

На правах рукописи



Мустафа Ахмед Бадор Мохамед

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ
ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОФОРМЛЕНИЯ
КОНСТРУКТОРСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ПРИ ИХ
МОДИФИКАЦИИ**

Специальность: 05. 13. 12 – Системы автоматизации проектирования
(промышленность)

А в т о р е ф е р а т
Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт Петербург-2019

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)» (ФГАОУ ВО «СПбГЭТУ «ЛЭТИ») на кафедре «Системы автоматизированного проектирования» (САПР).

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент **Лячек Юлий Теодосович**, профессор кафедры САПР СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **Коробейников Анатолий Григорьевич**, заместитель директора по науке Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн имени Н.В. Пушкова» РАН, г. Санкт-Петербург;

кандидат технических наук, доцент **Поляков Владимир Иванович**, доцент кафедры вычислительной техники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург.


Ведущая организация:

Акционерное общество «Концерн «Океанприбор», г. Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится 26 сентября 2019 г. в 17⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.238.02 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» и на сайте университета www.etu.ru.

Автореферат разослан 03 июля 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.238.02  Н. М. Сафьянников/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность исследования

Рынок постоянно требует от производителей модифицировать изготавливаемые изделия, совершенствовать их качество и снижать стоимость. В связи с этим перед производителями стоят задачи снижения сроков разработки новых вариантов изделий и затрат на их производство. Выполнению этих требований способствует внедрение новых информационных технологий в различных областях производственной деятельности. В частности, это обеспечивается использованием интерактивных графических средств работы проектировщиков, а также систем автоматизированного проектирования, среди которых огромное значение приобрели параметрические системы автоматизированного конструкторского проектирования. Эти системы не только обеспечивают процесс формирования параметрических описаний совершенно новых моделей деталей и сборочных конструкций, но и эффективно видоизменяют их внешний вид при задании конструктором новых значений размерных обозначений, характеризующих их параметры. Иными словами, автоматическое построение новых вариантов изделий обеспечивается за счет простого изменения значений размерных обозначений, определяющих форму исходного описания деталей.

Следует отметить, что, несмотря на наличие на рынке различных систем параметрического моделирования, разработкой и развитием алгоритмических и программных средств подобных САПР занимались и продолжают заниматься многие разработчики. Среди них, в первую очередь, следует выделить отечественных ученых, а именно, Четверухина Н.Ф., Котова, Н.Н., Полозова, С.И. Роткова, С.И. Голованова Н.Н., Баяковского Ю.М., Галактионова В.А., сотрудников кафедры САПР ЛЭТИ Лячека Ю.Т., Петрова Б.Н., Альджунейди Б.З.А., Хасана А.А.А-Ш, а также западных ученых, таких как I.E.Sutherland, B.N. Freeman-Benson, J. Owen, C.M. Hofman, B.A.Myers,. VjarneStroustrup, JesseLibertyи многих, многих других, внесших существенный вклад в создание и развитие параметрических систем. Однако основное внимание и усилия разработчиков при создании и совершенствовании параметрических систем направлено на совершенствование интерактивных средств создания и визуализации моделей деталей. Существенно меньшие усилия, судя по предлагаемым в существующих САПР средствам, прилагаются разработчиками по созданию удобных и соответствующих требованиям современных стандартов средств формирования и оформления конструкторской документации. В то же время в подавляющих случаях для обеспечения производства и контроля геометрических характеристик, создаваемых деталей и изделий по подготовленным геометрическим моделям деталей, необходимо наряду с этими моделями иметь соответствующие им конструкторские чертежи. При этом такие конструкторские документы должны быть оформлены в строгом соответствии с действующими государственными стандартами. Однако элементы оформления чертежей даже в лучших системах не выдерживают критики. В 3D-системах, во-первых, до настоящего времени не предусмотрены средства для их эффективного создания, а во-вторых, в случае модификации основного образа детали и оформления чертежей элементы оформления в них приходится существенно редактировать или даже формировать заново. В связи с этим на оформление конструкторских чертежей затрачивается от четверти до трети рабочего времени конструкторов.

Поэтому разработка алгоритмического обеспечения создания автоматических и автоматизированных средств оформления конструкторских чертежей при модифика-

ции геометрических моделей деталей и конструкций в настоящее время достаточно актуальна.

