

На правах рукописи

Крупенко Денис Александрович

**Исследование и разработка методов автоматизации создания
конструкторской документации на печатные платы в системе
AutoCAD**

Специальность 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования
(промышленность)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2010

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете "ЛЭТИ" им. В.И.Ульянова (Ленина)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Анисимов Владимир Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Лузин Сергей Юрьевич,
кандидат технических наук
Фомичев Платон Борисович

Ведущая организация: Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

Защита диссертации состоится «___»_____ 2010 г. в _____ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.02 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Автореферат разослан «___»_____ 2010 г.

Ученый секретарь совета
по защите докторских
и кандидатских диссертаций

Н. М. Сафьяников

Общая характеристика работы

Актуальность работы

От современных систем автоматизированного проектирования требуется постоянное повышение эффективности процесса конструирования, а также качества выпускаемой конструкторской документации. Это обусловлено усложнением проектируемых объектов, растущими требованиями к надежности и безотказности их функционирования. Например, в радиоэлектронике наблюдается постоянное увеличение функциональности интегральных микросхем, дальнейшая миниатюризация всех компонентов, развитие технологий "кристалл на плате", многокристальные модули и выполнение компонентов в микрокорпусах. Расширяющаяся номенклатура компонентов и материалов для различных применений постоянно пополняет информационную базу и создает возможности создания большого разнообразия конструкций электронных изделий.

Важным требованием при проектировании печатных плат является наличие конструкторской документации, она является необходимым элементом проектирования и изготовления печатных плат на любом предприятии и используется в процессе изготовления, при проведении монтажа, а также при их предъявлении ОТК, заказчику и другим контролирующим службам.

Наиболее распространенной системой автоматизированного проектирования, используемой для проектирования печатных плат вычислительных и радиоэлектронных устройств, является P-CAD. Она позволяет решать целый спектр разнообразных задач, связанных с проектированием печатных плат, в том числе: моделирование, выполнение различных тепловых и радиальных расчетов, трассировку топологии, но система не позволяет решать задачу выпуска конструкторской документации. При этом, фактическим стандартом оформления конструкторской документации является AutoCAD, благодаря встроенным языкам программирования он может быть адаптирован для оформления конструкторской документации практически всех направлений проектирования.

Из выше изложенного видно, что весьма актуальной является задача создания алгоритмов адаптации системы автоматизированного проектирования AutoCAD для оформления конструкторской документации на печатные платы.

Методы, лежащие в основе этих алгоритмов, должны обеспечивать возможность формирования конструкторской документации, при этом работа частично выполняется автоматическим способом, а частично – посредством специальных программных утилит, работающих под управлением конструктора. К ним относятся процедуры, формирующие уникальные для каждой платы составляющие: размерные линии, переменные части технических требований и т.д. Такие процедуры обычно плохо формализуются и поэтому не могут выполняться в автоматическом режиме.

Цели и задачи исследования

Целью диссертационной работы является исследование методов и разработка алгоритмов автоматизации оформления конструкторской документации на печатные платы в системе автоматизированного проектирования AutoCAD.

Основными задачами работы являются:

- Формализация методики трансляции графических баз данных топологии печатных плат между системами автоматизированного проектирования P-CAD и AutoCAD.
- Разработка алгоритмов модификации графических баз данных топологии печатных плат в системе проектирования AutoCAD, для подготовки к оформлению конструкторской документации.
- Построение общей методики извлечения технологической информации из проектов печатных плат.
- Разработка методов автоматизированного оформления конструкторской документации в системе проектирования AutoCAD.
- Создание программного обеспечения адаптации системы проектирования AutoCAD, для автоматизации оформления конструкторской документации на печатные платы, представляющей из себя набор LISP-файлов обработчика и DCL-файлов диалоговых окон.

Основные методы исследования

В работе, для решения поставленных задач, используются методы численного анализа, аппарат вычислительной математики, методы математического моделирования и теории построения САПР.

Достоверность научных результатов

Достоверность результатов подтверждается корректностью использования математического аппарата теории графов, теории матриц, численных методов анализа и результатами опытного тестирования созданного программного обеспечения.

