

На правах рукописи

Хасан Абдулла Ахмед Аль-Шайх

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ПОДСИСТЕМЫ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКИХ
ЧЕРТЕЖЕЙ

Специальность: 05.13.12 - Системы автоматизации проектирования
(промышленность)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2012

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) на кафедре систем автоматизированного проектирования

Научный руководитель:

кандидат технических наук, профессор, Лячек Юлий Теодосович

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, Лузин Сергей Юрьевич, технический директор и руководитель обособленного подразделения САПР Санкт-Петербургского филиала ООО “Эремекс”

Кандидат технических наук, Крупенко Денис Александрович, инженер-конструктор 1 категории ООО “НПЦ “Гранит”

Ведущая организация – Открытое акционерное общество “ОкеанПрибор”

Защита состоится 20 декабря 2012 года в 15-00 на заседании диссертационного совета Д 212.238.02 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу:

197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Автореферат разослан _____ 2012 года.

Ученый секретарь

диссертационного совета _____ Сафьянников Н.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность исследования определяется тем, что оно связано с приоритетным направлением модернизации и технологического развития экономики России и, в частности, с информационными технологиями и разработкой программного обеспечения, предназначенного для создания параметрических моделей эскизов и конструкторских чертежей, которые используются в различных областях при проектировании и модификации изделий любого назначения. Параметрические модели позволяют существенно ускорить процесс проектирования и производства новых изделий, так как обеспечивают однозначную двухстороннюю связь процессов проектирования, инженерных математических расчетов, технологической подготовки производства и средств изготовления этих спроектированных деталей и сборочных конструкций.

Объект исследования диссертационной работы являются процессы параметризации и параметрические системы автоматизированного проектирования машиностроительных изделий.

Предметом исследования методы автоматизированного создания параметрических моделей конструкторских чертежей.

Цель и задачи исследования – разработка подсистемы автоматизированного формирования параметрических моделей эскизов и конструкторских чертежей, которая позволяет модифицировать эти документы при изменении значений размерных параметров представленных в них объектов, что позволяет эффективно проектировать новые версии изделий.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие **основные научные и практические задачи**:

1. Проанализировать современные системы автоматизации проектирования изделий машиностроения и выявить наиболее важные направления в области параметризации моделей объектов машиностроительных САПР;
2. Разработать общий алгоритм параметризации и модификации чертежей на основе использования метода аналитико-синтетической параметризации чертежей с созданием параметрической модели на базе формирования опорной и размерной сетей чертежа;
3. Разработать алгоритм дополнения параметрической модели чертежа за счет обработки угловых и параллельных размерных обозначений, установленных на отдельные и связанные между собой отрезки (при отсутствии и наличии дуг сопряжения на концах этих отрезков);
4. Разработать структуру подсистемы, обеспечивающую создание параметрической модели для чертежа детали произвольной конфигурации;
5. Разработать основные модули подсистемы параметризации;

6. Разработать комплект тестов для проверки работоспособности модулей подсистемы формирования параметрической модели чертежа.

Основные методы исследования

Теоретические исследования выполнены на основании системного анализа, теории параметризации, геометрического моделирования, методов теории САПР.

Экспериментальные разработки программных параметрических моделей выполнены на базе средств адаптации системы AutoCAD (языка Auto LISP, среды Visual LISP и языка DCL).

Научные положения, выносимые на защиту

1. Обобщенный алгоритм автоматической параметризации и модификации чертежей на основе использования метода аналитико-синтетической параметризации чертежей;

2. Параметрическая модель электронного описания чертежа в виде связанных опорной и размерной сетей этого исходного чертежа;

3. Алгоритм обработки неявных связей и механизм введения фиктивных размеров для реализации алгоритма обработки параллельных размеров, установленных на отрезки с сопряженными дугами;

4. Структура подсистемы формирования параметрической модели чертежа;

5. Комплекс программных модулей подсистемы, обеспечивающих создание параметрической модели чертежа;

6. Комплект тестов, обеспечивающих отладку и тестирование работоспособности разработанных программных средств подсистемы формирования параметрической модели произвольного чертежа.

Научная новизна заключается в разработке алгоритмов и методов обработки описаний эскизов и чертежей, обеспечивающих автоматическое создание параметрической модели произвольного чертежа, независимо от способа и последовательности формирования графических примитивов, составляющих изображаемый образ детали и типов установленных на нем размерных обозначений, а также в разработке структуры системы параметризации, ее модулей и тестовых примеров для ее верификации.

Практическая ценность работы заключается в создании программных средств, позволяющих создавать параметрические модели эскизов и конструкторских чертежей произвольных деталей. Применение разработанных средств обеспечивает существенное сокращение времени создания параметрических моделей для чертежей, созданных в непараметрических системах, и формирование на их основе конструкторских чертежей новых модификаций изделий.

Реализация и внедрение результатов работы

Теоретические и практические результаты диссертационной работы ис-

пользовались в ряде госбюджетных НИР, проводимых по тематическому плану СПбГЭТУ “ЛЭТИ” в 2010-2012 гг.