Объектом исследования являются конструкторские параметрические системы автоматизированного проектирования машиностроительных изделий.

Предметом исследования является определение основных особенностей dxf-описаний и формирования элементов оформления конструкторских документов в соответствии с ЕСКД, а также исследование и разработка новых алгоритмов, которые в автоматическом режиме обеспечивают коррекцию dxf-файлов описания графических элементов оформления чертежей в САПР, работа которой основывается на создаваемой для чертежа его параметрической сеточной модели.

Цель работы – заключается в разработке алгоритмов, обеспечивающих автоматическую коррекцию dxf-описаний элементов оформления чертежей деталей после того, как осуществлено автоматическое изменение изображения этих деталей в соответствии с новыми значениями размеров, заданных конструктором. Разрабатываемые алгоритмы позволяют снизить трудоемкость и ускорить процесс создания конструкторской документации в полном соответствии с требованиями ЕСКД.

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

1. Проанализировать современные параметрические системы автоматизированного проектирования и особенности их функционирования при формировании и оформлении конструкторской документации;
2. Провести анализ элементов оформления чертежей и особенности их графического формирования в соответствии с требованиями ЕСКД в современных параметрических САПР;
3. Разработать метод автоматической коррекции dxf-описаний для различных видов элементов оформления чертежей после модификации образов деталей в САПР с сеточной параметризацией;
4. Исследовать особенности представления и модификации описаний центровых, осевых и линий симметрии в чертежах и файлах обмена графической информацией;
5. Выявить особенности представления и автоматической модификации линейных размерных обозначений в чертежах и файлах обмена графической информацией;
6. Исследовать особенности описания и представления областей штриховки сечений и разрезов в чертежах и файлах обмена графической информацией для обеспечения модификации этих элементов чертежей;
7. Разработать алгоритм автоматической модификации положения и начертания линейных размерных обозначений в описаниях чертежей;
8. Разработать обобщенный алгоритм автоматического преобразования центровых, ортогональных и наклонных линий симметрии деталей, а также алгоритм модификации осей симметрии, образованных полилиниями;
9. Разработать алгоритм, обеспечивающий автоматическую модификацию описаний областей штриховки разрезов и сечений деталей;
10. Разработать алгоритм, обеспечивающий вычисление координат точек пересечения графических примитивов чертежей, и алгоритм нахождения коэффициентов изгиба сегментов полилиний, ограничивающих контуры области штриховки.

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

Достоверность и обоснованность полученных в работе результатов и выводов подтверждается адекватностью использованных методов модификации различных объектов исследуемой предметной области, корректностью разработанных алгоритмов, соответствием проведенных исследований известным положениям фундаментальных наук. Положительными результатами проведенных тестовых исследований предлагаемых алгоритмов, обеспечивающих автоматическую коррекцию различных линий симметрии, линейных размерных обозначений и обозначений областей штриховки при модификации чертежей деталей, и опытом практического внедрения разработанных алгоритмов автоматической модификации dxf-файлов описаний элементов оформления чертежей в учебном процессе.

На защиту выносятся:

1. Анализ существующих параметрических САПР, который показал, что для автоматического формирования элементов оформления конструкторских чертежей видоизмененных деталей с наименьшими затратами труда конструктора лучше всего подходит параметрическая система, в основе которой используется сеточная параметрическая модель чертежа, создаваемая на основе его векторного описания, представленного в формате DXF;
2. На чертежах изменяемых деталей необходимо устанавливать такие же элементы оформления, которые используются в их исходных чертежах. В качестве значений параметров модифицированных элементов оформления следует максимально использовать информацию, содержащуюся в исходных файлах описания, соответствующих не модифицированным чертежам деталей;
3. Алгоритм автоматической модификации на поле чертежа расположения и начертания линейных размерных обозначений в dxf-описаниях чертежей;
4. Алгоритм автоматической модификации центровых, ортогональных и наклонных типов линий симметрии деталей;
5. Универсальный алгоритм, обеспечивающий автоматическую модификацию описаний областей штриховки разрезов и сечений на чертежах модифицируемых деталей;
6. Алгоритм, обеспечивающий вычисление координат точек пересечения графических примитивов чертежей, и алгоритм нахождения коэффициентов изгиба сегментов полилиний, ограничивающих контуры области штриховки.