Научная новизна результатов

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Построена структура алгоритма модификации графических баз данных топологии печатных плат для использования в конструкторской документации.
2. Разработаны общие методы извлечения технологических данных из проектов печатных плат в системе автоматизированного проектирования AutoCAD.
3. Предложена методика трансляции проектов печатных плат из системы автоматизированного проектирования P-CAD в AutoCAD для последующего оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации.

4. Созданы и апробированы методы построения таблиц с основными параметрами переходных отверстий и структурных слоев топологии печатных плат.
5. Разработана методика автоматизации процесса подбора форматов листов, формирования технических требований на чертежах, а также модификации графических элементов в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Методика трансляции графических баз данных проектов печатных плат в систему автоматизированного проектирования AutoCAD для обеспечения дальнейшей возможности оформления конструкторской документации с использованием методов автоматизации.
2. Алгоритмы и блок-схемы обработки графических баз данных топологии печатных плат в системе AutoCAD на основе использования списочных структур графических примитивов и технологии работы с наборами данных.
3. Общая методика получения технологических данных основных параметров печатных плат с использованием графических баз данных топологий и данные N/C Drill.
4. Методы формирования конструкторской документации на печатные платы в системе AutoCAD на основании исходной информации о графических базах данных топологий, полученных из системы проектирования P-CAD.

Практическая ценность

Практическая ценность полученных в диссертационной работе результатов заключается в следующем:

1. Разработан алгоритм трансляции проектов печатных плат из системы автоматизированного проектирования P-CAD в AutoCAD.
2. Разработана общая методика процесса автоматизированного оформления конструкторской документации на печатные платы в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации.
3. Реализовано программное обеспечение алгоритма автоматизированного оформления конструкторской документации на печатные платы в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации в AutoCAD.

Практическая реализация и внедрение результатов работы

Разработанные в процессе выполнения диссертационной работы методы автоматизации обработки проектов печатных плат в системе автоматизированного проектирования AutoCAD и последующего формирования конструкторской документации реализованы в виде подпрограммы адаптации AutoCAD, которая может быть использована при развертывании глобальной системы автоматизированного проектирования на предприятиях радиоэлектронной промышленности.

Полученные при выполнении работы результаты использованы при построении системы автоматизированного проектирования на базе AutoCAD на предприятии ООО «НПЦ «ГРАНАТ». Созданная на основе разработанных алгоритмов подпрограмма адаптации системы проектирования AutoCAD обеспечивает возможность увеличить производительность выпуска конструкторской документации на печатные платы, используемые при проведении сертификационных испытаний, а также в изделиях, предназначенных для контроля обработки сигналов.

Результаты использованы в учебном процессе кафедры САПР СПбГЭТУ для построения программного обеспечения систем автоматизированного проектирования в области выпуска конструкторской документации.

Апробация работы

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались на конференциях:

1. Международная конференция «Приборостроение в экологии и безопасности человека», Санкт-Петербург: ГУАП, 2007.
2. Конференция профессорско-преподавательского состава СПбГЭТУ, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» 2007 г.
3. Конференция молодых ученых «Навигация и управление движением», Санкт-Петербург: ЦНИИ Электроприбор, 2007 г.
4. Международная конференции «Современное Образование: содержание, технологии, качество», Санкт-Петербург, СПбГЭТУ, 2008 г.
5. Конференция профессорско-преподавательского состава СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008 г.
6. Конференция профессорско-преподавательского состава СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009 г.
7. Конференция профессорско-преподавательского состава СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010 г.

Публикации

По теме диссертации опубликованы 8 научных работ, из них 3 статьи в журналах, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, 4 работы в сборниках трудов международных научно-технических конференций, 1 статья в журнале, включенном в перечень ВАК, находится в печати.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основного содержания, заключения и списка литературы, включающего в себя 38 наименований.

Основная часть диссертации изложена на 137 листах. Работа содержит 32 рисунка и 2 таблицы.

Общее содержание работы

Во введении приведены цели и задачи работы, обоснована актуальность поставленных задач.

В первой главе приводятся основные определения, и дается краткий обзор организации информационного обмена между программными компонентами САПР.

