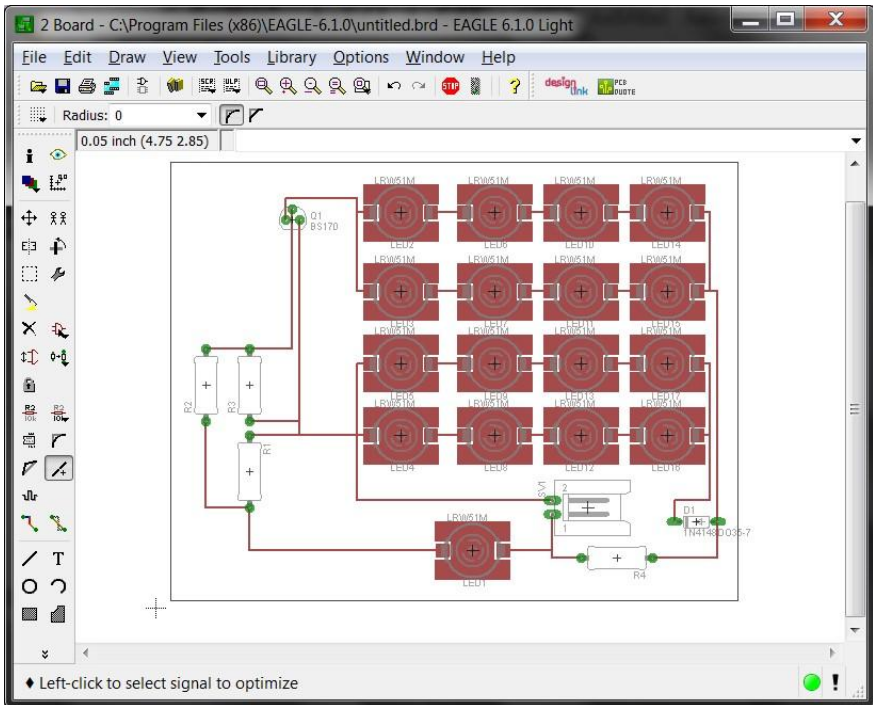


Рис. 17. Готовая печатная плата

3. Перейти в редактор печатных плат.
4. Запустить автотрассировщик.
5. При необходимости вручную довести дорожки после работы трассировщика.
6. Сохранить разведенную печатную плату в свою папку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кондаков А. И. САПР технологических процессов: учебник для вузов / 3-е изд., стер. -М.: Академия, 2010. - 272 с.
2. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учебник / 2-е изд., перераб. и доп. -М.: МГТУ, 2002. - 336 с.
3. Наугольнов О.А., Кучеров В.А., Ланкин А.М., Бакланов А.Н. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы САПР средств измерений и диагностики»/Южно-Российский гос.техн.ун-т. - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2013. - 24 с.
4. Наугольнов О.А., Кучеров В.А. Основы САПР средств измерений: Учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. - 67с.
5. Наугольнов О.А., Кучеров В.А. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Основы САПР биомедицинских приборов»/Новочерк. гос.техн. ун-т. – Новочеркасск: НГТУ, 1997. – 24 с.
6. Дорфман Д.Д. Учебник по EAGLE от CadSOFT - CadSOFTEAGLEtutorRUS, 2010. Доступ <http://eaglecad.ru/eaglenews/itemlist/user/42-johnndorfman>.
7. Горбатенко Н.И., Гречихин В.В., Юфанова Ю.В. Методы моделирования магнитного поля в натурно-модельном эксперименте//Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2002. № 4. С. 29-34.
8. Gorbatenko N., Grechikhin V., Kolomiets A., Kucherova A., Narakidze N. Characterisation of Ni-Mn-Ga magnetic parameters based on indirect measurements and mathematical modeling of the experimental setup//Proceedings of the 6th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2011 2011. С. 1214.
9. Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Широков

К.М. Устройство для измерения магнитных параметров изделий из листовой электротехнической стали на базе технологий National Instruments//Металловедение и термическая обработка металлов. 2014. № 11 (713). С. 43-45.

10. Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Наракидзе Н.Д., Леухин Р.И., Широков К.М., Дубров В.И., Стеценко И.А., Ахмедов Ш.В. Измерительный преобразователь напряженности магнитного поля для прибора экспресс-испытаний изделий из листовой электротехнической стали//Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 212.

11. Aleksanyan G.K., Gorbatenko N.I., Tarasov A.D. Development of hardware-software complex for electrical impedance tomography of biological objects//Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1030-1033.

12. Aleksanyan G.K., Gorbatenko N.I., Tarasov A.D. Modern trends in development of electrical impedance tomography in medicine//Biosciences Biotechnology Research Asia. 2014. Т. 11. С. 85-91.

13. Шайхутдинов Д.В., Стеценко И.А., Леухин Р.И., Горбатенко Н.И., Дубров В.И., Широков К.М. Реализация прибора для измерения магнитных свойств электротехнических сталей на базе планшетного персонального компьютера//Актуальные вопросы науки. 2014. № XVI. С. 98-101.

14. Боровой В.В., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В. Измерительный преобразователь магнитного потока для устройств экспресс-контроля магнитных характеристик листовой электротехнической стали//Металловедение и термическая обработка металлов. 2014. № 11 (713). С. 39-43

15. Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Оптимизация параметров измерительного преобразователя напряженности магнитного поля сумматора//Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2008. № 2. С. 32-35.16.

16. Горбатенко Н.И., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Широков К.М. Информационно-измерительная система для испытания высокоэнергетических постоянных магнитов // XVIII Международная конференция по постоянным магнитам Суздаль, 19-23 сент. 2005 г. 2011. С. 138-139.

17. Горбатенко Н.И., Ланкин М.В. Алгоритм адаптивно-ступенчатого перемагничивания фмм основа математического обеспечения системы управления работой мехатронных устройств контроля качества // Мехатроника и робототехника. Современное состояние и тенденции развития научно-методические и информационные материалы Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи, 20-24 сентября 2010 г., г. Новочеркасск. М-во образования и науки РФ, Южно-Российский гос. технический ун-т (Новочеркасский политехнический ин-т). Новочеркасск, 2010. С. 49-65.

18. Марченко А.Ю., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Информационноизмерительная система для испытания постоянных магнитов // Научнотехническое творчество студентов вузов материалы Всероссийского смотра-конкурса научно-технического творчества студентов вузов "Эврика2005". 2005. С. 260-265.

19. Ланкин М.В., Кучер А.И. Нахождение оптимальных параметров конструкции измерительного преобразователя устройства экспрессконтроля изделий из листовой электротехнической стали // Моделирование. Теория, методы и средства Материалы 15-ой Международной научнопрактической конференции. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. 2015. С. 33-36.

20. Ланкин М.В., Кучер А.И. Построение модели распределения магнитного поля накладного датчика // Моделирование. Теория, методы и средства Материалы 15-ой Международной научно-практической конференции. Южно-

Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. 2015. С. 30-32.

21. Горбатенко Н.И., Ланкин М.В., Саввин Д.Д., Кучеров В.А., Гречихин В.В., Хамизов Р.Р., Наракидзе Н.Д., Ляхов Л.И. Приборы и методы измерения и контроля магнитных свойств изделий // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики 2006. С. 4-23.

23. Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Кучеров В.А. Определение напряженности магнитного поля на поверхности постоянных магнитов // В сборнике: Моделирование. Теория, методы и средства Материалы V Международной научно-практической конференции: в 5 частях. 2005. С. 10-23.

24. Lankin A.M., Lankin M.V., Naugolnov O.A. Approximation of family basic magnetization curves of the magnetic electrical devices for the solution of inverse problems of the diagnostics//Procedia Engineering. 2016. Т. 150. С. 1020-1026

25. Кучеров В.А., Ланкин М.В., Наугольнов О.А. Измеритель напряженности с датчиком на основе эффекта Виганда // Приборы и приборные системы 1994. С. 8.