- по теме “Разработка теоретических основ модельного проектирования на основе парадигмы виртуальности” (шифр САПР-45, 2009-2010 гг.);
- по теме “Математико-логические основы построения сред виртуальных инструментов” (шифр САПР-49, 2012-2014 гг.),

а также в виде конкретных положений, методов, алгоритмов и машинных программ внедрены в учебный процесс, проводимый на кафедре САПР по дисциплинам «Автоматизация конструкторско-технологических работ» и «Геометрическое моделирование в САПР» на факультете компьютерных технологий и информатики и открытом факультете университета Акт, подтверждающий внедрение в учебный процесс, приведен в приложении.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и были одобрены на следующих конференциях:

- Международной конференции “Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе”, г. Йошкар-Ола, 2009г.;
- Международной конференции “Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе”, г. Йошкар-Ола, 2011г.

Публикации

Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 5 научных работах, среди которых 3 публикации в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК России, и 2 работ в материалах научно-технических конференций.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 57 наименований. Основная часть диссертации изложена на 146 страницах машинописного текста и содержит 61 рисунок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко освещён предмет и объект исследования, обоснована актуальность темы диссертационной работы. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность вопросы реализации и апробации работы. Кратко описано содержание диссертации.

В первой главе проводится анализ систем автоматизации проектирования изделий машиностроения, и выявлено, что одним из наиболее важных направлений ведущихся разработок являются исследования в области параметризации моделей объектов машиностроительных САПР.

Показано, что в соответствии с логикой современного проектирования изделий формирование параметрических моделей графических объектов, необходимо для построения чертежей вновь проектируемых (модифицированных) изделий. Создание таких моделей может выполняться либо путем предварительного создания соответствующих программ генерации чертежей (программная параметризация), либо в процессе интерактивного построения объекта проектировщиком (параллельная параметризация), либо на основе ранее сформированного графического изображения объекта (последующая параметризация) в требуемый момент времени.

В современных САПР для создания параметрических моделей используются двухмерные и трехмерные модели. В двухмерных системах можно выделить позиционные, топологические и структурные модели, а среди трехмерных широко используются поверхностные и твердотельные модели деталей и сборочных конструкций.

Выявлено, что при создании параметрических моделей любого типа большое влияние играют вводимые ограничения. Ограничения могут быть размерными, топологическими, функциональными, логическими, а для чертежей - ЕСКД. Использование топологических ограничений сокращают общее количество размерных и функциональных ограничений, а логические накладывают ограничения на значение отдельных параметров формы в зависимости от значений других параметров. Полная система ограничений однозначно задает форму проектируемого изделия.

Существует множество подходов к обработке системы ограничений с целью модификации и построения вариантов модели. К ним относятся численные и символьные (в общем виде) методы решения алгебраических нелинейных уравнений, предикативные логические подходы, а также аналитические подходы с использованием графов.

Проведенными исследованиями выявлено, что одним из важнейших направлений разработки 2D конструкторских САПР является создания параметрических систем последовательной параметризации и, в частности, систем на основе аналитико-синтетического метода, которому и посвящена основная часть представляемой работы.

Метод аналитико-синтетической параметризации позиционируется в терминах приведенного в работе обзора как универсальная вариационная система, которая базируется на:

1. последовательной параметризации графического описания объектов;
2. сеточном топологическом представлении двухмерных моделей;
3. графовом методе обработки ограничений.

Во второй главе показано, чтобы обеспечить создание системы параметризации конструкторских чертежей необходимо, прежде всего, осмыслить те

основные проблемы, которые необходимо преодолеть при решении этой задачи. Кратко эти проблемы сводятся к следующим:

- большое разнообразие графических элементов, составляющих чертёж, множество способов и произвольность порядка построения элементов;
- использование в чертежах задания геометрических параметров графических элементов в различных координатных системах;
- неявное задание геометрических параметров большинства графических примитивов, в том числе использование многовидовых чертежей с распределением по отдельным видам обозначений, задающих форму объекта;
- возможное изменение состава графических примитивов, образующих чертёж, при значительных изменениях параметров.

Все эти проблемы могут быть решены при использовании аналитико-синтетического метода параметризации.

Общий алгоритм, реализующий метод аналитико-синтетической параметризации и модификации чертежей представлен на рис. 1.