Эффективность создания конструкторской документации на печатные платы в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации в системе проектирования AutoCAD во многом зависит от входного файла. Состав и структура входного файла определяется при экспорте графической базы данных из системы автоматизированного проектирования для разработки печатных плат. Так как внутренние форматы данных систем проектирования P-CAD и AutoCAD являются закрытыми и спецификация внутренней структуры файлов не предоставляется третьим лицам разработчиками этих форматов данных. В связи с этим, для обеспечения возможности обмена файлами чертежей между различными машинными реализациями системы AutoCAD, а также между системой AutoCAD и другими программами был определен формат файла "обмена чертежами", *.dxf. Данный формат воспринимается всеми машинными реализациями системы AutoCAD, и существует возможность его преобразования, как в их внутренний файл чертежа, так и наоборот.

В работе приводится анализ структуры файлов печатных плат системы автоматизированного проектирования P-CAD. Наиболее важным фактором при разработке алгоритма трансляции графической базы данных топологии печатной платы из системы проектирования P-CAD в другую САПР является определение слоев, необходимых для формирования конструкторской документации. В общем случае для оформления конструкторской документации на двухслойную печатную плату согласно ГОСТ 2.417-91 необходимо изображать слои проводников на обеих сторонах печатной платы, ее контур и контактные площадки.

Одна из ветвей алгоритма модификации графических баз данных топологии печатных плат предполагает наличие в файлах проектов полилиний, обозначающих печатные проводники. При этом, использование глобального алгоритма преобразования графических баз данных топологии печатных плат, в которых абсолютно все элементы представлены в виде полилиний может в значительной степени замедлить его работу.

На основе этих данных была разработана методика, в которой для реализации алгоритма модификации графических баз данных топологии печатных плат в системе проектирования AutoCAD используются 2 входных файла. При этом один из них не содержит полилиний, а представлен как «черновой» вариант топологии, то есть все элементы печатной платы представлены отрезками, а второй состоит полностью из полилиний и содержит информацию о толщинах печатных проводников.

При разработке конструкторской документации на печатные платы необходимым условием является наличие на чертежах таблиц, содержащих описания переходных отверстий. Предлагается получать информацию с этими данными из файлов сверловки N/C Drill, сформированных в системе P-CAD.

Для создания программного обеспечения на основе разработанных алгоритмов автоматизации оформления конструкторской документации на печатные платы в диссертационной работе приведен сравнительный анализ средств прикладного программирования, которые могут быть задействованы при реализации этой задачи. AutoCad допускает применение разных языков, отличающихся по своим возможностям. К ним относятся встроенные среды разработки Visual Basic и Visual LISP, интерпретаторы языков DCL, DIESEL, средства расширения меню и специальный "помощник" для создания приложений в Visual C++. Каждый из языков имеет свои преимущества и недостатки для выполнения отдельных элементов поставленной задачи. Судить о них можно по следующим критериям: скорость реализации задачи, точность представления вещественных чисел, скорость работы программы, условия создания "оконного" интерфейса, наличие средств работы с графической базой данных.

Трудозатраты на создание средств манипуляции с графическими базами данных (на разработку функций обработки графики чертежа) на C++ значительно выше, чем на других языках и должны приниматься при соответствующем экономическом обосновании. Проблема заключается в том, что информация о графических объектах (примитивах) хранится в графических базах данных AutoCad в виде списков. Средства работы со списками в C++ реализованы в виде инструментария ObjectARX, который обеспечивает работу со списками с помощью классов, что требует значительно большей скрупулезности при создании функций обработки громоздких списков. Язык VisualLISP, напротив, создавался именно для обработки списков и при работе с графическими базами данных он подходит больше остальных.

Во второй главе рассматриваются методы модификации графических баз данных проектов печатных плат для возможности их последующего использования при оформлении конструкторской документации.

На основании анализа элементов графических баз данных топологии печатных плат, транслированных в систему автоматизированного проектирования AutoCAD, можно сделать вывод о том, что большие проводники, экраны и прочие подобные элементы являются блоками, состоящими из контуров полигонов, выполненных отрезками и большого числа горизонтальных линий, выполняющих роль штриховки. Одним из путей реализации алгоритма преобразования полигона является метод, основанный на выборе отрезков внутри ограниченного контура с последующим их удалением. Вторым вариантом метода модификации внешнего вида отображения земляных полигонов, основан на свойстве системы автоматизированного проектирования Auto-

CAD самостоятельно анализировать выбранные примитивы и выявлять из них те, параметры которых могут соответствовать требуемым.