Научная новизна проведенного исследования заключается в следующем:

- исследованы современные параметрических САПР, а также элементы оформления конструкторских чертежей и их особенности;
- предложено для автоматической модификации dxf-описаний элементов оформления чертежей использовать параметрическую САПР, основанную на сеточной параметризации чертежей деталей;
- разработан алгоритм автоматической модификации положения и начертания линейных размерных обозначений в dxf-описаниях чертежей;
- предложен обобщенный алгоритм автоматической модификации различных

типов осей симметрии, используемых в описании чертежей деталей;

- разработан универсальный алгоритм, обеспечивающий автоматическую модификацию описаний областей штриховки разрезов и сечений на чертежах модифицируемых деталей;

- предложены алгоритм, обеспечивающий вычисление координат точек пересечения графических примитивов чертежей, и алгоритм нахождения коэффициентов изгиба сегментов полилиний, ограничивающих контуры области штриховки.

Практическая значимость

1. Применение разработанного алгоритмического обеспечения для параметрической САПР, функционирующей на основе сеточного метода, позволит автоматизировать этап оформления конструкторских чертежей, связанный с формированием модифицированных элементов оформления, повысит качество их исполнения и освободит конструкторов от большей части подобной рутинной работы.
2. Применение разработанных алгоритмов в учебном процессе обеспечивает поддержку дисциплин учебного плана, связанных с изучением процессов оформления конструкторских документов и построением параметрических САПР при обучении бакалавров и магистров по направлению “Информатика и вычислительная техника”.
3. Разработанные алгоритмы могут быть использованы при разработке программных средств для конструкторских отделов организаций и предприятий, использующих в своей работе САПР AutoCAD.

Реализация результатов работы. Основные результаты работы, связанные с:

- анализом систем автоматизации проектирования конструкторских изделий элементов оформления чертежей и средств их формирования в современных САПР;
- алгоритмами модификации и корректировки описаний в dxf-файлах элементов оформления чертежей;
- созданием программных средств элементов оформления чертежей на основе разработанных алгоритмов

используются в учебном процессе кафедры САПР Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) при чтении лекций и проведении практических, лабораторных и курсовых работ по дисциплинам “САПР машиностроительных изделий”, “Автоматизация конструкторского проектирования”, “Геометрическое моделирование в САПР”, “Компьютерная графика в САПР”.

Апробация работы. Основные практические результаты и теоретические положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- XIII International Symposium Intelligent Systems 2018 Saint Petersburg;
- XIX, XX, XXI Межд. конференциях по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2016, SCM'2017, SCM'2018)”, СПб., СПбГЭТУ;
- III Межд. заочной научно-практич. конф. «Автоматизированное проектирование в машиностроении», Новокузнецк, 2015.
- 69-й, 70-й и 71-й научно-техн. конференциях профессорско-преподавательского состава Санкт-Петербургского государственного электро-

технического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина).

Публикации. Результаты теоретической и практической работы отражены в 11 научных публикациях (в том числе в трех статьях в изданиях из Перечня ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, и в двух, индексируемых в международной базе данных Scopus).

Структура и объем работы. Текст диссертационной работы включает введение, четыре главы, заключение и библиографический список из 83 наименований. Материал диссертации изложен на 125 машинописной страницах и содержит 27 рисунков и 1 таблицу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, кратко освещен предмет и объект исследования сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая ценность результатов и представлены результаты апробации. Кратко описана структура и объем работы.