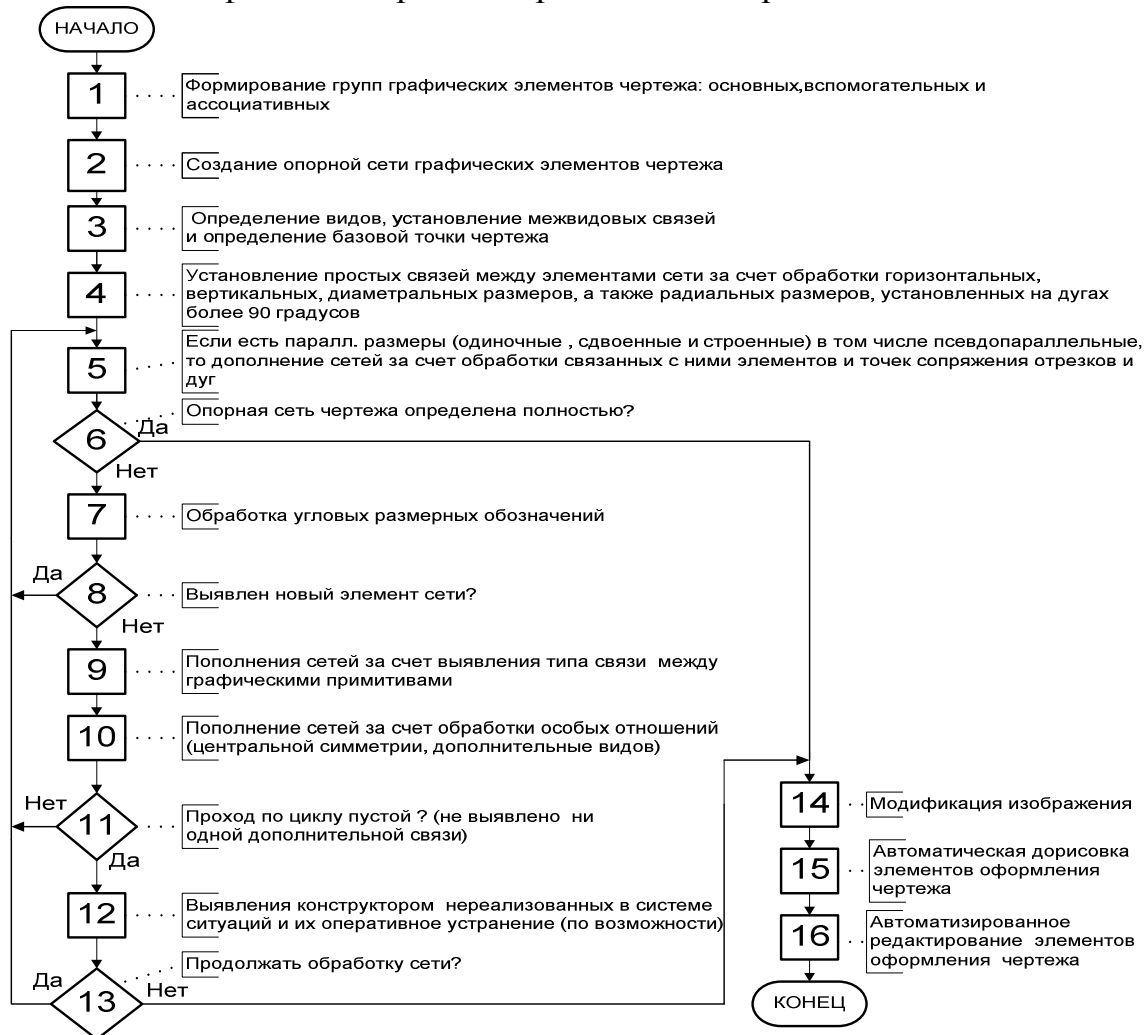


Рисунок 1 – Общий алгоритм параметризации и модификации чертежей

На первом, подготовительном, этапе (блоки 1-5) осуществляется чтение файла описания чертежа, задание новых значений размерных параметров, анализ графических элементов, входящих в чертеж, разделение их на отдельные группы, исходя из их типов, с одновременным созданием опорных сетей (основной прямоугольных по осям X и Y и вспомогательной угловой).

В начальном блоке первого этапа [блок 1] осуществляется решение общей задачи МАС-параметризации чертежа на основе файла его графического описания. Производится анализ этого описания и осуществляется разделение (сортировка) всех графических примитивов, составляющих полное описание

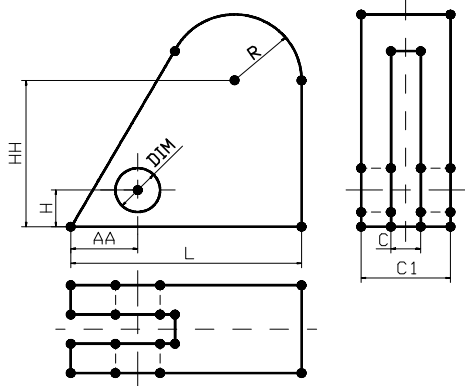


Рисунок 2 – Пример чертежа детали

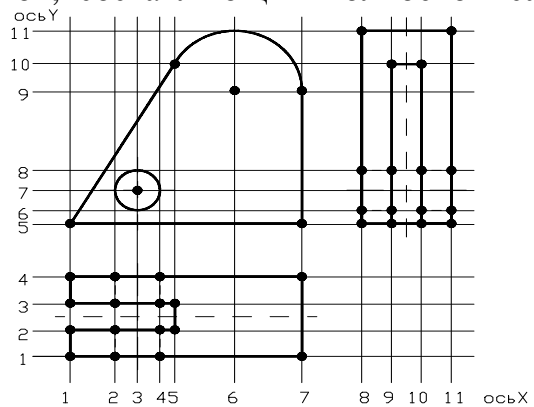


Рисунок 3 – Нерегулярная опорная сеть чертежа по координатам X и Y

чертежа (рис.2), из-за различного подхода к их обработке, на:

- основные, (которые также из-за разницы в обработке, делятся на группу (список) отрезков, группу дуг, группу окружностей, полилинии и т.п.), из которых непосредственно формируется образ детали, представленной на чертеже;

- вспомогательные, которые бывают двух типов:

1. Оси различного вида. Оси представляются осевыми линиями в виде отрезков, дуг и окружностей. Отрезки, относящиеся к группе зеркальной симметрии, в свою очередь, делятся на вертикальные, горизонтальные и наклонные, а дуги и окружности входят в группу центральной симметрии.

2. Размерные обозначения. Размерные обозначения бывают четырех основных типов: линейные, радиальные, диаметральные и угловые. По способу нанесения также выделяют несколько типов: линейные, от общей базы, от нескольких баз и идущие цепочкой. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые, ординарные, базовые и размерные цепи.

- макросы или ассоциативные элементы, в которых относятся в первую очередь размерные обозначения разного вида, всевозможные технологические обозначения, сортируемые по типам, тексты примечаний, форматы с основными и дополнительными надписями;

После формирования групп графических элементов чертежа, переходим к

следующему блоку [блок 2], отвечающему за создание опорной сети графических элементов чертежа.

Создание опорной сети чертежа. Под этим понятием подразумевается нерегулярная прямоугольная координатная сеть, Каждый элемент этой нерегулярной координатной сети определяется положением (координатами) характерных точек всех графических примитивов *исходного* изображения детали (рис. 3). При этом вся сеть включает в себя основные ортогональные составляющие – горизонтальную и вертикальную, а также вспомогательную – угловую составляющую.

Использование опорной сети чертежа облегчает определение связей между ее элементами, т.е. создание параметрической модели чертежа. При этом процесс создания параметрической модели оказывается унифицированным и практически независимым от конкретного представления изображенной на чертеже детали.

В конце первого этапа [блоки 3-5] происходит процесс определения связей между элементами опорной сети по горизонтали $DW:X$, вертикали $DW:Y$ и по углу $DW:A$ (процесс создания параметрической модели чертежа), который базируется на:

- выявлению в чертеже основных видов детали и определении расстояний между этими видами с целью установления параметров связи между элементами опорных сетей этих видов – так для элементов сети, соответствующих видам сверху и снизу устанавливается связь с видами слева, справа и сзади, и наоборот;

- определении базовой точки исходного чертежа;

- последовательной обработке всех установленных (имеющихся в чертеже) размерных обозначений;

- выявлению точек, породивших те элементы опорной сети чертежа, для которых после обработки размерных обозначений не были установлены связи с другими элементами сети.

Выявление видов. В основе алгоритма выявления в чертеже представленных видов детали лежит принцип автоматического определения видов чертежа (нахождения габаритов охватывающих прямоугольников, соответствующих отдельным видам). В результате определяется общее количество и взаимное расположение отдельных прямоугольников, соответствующих видам чертежа.

После определения всех видов по расстояниям между ними определяется (идентифицируются) численные связи между этими видами. Это делается для того, чтобы в процессе создания параметрической модели чертежа можно было бы переносить значения выявляемых связей по координатам X (для сети X) на соответствующий вид по координате Y (в сеть Y) или, наоборот, из сети Y в сеть X .

Определение базовой точки. От этой точки должен производиться расчет

модифицированного изображения чертежа. В качестве базовой точки всего чертежа (x_6, y_6), положение которой не меняется при его модификации, принимается точка главного вида, которая либо лежит на оси его симметрии, либо является точкой центральной симметрии этого вида, либо с ней связано наибольшее количество линейных размеров, установленных параллельно осям координат. При этом элементам сети $dw:x_6$ и $dw:y_6$, которые связаны с этой точкой, сразу же присваивают значения, соответствующие ее координатам в исходном описании (чертеже).

Обработка простых связей. Определения связей между элементами опорной сети начинается с выявления, так называемых, явных (простых) связей за счет последовательной обработки всех линейных вертикальных и горизонтальных, а также радиальных и диаметральных размерных обозначений. Это обусловлено тем, что подобные типы размерных обозначений непосредственно устанавливают связи между элементами соответствующих сетей, связанных с этими размерами. При этом составляются параметрические модели в виде списков (или массивов) связей по соответствующей координате $DW:X$ и $DW:Y$, в которые заносятся попарно те элементы сетей, для которых связь установлена после обработки каждого размерного обозначения. Элементы этих списков параметрической модели (далее списков модели) представляются в виде записей типа:

$$(dw:x_i \ dw:x_j \ VV_{ij}) \text{ или } (dw:y_a \ dw:y_b \ VV_{ab}),$$

где VV_{ij} и VV_{ab} – величины, соответствующие **новым** значениям размерных обозначений, задающие значение связи между соответствующими элементами ортогональных сетей по оси X или Y ;

$dw:x_i < dw:x_j$, $dw:y_a < dw:y_b$, т.е. и VV_{ij} , и VV_{ab} – положительны (больше нуля).