Сравнительный анализ алгоритмов показывает, что каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Так первый алгоритм обладает большей надежностью по сравнению со вторым, и в то же время он значительно медленнее работает, так как системе приходится совершать дополнительные операции. В диссертационной работе предлагается объединение обоих методов с алгоритмом вычисления и удаления примитивов, лежащих внутри областей, что позволит обеспечить приемлемую скорость выполнения, а также качественный анализ замкнутых областей и полное удаление излишней графики.

На следующем шаге глобального алгоритма автоматизации процесса оформления конструкторской документации на печатные платы необходимо сформировать на чертеже топологии отображение печатных проводников с сохранением информации о их параметрах, то есть их ширине. Этот алгоритм основан на методике переноса информации в текущую графическую базу данных топологии печатной платы из другого файла с использованием метода Insertblock, который позволяет осуществить вставку внешнего файла, как блока с последующим его разбиением. При этом должен быть выведен диалог с запросом у пользователя имени файла, содержащего графическую базу данных топологии печатной платы состоящей из полилиний. Для упрощения выбора нужного файла, необходимо использовать системную переменную DWGPREFIX, которая служит для хранения полного пути к файлу рисунка, т.е. при запросе имени файла, содержащего графическую базу данных топологии печатной платы с полилиниями, автоматически будет открыта директория с текущим проектом.

В диссертационной работе приводится описание методик фильтрации элементов графических баз данных проектов печатных плат, необходимых для формирования конструкторской документации, а также алгоритма ее очистки, что подразумевает использование функций основанных на ActiveX технологии.

Для формирования дополнительных видов на чертежах печатных плат создан алгоритм, позволяющий вычлнить из общей графической базы данных топологии элементы обратной стороны, используя методы выборки по условиям, а также функцию формирования зеркального отображения. Основными параметрами при создании зеркального отображения графического представления топологии печатной платы являются список (набор) объектов графической базы данных топологии обратного слоя печатной платы, т.е. объекты, лежащие в слое Bottom, переходные отверстия и контур печатной платы, а также ось, относительно которой будет формироваться зеркальное отображение. Для формирования конструкторской документации на печатные платы необходимо иметь вертикальную ось на некотором расстоянии от правого края печатной платы.

При построении изображения вида обратной стороны топологии печатной платы необходимо сформировать набор объектов топологии в слое «ВООТТОМ», а также контур печатной платы и переходные отверстия. Следует отметить, что после выполнения зеркального отображения элементы, представляющие топологию печатной платы лежащие на слое «ВООТТОМ», с основного вида на чертеже должны быть удалены, а условные графические отображения переходных отверстий и контур печатной платы остаться.

Расположение оси, относительно которой формируется изображение обратной стороны печатной платы, рассчитывается исходя из значений переменных EXTMIN и EXTMAX, содержащих координаты двух точек минимального охватывающего прямоугольника, в который может быть вписан текущий проект, а также необходимого промежутка между видами.

В третьей главе диссертационной работы рассматриваются вопросы извлечения данных о параметрах печатных плат из графических баз данных проектов и файлов сверловки N/C Drill. Целью проводимого в этой главе исследования является разработка алгоритма автоматического построения таблиц с основными характеристиками печатных плат, для использования их при создании конструкторской документации в системе автоматизированного проектирования AutoCAD.