В первой главе проводится анализ параметрических конструкторских систем проектирования изделий машиностроения. Все программные параметрические системы, с точки зрения времени создания параметрических графических моделей объектов и времени формирования по этим моделям соответствующих им графических изображений, можно условно разбить на три вида. Это предшествующая (предварительная), параллельная и последующая виды параметризации. Отмечаются особенности использования этих систем при создании параметрических моделей деталей и соответствующих им чертежей. Чертежи являются в настоящее время необходимыми документами при производстве новых вариантов изделий. Показано, что объемные параметрические модели деталей, созданные в одних 3D параметрических САПР, невозможно передать и использовать в других системах. Это обусловлено, во-первых, тем, что эти системы построены на базе различных геометрических и графических пакетах, а, во-вторых, закрытостью практически всех систем автоматизированного проектирования. Вместе с тем в настоящее время в организациях и предприятиях в силу сложившихся исторических и экономических условий приобретались и использовались для проектирования различные САПР. Эти обстоятельства существенно затрудняют совместную работу сотрудников, работающих в различных конструкторских бюро, над сложными конструкторскими проектами, так как между организациями невозможен полноценный обмен информацией. В этой связи описания сконструированных объектов передают коллегам в виде файлов соответствующих чертежей, представленных, как правило, в двумерных форматах dwg или dxf. Эти файлы чертежей формируются в имеющихся в организации трехмерных системах автоматически. Однако возможности средств оформления чертежей, включенных в трехмерные системы, ограничены. Оформление часто требует относительно больших затрат времени, так как такие обозначения приходится формировать на основе совокупности различных составляющих – стрелок, ломаных, текстовых строк, отдельных графических примитивов и т.д. Эта совокупность средств создания отдельных примитивов, хотя и позволяет сформировать образ нужного элемента оформления, но это изображение не является обобщенным графическим примитивом и не может модифицироваться как единый элемент. Такие изображения не всегда соответствуют требованиям Единой

Системе Конструкторской Документации. Кроме того, не все элементы оформления чертежа однозначно связаны с примитивами, на которые они установлены. В этой связи при модификации модели детали элементы оформления чертежа приходится существенно редактировать. Отсюда следует, что при использовании современных 3D параметрических систем чертежи модифицированных изделий приходится либо существенно редактировать, либо переоформлять заново, что является на данном этапе развития этих систем их существенным недостатком. Однако, учитывая наличие развитых средств оформления в современных 2D системах, которые отвечают требованиям (ЕСКД) и международным стандартам (ISO) чертежи деталей, автоматически создаваемые в 3D параметрических системах, более целесообразно после создания оформлять в двухмерных системах.

Таким образом, при создании новых вариантов изделий с использованием 3D параметрических систем конструкторам приходится затрачивать много усилий и времени на оформление чертежей модифицированных деталей.

Вместе с тем, если использовать систему параметризации двумерного описания конструкторский чертежей, в основе которой лежит принцип создания сеточной параметрической модели чертежа, то вместе с автоматической модификацией описания самой модели детали в соответствии с новыми значениями размеров можно обеспечить и автоматическую коррекцию положения и описания элементов оформления чертежа. При этом конструкторы освобождаются от рутинной и длительной работы по редактированию или прорисовки соответствующих элементов оформления в описании чертежа модифицированной детали.

Для решения задач автоматической модификации элементов оформления чертежей были определены параметры этих элементов, которые целесообразно использовать по умолчанию в процессе модификации чертежей. Кроме того, были выявлены наиболее широко используемые элементы оформления, с одной стороны, а с другой стороны, существенно отличающиеся друг от друга по структуре dxf-описаний. Для таких объектов алгоритмы обработки целесообразно разработать в первую очередь. К таким элементам автор отнес различные виды симметрии, линейные размерные обозначения, описание областей штриховки сечений и разрезов.

Во второй главе разрабатываются алгоритмы коррекции dxf-описаний графических примитивов, задающих симметрию графических объектов в конструкторских чертежах. Для этого, прежде всего, рассматриваются особенности представления центровых, осевых и линий симметрии деталей в чертежах и файлах обмена графической информации.

Проблемы преобразования линий симметрии при модификации чертежей деталей связаны со следующими основными факторами (рис.1 – рис.2):

- отсутствие непосредственной связи примитивов симметрии с базовой параметрической сеткой чертежа;
- большим разнообразием вариантов линий симметрии, используемых на одном чертеже;
- большим количеством стилей линий, используемых конструкторами в чертежах при исходном описании элементов, определяющих симметрию;
- сложностью описания примитива полилиния, используемого для задания симметрии изогнутых тел сложной конфигурации (рис.3) , характеризующихся постоянной шириной.