Для контроля и оптимизации процесса формирования параметрической модели чертежа следует постоянно контролировать, какие из элементов опорных сетей $DW:X$ и $DW:Y$ еще не обработаны, т.е. не включены в выходные списки связей.

если после первого этапа опорная сеть оказывается не до конца определенной, ее необходимо доопределить на следующих этапах.

На втором этапе алгоритма (блоки 6-13) процесс установления связей между элементами опорной сети связан с обработкой линейных параллельных и угловых размерных обозначений и должен выполняться в циклическом режиме. Это обусловлено тем, что порядок определения параметров сетей сильно зависит от структуры изображения и используемых в нем размерных обозначений. Поэтому определение некоторых элементов сетей может быть выполнено только после предварительного определения других.

Обработка параллельных размеров. Дальнейший процесс установления связей между элементами опорной сети связан с обработкой линейных парал-

лельных и угловых размерных обозначений. Для решения задачи обработки параллельных размерных обозначений все имеющиеся в текущем чертеже параллельные размеры в соответствии с возможными способами их алгоритмической обработки были разбиты на четыре группы:

- одиночные размеры, устанавливаемые на отдельные наклонные отрезки;
- попарно связанные размеры, устанавливаемые на два отрезка, имеющих общую точку;
- связанные в тройки, в которые входят размеры, установленные на три связанных друг с другом отрезка, в совокупности образующие треугольники;
- особые случаи, куда следует отнести размеры, поставленные на отрезки, на конце (концах) которых находятся одна или две дуги сопряжения.

На третьем, завершающем, этапе (блоки 14-16) осуществляется модификация (перерисовка) изображения в соответствии с набором новых значений размерных обозначений. После перерисовки образа детали осуществляется обработка элементов оформления чертежа (осей симметрии, размерных и технологических обозначений и других макросов).

В дальнейшем во второй главе предлагаются и достаточно подробно рассматриваются методы и алгоритмы обработки всевозможных вариантов установленных в чертежах параллельных размерных обозначений.

В третьей главе в соответствии с алгоритмом аналитико-синтетической параметризации и алгоритмами решения конкретных задач его этапов, была разработана подробная структура программной реализации этой подсистемы.

Основной функцией подсистемы создания параметрической модели чертежей является **программа Depar**. Это управляющая программа, которая определяет последовательность запуска и синхронизацию работы остальных программных модулей подсистемы параметризации, а также обеспечивает передачу данных между этими программами. Для реализации первого этапа алгоритма (см. блок 1, рис. 2) был разработан модуль, состоящий из программ **Rasch**, **Srtris**, **Parinp**, которые включают в себя ряд вспомогательных процедур.

Этот модуль (рис.4) обеспечивает формирование групп графических элементов чертежа: основных, вспомогательных и ассоциативных на основе анализа файла чертежа (внутренней структуры данных изображения чертежа, выводимого на экран дисплея системой AutoCAD) с использованием на начальном этапе работы диалоговых окон для интерактивного взаимодействия с конструктором. Модуль либо запрашивает имя текстового файла с заданными размерными значениями, либо анализирует размерные обозначения, присутствующие в текущем чертеже, и обеспечивает вывод их имен и значений в таблицу на экране. В случаях, если какой-либо размерное обозначение в исходной структуре данных не имеет символьного имени, модуль присваивает такому обозначению имя автоматически в соответствии с типом рассматриваемого размера (линейный горизонтальный, вертикальный, наклонный симметричный или несиммет-

ричный, радиальный, диаметральный или угловой), либо непосредственно в диалоге с пользователем конструктором. После вывода в таблицу интерактивный модуль предоставляет пользователю возможность отредактировать любое имя размерного обозначения и значение его величины в этой таблице данных.