В работе приводится описание алгоритмов формирования списков данных, содержащих параметры типов переходных отверстий и их количества. Для формирования списков с описанием типов переходных отверстий используется методика подсчета элементов списков, сформированных на основе данных файла сверловки N/C Drill. Имея данные о переходных отверстиях, сформированные в системе автоматизированного проектирования P-CAD, а также их описания, предоставляется возможность создания методики подготовки информации о диаметрах и типах отверстий, используемых в проектах печатных плат. Следует отметить, что для занесения этой информации в таблицы описания переходных отверстий на выходе алгоритм должен сформировать списки, в которых каждый элемент содержит данные о диаметре отверстий, их количестве, наличие металлизации или ее отсутствия. Методика формирования списка количества переходных отверстий основана на выборе из графической базы данных топологии печатных плат блоков, содержащих условные графические отображения переходных отверстий. При формировании файла *.DXF как посредника между двумя системами проектирования на одном из шагов алгоритма трансляции предполагается автоматическое задание соответствия переходных отверстий и условных графических отображений для них. При таком подходе, переходные отверстия отсортированы по возрастанию их диаметра, и условные графические отображения присваиваются по порядку из общего списка, следовательно, имея эти данные можно построить цепочку зависимостей условных графических отображений и диаметров переходных отверстий.

При написании диссертационной работы была разработана методика автоматизации создания и заполнения таблиц с информацией о переходных отверстиях печатных плат. Эта методика позволяет вычислять координаты местоположения таблицы относительно изображения основного и дополнительных видов на чертежах, основываясь на данных о габаритах занятого рабочего пространства.

При программной реализации этого метода создание таблицы производится с помощью функции `vla-addtable`, а заполнение с использованием функции `vla-settext`, с указателем на необходимую таблицу, номера строк и столбцов.

После того, как таблица сформирована и заполнена данными о параметрах переходных отверстий необходимо установить в графу «Условные обозначения» блоки, содержащие в своем описании условные графические отображения переходных отверстий. Методика формирования этих отображений реализована на вычислении геометрических центров соответствующих ячеек, копирования в них условных графических отображений переходных отверстий, и распределения их в соответствии с порядком описаний диаметров. Методика вычисления геометрического центра элементов, извлеченных из графической базы данных чертежа, основана на расчете минимального прямоугольника, в который можно вписать этот объект с последующим вычислением координат центра этого прямоугольника. Используя функцию `getboundingbox` с указателем на выбранный ранее объект и обозначением переменных, алгоритм получает значения двух диагональных точек для прямоугольника, описанного вокруг объекта.

Вторым, наиболее важным, элементом описания структуры печатной платы является описание слоев, присутствующих в проекте. Методика формирования таблиц с характеристиками слоев основана на вычислении информации о слоях, присутствующих в текущем рабочем пространстве в символической таблице неграфических данных, с последующим формированием списка с именами слоев его анализе и обработке. При этом описания стандартных слоев берутся из базы данных, а описания нестандартных слоев запрашиваются у пользователя.

Табличные данные основных неграфических объектов рисунка сгруппированы в символические таблицы. В этих таблицах находятся соответствующие табличные объекты, внутренняя организация которых аналогична организации графических примитивов, а методы доступа похожи на методы доступа к графическим примитивам. Структура алгоритма создания списка слоев основана на работе функции `tblnext`, которая читает характеристики очередного объекта из таблицы и возвращает список с характеристиками элемента.

Методика формирования списка слоев, используемых в файлах описания топологии печатных плат, формирует список, содержащий все типы слоев из графической базы данных. Следовательно, основываясь на информации

об описании типов слоев, необходимо исключить из имеющегося списка всю лишнюю информацию. В созданном методе это шаг алгоритма реализован с помощью функций `vl-remove-if` и `wcmatch`. Первая из которых удаляет из списка все элементы, возвращающие значения «TRUE» при проверке тест-функцией, а вторая проверяет строку на соответствии ее символов образцу. Элементы списка полученных слоев можно разделить на две части стандартные слои, используемые во всех проектах печатных плат и пользовательские слои. В связи с этим, для создания описаний слоев, используемых при разработке проектов печатных плат, была создана методика, позволяющая создавать выборки из базы данных, описаний стандартных слоев. База данных с описанием стандартных слоев, используемых в системе автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD, в подпрограмме реализована в виде списка, состоящего из подписков с двумя элементами, такими как имя слоя и описание функционального назначения этого слоя.

Методика сопоставления описаний и имен слоев, используемых в проекте, основана на выборе из базы данных элементов по значению первого ключевого элемента подписков и сравнения его с именем слоя графической базы данных печатных плат.