Сеточная параметрическая модель устанавливает непосредственную связь

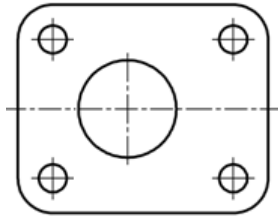


Рисунок.1

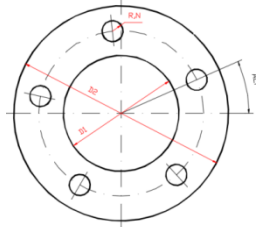


Рисунок.2

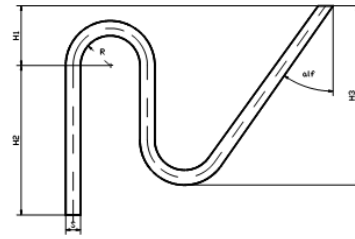


Рисунок.3

только для характерных точек базовых графических элементов, определяющих форму представляемого на чертеже изделия. Такие элементы как оси различного вида могут быть связаны с базовой сеткой только на основе опосредованного отношения. В этой связи для их модификации выявить такие отношения можно только на основе анализа их собственных параметров и параметров основных графических примитивов, описание симметрии которых они обеспечивают. Для этого анализа целесообразно учитывать особенности самого элемента и использовать ограничения, которые на этот элемент накладывают соответствующие требования стандартов.

Полилинии представляются в dxf-описаниях чертежей в виде обобщенного графического примитива со специфическими связями между входящими в него базовыми графическими примитивами. В такой обобщенный примитив могут последовательно входить отрезки и дуги, чередование которых определяется формой кривой. Поэтому модификация полилинии требует анализа не только составляющих ее графических элементов, но и взаимного отношения каждого последующего примитива с предыдущим (условий связи). При этом следует иметь в виду, что все элементы полилинии непосредственно не связаны с элементами базовой сеточной параметрической моделью чертежа. В этой связи полилинии, используемые в чертежах в качестве элементов симметрии, требуют для своей модификации разработки специального алгоритма отличного от алгоритмов обработки отдельных отрезков, дуг и окружностей.

Кроме факторов, создающих проблемы при модификации, графические примитивы, определяющие симметрию элементов чертежей, характеризуются рядом особенностей представления, которые, наоборот, облегчают их выявление и модификацию. Так в dxf-описании:

- все элементы, определяющие симметрию на чертежах, представляются либо отдельными отрезками (вертикальными, горизонтальными и существенно реже наклонными), дугами и окружностями, а также полилиниями (блоками), каждая из которых может обрабатываться как отдельный примитив;
- все такие элементы в dxf-файле описываются с параметром линия половинной толщины (тонкой);
- при модификации чертежа у этих графических примитивов изменяются только геометрические параметры (координаты характерных точек, длина, радиусы или диаметры), тогда как параметры визуализации (тип и цвет) и параметры выделения не должны претерпевать никаких изменений;
- ограничения, накладываемые на такие элементы требованиями стандартов после их преобразования, могут приниматься точно такими же, как и в исходном описании. Такое допущение существенно уменьшает общее количество параметров элементов оформления, которые должны подвергаться изменениям при модификации, а именно, позволяет ограничиться только анализом и определением их новых геометрических параметров. Эти геометрические параметры таких элементов, к которым следует отнести только координаты их характерных точек, можно определить на основе анализа их собственного геометрического описания и отношений с теми элемен-

тами, симметрию которых они определяли в исходном чертеже;

- описание в dxf-формате любого графического примитива в чертеже, а в нашем случае линий симметрии, осуществляется с использованием вложенных текстовых списков и подсписков, разделяемых скобками (см. рис. 4, рис.1). Каждый такой подсписок содержит конкретную информацию об описываемом графическом объекте. При этом в подсписке вначале в виде целого числа приводится числовой код этого подсписка, который называют групповым кодом, а затем описывается соответствующая этому коду информация об описываемом графическом примитиве. Такое описание по соответствующему коду группы позволяет найти нужные данные и, при необходимости, изменить их в файле описания чертежа.