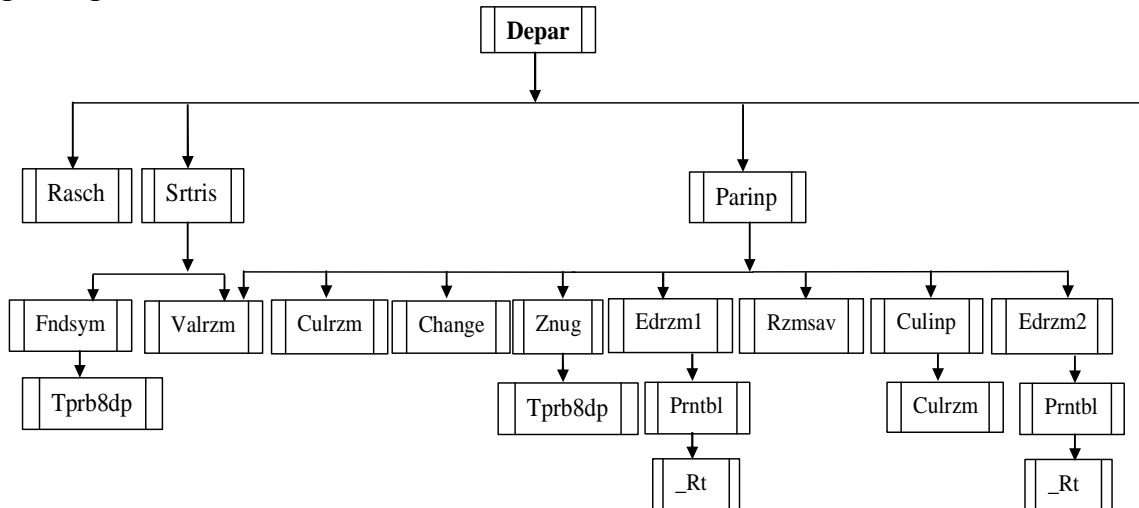


Рисунок 4 – Модуль формирования групп графических элементов чертежа

Полностью откорректированные пользователем имена и значения размерных обозначений могут быть при его желании сохранены в текстовом файле или использованы для создания параметрической модели чертежа и его модификации.

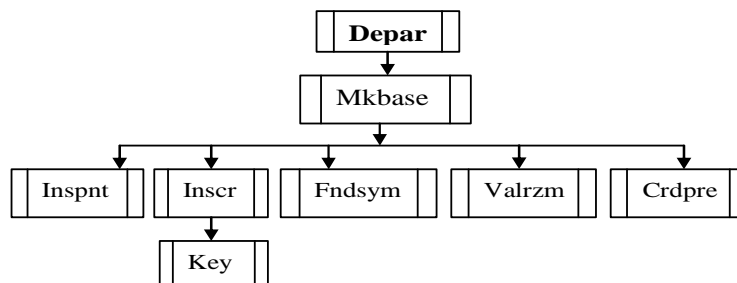


Рисунок 5 – Модуль создание опорной сети графических элементов чертежа

Модуль Mkbase, отвечающий за создание опорной сети графических элементов чертежа, представлен на (рис.5). В сеть включаются координаты исходных характерных точек всех графических элементов чертежа, составляющих изображение детали – концов отрезков, центры, конечные и квадрантные точки дуг, центры и квадрантные точки окружностей. При этом структура этих сетей определена так, чтобы в ней могли быть отражены старые значения координат и, если известны, то и новые, модифицированные, значения этих координат. Если модифицированные координаты пока не известны, то их значение должно быть неопределенно, т. е. координата должна быть равна NIL. При этом старое

значение представляется в виде ключа – большого целого числа, значение которого в 10 или 100 раз большего исходной величины.

Это сделано для того, чтобы после определения новых значений можно было бы однозначно установить связь между старой и новой координатой характерных точек графических примитивов и получить (перерисовать) модифицированный чертеж.

Модуль определения связей между элементами опорной сети (Mknetp) по горизонтали DW:X, вертикали DW:Y и по углу DW:A представлен на рис.6.