В четвертой главе рассматриваются возможные методы автоматизации процесса оформления конструкторской документации на печатные платы в системе автоматизированного проектирования AutoCAD, изображения которых подготовлены для оформления алгоритмом модификации графических баз данных топологии печатных плат транслированных проектов из системы автоматизированного проектирования P-CAD в AutoCAD, а таблицы с основными параметрами переходных отверстий и слоев, использованных при проектировании этих проектов, были сформированы с использованием методов подготовки информации по основным параметрам печатных плат.

Методы рассматриваемые в этой главе обеспечивают следующие возможности:

- подбор форматов листов, в которые можно поместить чертеж, как в автоматическом, так и в ручном режимах.
- формирование технических требований в интерактивном режиме
- модификацию основных компонентов чертежей (типы линий, текстовые стили, стили таблиц) в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации.

На основании анализа возможностей системы автоматизированного проектирования AutoCAD для решения задачи создания и редактирования рамки чертежа, основных и дополнительных надписей определены три возможных метода реализации этого шага глобального алгоритма автоматизации подготовки конструкторской документации на печатные платы:

- отрисовка графических объектов, используя примитивы, необходимые для заполнения основной и дополнительных надписей.

- использование вставки блоков, содержащих изображение основной и дополнительных надписей чертежа через designcenter системы AutoCAD.
- создание блоков с редактируемыми атрибутами, занесение их в библиотечные файлы, с последующей возможностью их выбора по команде пользователя.

В результате анализа этих алгоритмов сделаны выводы о том, что для реализации процесса формирования рамки, основной и дополнительных надписей в конструкторской документации рационально использовать третий метод, так как он обладает наивысшим быстродействием и удобством работы с ним. Методика автоматического подбора формата листа основана на сравнении данных, полученных в результате вычисления значений координат пространства модели, занятой чертежом, и параметрами внутренних размеров форматов. Метод перебирает стандартные форматы листов и сравнивает значения размеров по осям X и Y. Если значения размеров изображения по горизонтали и вертикали меньше, чем заданные для каждого формата, то алгоритм обращается к библиотечным файлам, содержащим описание рамок, основной и дополнительных надписей, и выбирает необходимый. Конечным этапом является перенос содержимого библиотечных файлов в текущее рабочее пространство модели, используя алгоритм аналогичный переносу файлов графической базы данных топологии печатной платы, состоящей из полилиний, описанный во второй главе. При этом, требуется использовать ключ, который позволит определить, что формат уже выбран и остановить процесс, чтобы избежать формирования остальных форматов, большего размера. Показано, что если результаты вычисления габаритов чертежа превышают установленные для максимального формата листа, в общем случае для формата A0, то методика формирования рамки, основной и дополнительных надписей должна предусматривать переключение в ручной режим задания форматов, с последующим разбиением чертежа на несколько листов.

Важной частью разработанного глобального алгоритма автоматизации процесса оформления конструкторской документации на печатные платы является методика формирования технических требований. Разработанная методика основана на получении данных из шаблонов, реализованных в виде библиотечных файлов с последующим формированием запросов на ввод переменных данных. При этом создается список, содержащий в качестве элементов строки технических требований. Методика, оперируя данными этого списка, создает выборки по определенным ключевым словам и заменяет переменные данные на полученную от пользователя информацию. При создании этой методики были использованы алгоритмы автоматизации вычисления имен проектов, основанные на использовании функции vl-filename-base.

При программной реализации этого шага глобального алгоритма адаптации системы проектирования AutoCAD для формирования технических требований на чертежах печатных плат были использованы указатели на

объект типа MTEXT. При такой реализации разработанной методики, технические требования на чертежах формируются в виде многострочного текста, что позволяет обеспечить удобство дальнейшего редактирования данных в случае изменений в конструкторской документации.

Заключительным шагом глобального алгоритма автоматизации процесса оформления конструкторской документации на печатные платы является модификация объектов чертежа в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации:

- Приведение в соответствии с ГОСТ 2.304-81 («Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные») – шрифтов в таблицах и технических требованиях на печатные платы.
- Изменение линий на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.303-68 («Единая система конструкторской документации. Линии»).
- Создание размерных стилей в системе автоматизированного проектирования AutoCAD в соответствии с ГОСТ 2.307-68 («Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений»).