1) горизонтальная осевая (длинная):

```
((-1 . <Имя объекта: 7ef09118>) (0 . «LINE») (330 . <Имя объекта: 7ef08b78>) (5 . «2B3») (100 . «AcDbEntity») (67 . 0) (410 . «Model») (8 . «0») (6 . «осевая») (370 . 30) (100 . «AcDbLine») (10 3180.61 1349.75 0.0) (11 3820.26 1349.75 0.0) (210 0.0 0.0 1.0))
```

2) вертикальная осевая на большой окружности:

```
((-1 . <Имя объекта: 7ef09120>) (0 . «LINE») (330 . <Имя объекта: 7ef08b78>) (5 . «2B4») (100 . «AcDbEntity») (67 . 0) (410 . «Model») (8 . «0») (6 . «осевая») (370 . 30) (100 . «AcDbLine») (10 3400.29 1439.06 0.0) (11 3400.29 1259.9 0.0) (210 0.0 0.0 1.0))
```

3) вертикальная осевая на малой окружности (описание по блоку):

```
((-1 . <Имя объекта: 7ef09140>) (0 . «LINE») (330 . <Имя объекта: 7ef08b78>) (5 . «2B8») (100 . «AcDbEntity») (67 . 0) (410 . «Model») (8 . «0») (6 . «ByBlock») (370 . 30) (100 . «AcDbLine») (10 3249.53 1479.95 0.0) (11 3249.53 1419.69 0.0) (210 0.0 0.0 1.0))
```

4) вертикальная осевая на малой окружности (описание по слою):

```
((-1 . <Имя объекта: 7ef09148>) (0 . «LINE») (330 . <Имя объекта: 7ef08b78>) (5 . «2B9») (100 . «AcDbEntity») (67 . 0) (410 . «Model») (8 . «0») (370 . 30) (100 . «AcDbLine») (10 3250.0 1480.0 0.0) (11 3250.0 1420.0 0.0) (210 0.0 0.0 1.0))
```

Рисунок. 4

Центровые линии симметрии устанавливаются на все основные, определяющие форму изображенной детали, окружности и большинство дуг определяться геометрическими атрибутами основных типов графических примитивов (координатами центра и значением радиуса для окружностей и дополнительно – начальным и конечным углами для дуг). Поэтому для успешной работы алгоритма преобразования необходимо иметь исходные и измененные в процессе модификации чертежа описания основных окружностей и дуг этого чертежа, а также сформированную к моменту модификации элементов оформления ортогональную и угловую сеточную модель чертежа.

Вторым видом линий симметрии по частоте их использования являются оси, обеспечивающие ортогональную (горизонтальную и вертикальную) симметрию графических примитивов деталей. Особенность их начертания заключается в том, что они выступают за границы основного изображения на определяемую стандартами величину 5-12 мм. Поэтому для определения их измененных параметров при модификации изображения таких элементов необходимо знать исходные координаты начала и конца этих линий симметрии и связать эти значения с координатами элементов базовой сетки чертежа с учетом стандартных значений выступов. При этом линии симметрии и линии основных элементов всегда на чертеже расположены взаимно перпендикулярно.

Для корректировки dxf-описания круговой симметрии необходимо первоначально выявить параметры исходной линии симметрии (координаты ее начала и конца, а также угол наклона к оси абсцисс) и определить вид (основной или дополнительный)

чертежа, которому эта ось принадлежит. Затем следует в исходном описании этого вида чертежа найти основные графические примитивы, перпендикулярные текущей оси, за границы которых исследуемая ось выступает. После этого, на основе параметрической модели, следует выявить параметры (координаты) модифицированных основных графических элементов, соответствующих этой оси. На основании этих определенных параметров следует рассчитать координаты точек начала и конца для модифицированной наклонной оси симметрии и в модифицированном файле чертежа заменить на них старые значения координат.

Таким образом, разработанный обобщенный алгоритм модификации центровых, ортогональных и наклонных линий симметрии в укрупненном варианте включает следующие этапы.

1. Выявляются, сортируются по типам и запоминаются основные виды графических примитивов чертежа.

2. Выявляются и сортируются на вертикальные, горизонтальные и наклонные отрезки, сформированные осевыми линиями

3. В цикле по каждой окружности на основе анализа ее параметров и значений координат квадрантных точек и найденных соответствующих ей параметров осей (горизонтальных и вертикальных), а также соответствующих значений параметров сеточной параметрической модели, выявляются новые значения параметров текущей окружности и координат, соответствующей ей оси с учетом их выступов за границы окружностей.