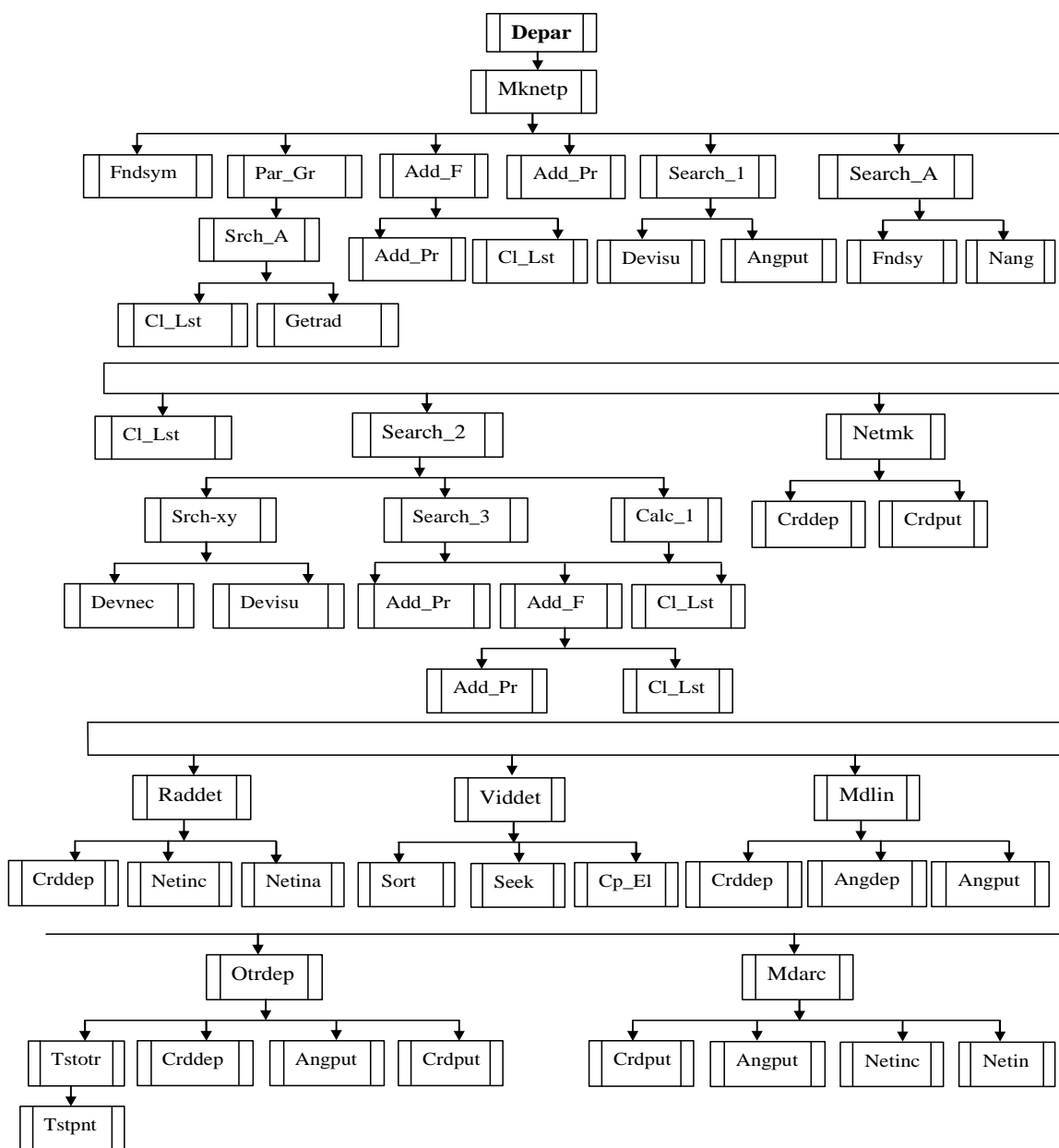


Рисунок 6 – Модуль определения связей между элементами опорной сети

Четвертая глава посвящена разработке относительно простых, но эффективных тестов для выполнения проверки работоспособности программных модулей подсистемы и правильности формирования базовой, размерной и угловой сети чертежа и параметрической модели основных составляющих элементов чертежей сложных деталей. Для проверки работы модулей разработано свыше 50 тестовых примеров и различных наборов размерных данных для каждого из этих примеров. Ниже приводится часть из этих тестовых примеров

Тест 1. Служит для проверки отработки программных модулей, отвечающих за обработку различного сочетания точек привязки размеров к началу–концу соответствующего отрезка и поиска связей по одной сети, если известна связь по другой и параллельный размер, установленный на отрезок, связывающий эти точки (рис. 7).

Тест 2. Служит для проверки обеспечения нахождения связей точки 2 (общей точки двух связанных параллельных размеров) по обеим сетям (dwx и dwy) (рис. 8).

Тест 3. Используется для обеспечения нахождения связи общей точки для двух параллельных размеров по обеим сетям (X и Y) при условии, что обе нижние точки треугольника находятся в размерной сети, так как на них стоят вертикальный и горизонтальный размеры (рис. 9).

Тест 4. Используется для обеспечения нахождения связей между вершинами наклонного треугольника, заданного двумя связанными параллельными размерами и углом между ними (рис. 10).

Тест 5. Используется для обеспечения нахождения неявной связи для среднего треугольника. Таким образом, вначале определяется длина основания среднего треугольника, а после этого находятся связи по координатам X и Y для точки, соответствующей вершине этого треугольника (рис. 11).

Тест 6. Используется для обеспечения нахождения связей вершин треугольника по горизонтали при заданных угле треугольника и вертикальных размерах $L1$ и $L2$ (рис. 12).

Тест 7. Служит для проверки правильной обработки отрезков с дугами на концах (рис 13).

Тест 8. Обеспечивает проверку обработки многовидовых изображений и точек сопряжения отрезков и дуг (рис 14).

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы.