Методики формирования этих объектов основаны на работе с примитивами рисунка, путем обращения непосредственно к их внутренней структуре.

При создании алгоритма автоматизации процесса оформления конструкторской документации на печатные платы была разработана методика адаптации шрифтов используемых в конструкторской документации, основанная на программном создании текстового стиля с последующей модификацией созданных ранее объектов. После формирования текстового стиля создаются наборы объектов чертежа по определенным признакам (таблицы, многострочный текст), к которым применяется созданные стили, меняя изображение символов. На основании анализа чертежей, созданных с помощью алгоритма автоматизации оформления конструкторской документации на печатные платы на наличие графических объектов, в которых содержатся текстовые символы, можно сделать выводы о том, что модифицировать требуется таблицы с описанием основных параметров печатной платы, а также многострочный текст, содержащий технические требования.

Методика преобразования типов линий, используемых в графической базе данных проектов печатных плат, построена на свойстве цветозависимой печати данных. Для формирования конструкторской документации в системе автоматизированного проектирования AutoCAD с последующим выводом ее на печать требуется для каждого из типов линии, используемых на чертеже задать определенный слой, для которого в таблице стилей печати создается свойство толщины линии в зависимости от его цвета.

В заключении диссертационной работы приводятся основные результаты проведенного исследования.

Основные результаты работы

1. Разработана общая методика трансляции графических баз данных топологий печатных плат из системы автоматизированного проектирования P-CAD в AutoCAD.
2. Предложены методы модификации графического представления заливных полигонов на печатных платах, для возможности их использования в конструкторской документации.
3. Разработаны методы совмещения графических баз данных топологий печатных плат «чернового» и «полилинейного» вариантов проектов.
4. Предложена стратегия подготовки таблиц с основными параметрами печатных плат для использования на чертежах.
5. Разработан алгоритм автоматического подбора форматов листа для создания конструкторской документации в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации.
6. Создано программное обеспечение, основанное на использовании разработанных алгоритмов, обеспечивающее возможность автоматического оформления конструкторской документации на печатные платы.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Крупенко, Д.А. Использование языков программирования высокого уровня для создания кроссплатформенного программного обеспечения [Текст] / Д.А. Крупенко Д.М. Хайсов // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». Серия: «Информатика, управление и компьютерные технологии». – 2006 - №2. – С. 47-49
2. Крупенко, Д.А. Некоторые вопросы параметризации конструкторских чертежей [Текст] / Д.А. Крупенко // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». Серия: «Информатика, управление и компьютерные технологии». – 2006 - №3. - С. 89-91
3. Крупенко, Д.А. Адаптация системы проектирования AutoCAD для разработки конструкций микросборок СВЧ [Текст] / Д.А. Крупенко // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета. – 2009 - №5 – С.129 – 133.

Другие статьи и материалы конференций:

4. Крупенко, Д.А. Методы формирования параметрических элементов в системе проектирования AutoCAD с использованием динамических блоков [Текст] / Д.А. Крупенко // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». – 2009 - №3 - С.33-36.
5. Крупенко, Д.А. Программы формирования основных и дополнительных надписей документов разрабатываемого экологического оборудования

- [Текст] / Д.А. Крупенко // Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. Труды пятой международной конференции “Приборостроение в экологии безопасности человека” (ПЭБЧ’07). 31 января – 02 февраля 2007 г. / Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. – Санкт-Петербург, 2007. - С. 141-142.
6. Крупенко, Д.А. Современные технологии разработки трансляторов из AutoCAD [Текст] / Д.А. Крупенко // Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». Материалы XIV международной конференции «Современное Образование: содержание, технологии, качество». 23 апреля 2008 г. / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». – Санкт-Петербург, 2008. - С. 199 – 201.
 7. Крупенко, Д.А. Современные технологии создания САПР на базе AutoCAD [Текст] / Д.А. Крупенко // Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». Материалы XV международной конференции «Современное Образование: содержание, технологии, качество». 22 апреля 2009 г. / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». – Санкт-Петербург, 2009. - С.284 – 285.
 8. Крупенко, Д.А. Методы организации информационного обмена между программными компонентами САПР [Текст] / Д.А. Крупенко // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». – 2010 - № 5. (в печати).