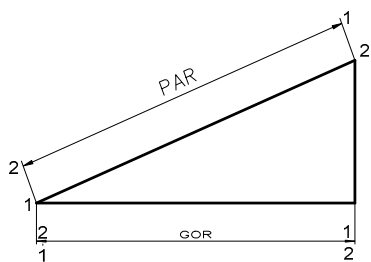


Рис.7

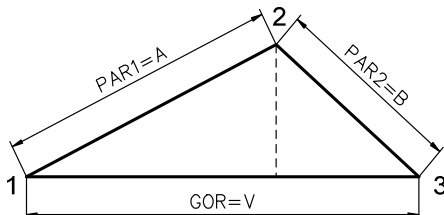


Рис.8

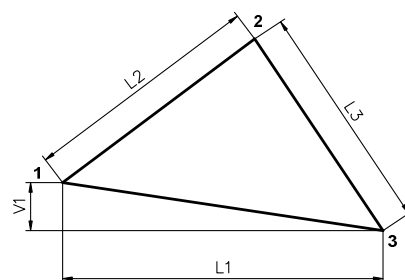


Рис.9

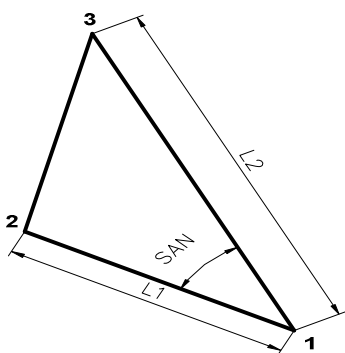


Рис.10

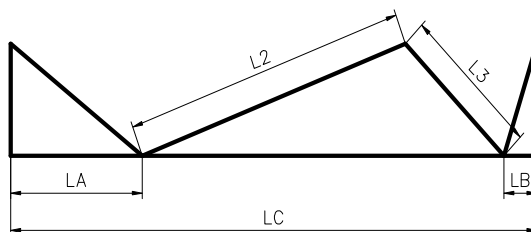


Рис.11

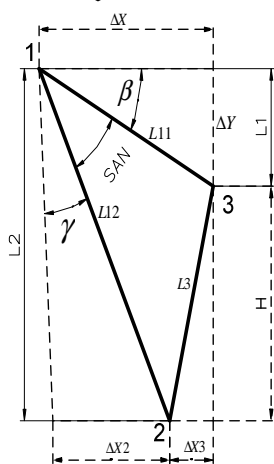
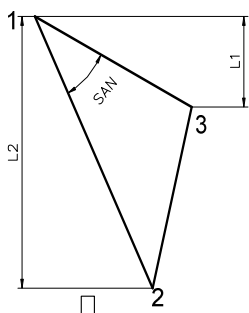


Рис.12

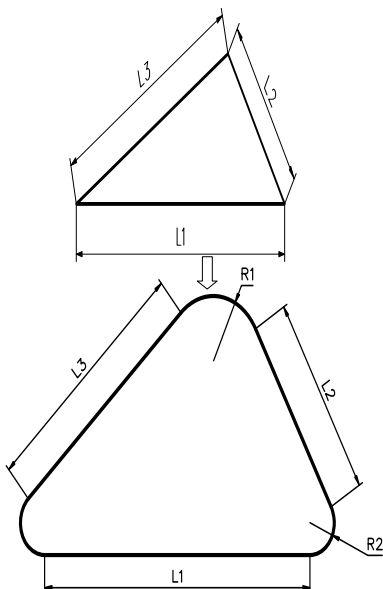


Рис.13

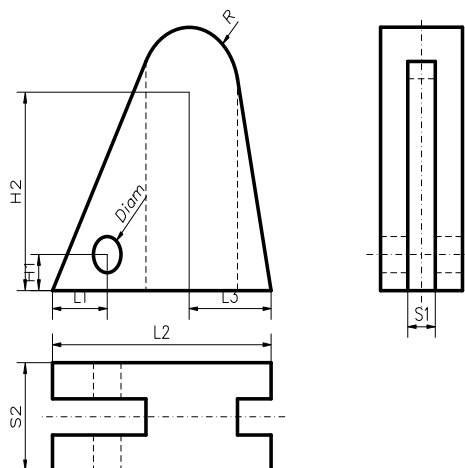


Рис.14

Основные результаты работы

1. Разработан обобщенный алгоритм автоматической параметризации и модификации чертежей на основе использования метода аналитико-синтетической параметризации чертежей;
2. Обоснована и создана параметрическая модель электронного описания чертежа в виде связанных опорной и размерной сетей этого чертежа;
3. Разработан алгоритм обработки неявных связей и механизм введения фиктивных размеров для реализации алгоритма обработки параллельных размеров, установленных на отрезки с сопряженными дугами;
4. Предложена структура подсистемы формирования параметрической модели чертежа;
5. Создан комплекс программных модулей подсистемы, обеспечивающих создание параметрической модели чертежа;
6. Разработан комплект тестов, обеспечивающих отладку и тестирование работоспособности разработанных программных средств подсистемы формирования параметрической модели произвольного чертежа.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Аль-шайх Хасан, Ю.Т. Лячек. Параметризация конструкторский чертежей. // Информационно-управляющие системы. – №1, с. 18-24, 2010
2. Аль-шайх Хасан, Б.А.Абдулкадер, Ю.Т. Лячек. Установление связей между элементами базовой сети при параметризации чертежей. // Информационно-управляющие системы. – №5, с. 39-46, 2011
3. Аль-шайх Хасан, Лячек Ю.Т. Обработка параллельных размеров, установленных на отрезки с дугами сопряжения, при параметризации чертежей // Известия СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. –2011. – №6. – С.40-45.

Другие издания:

4. Аль-шайх Хасан, Ю.Т. Лячек. Параметризация и модификация электронных конструкторских чертежей:// Сб. материалов Всероссийской научно-практич. конф. с межд. участием. 2010 г. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет: в 2 частях – ч.1, с.37-41.
5. Аль-шайх Хасан, Ю.Т. Лячек. Обработка параллельных размеров при параметризации чертежей:// Сб. материалов Всероссийской научно-практич. конф. с межд. участием. 2010 г. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет: в 2 частях – ч.1, с.85-92.