4. В описании dxf-файла осуществляется замена координат точек начала и концов линий, соответствующих центровым осям симметрии текущей окружности, и осуществляется перерисовка этих линий симметрии.

5. После модификации всех центровых линий осуществляется обработка наклонных осевых.

6. В списке необработанных ранее окружностей выявляется та, центр которой расположен на текущей линии симметрии, и выявляются все ее параметры для исходного и преобразованного изображения.

7. Осуществляется последовательная обработка параметров линии в соответствии с параметрами найденной окружности (соответствующей этой линии) и коррекция координат линии в модифицированном описании с последующей ее перерисовкой в чертеже.

8. В заключении обрабатываются ортогональные линии симметрии, для которых выявляются соответствующие им основные графические примитивы и их координаты в исходном и модифицированном чертежах. На основе значений координат модифицированных значений основного изображения и параметрической модели определяются модифицированные координаты каждой ортогональной оси симметрии.

Оси симметрии изогнутых деталей постоянной толщины задаются полилиниями, которые в dxf-файлах описываются совокупностью сегментов, каждый из которых характеризуется координатами начальной точки и коэффициентом изгиба. В связи с таким представлением для корректировки описания модифицированного сегмента полилинии необходимо определить значение измененных его координат и рассчитать значение его коэффициент изгиба, который зависит от типа примитива предыдущего сегмента, и координат начальной точки последующего сегмента. При этом алгоритм модификации полилиний симметрии представляется следующей последовательностью действий.

1. Выявляются все полилинии симметрии чертежа и для каждой определяются ко-

ординаты всех ее характерных точек.

2. В цикле по всем основным примитивам полилиний на основании ранее созданной сеточной параметрической модели чертежа осуществляют замену координат для всех их характерных точек со старых значений на новые (модифицированные).

3. Путем сравнительного анализа координат характерных точек полилиний выявляют соответствие каждой линии симметрии двум линиям основного контура детали и формируют список, состоящий из триад полилиний, соответствующих друг другу.

4. В цикле по каждой триаде выявляется значение модифицированных координат каждой пары характерных точек, принадлежащих основным графическим примитивам. Рассчитываются модифицированные координаты точки полилинии симметрии, соответствующей этим двум характерным точкам основных примитивов. Полученные новые значения координат используют для замены в описании полилинии симметрии значений старых координат.

5. Выявляют типы примитивов, составляющих первый и последний сегмент полилинии симметрии (дуга или отрезок) и на основании выявленного типа и модифицированных координат первой и последней точек линии осуществляют коррекцию их координат на стандартную величину выступа линии симметрии за границы контура детали.

6. В цикле для каждого сегмента полилинии симметрии, если для него коэффициент изогнутости отличен от нулевого значения, осуществляется расчет его нового значения и этим значением заменяют исходное (до модификации описания чертежа) значение изогнутости.

7. Модифицированный dxf-файл чертежа сохраняется на диске.

В третьей главе исследуются особенности формирования различных видов линейных размерных обозначений в чертежах и в dxf-файлах обмена графической информации. В диссертации на конкретных примерах исследуются горизонтальные, вертикальные, наклонные (параллельные), под углами повернутые размеры. Кроме одиночных размеров анализировались и групповые размеры – базы и от базы цепью. Размерные обозначения рассматривались с различным расположением стрелок, устанавливаемых на размерных линиях (внутри и снаружи выносных), и положением размерного числа (между выносными, слева или справа от выносных и на формируемой полочке).

Анализ векторных текстов dxf-файлов обмена графической информации, относящихся к описанию линейных размеров, созданных в различных САПР, показал, что в этих файлах описание таких графических примитивов представляется в виде определенной типовой схемы, представляемой в двух частях.

Одна часть параметров определяется в начале файла описания чертежа. В ней задаются системные размерные переменные, которые определяют геометрические характеристики графических примитивов, составляющих размерное обозначение. Они действуют на все типы размерных обозначений, представленных в чертеже. Например, эти переменные определяют, длину и вид стрелок на конце размерной линии, высоту символов текста, количество десятичных знаков в размерном числе, величину выступа выносных за размерную линию, расстояние отступа линии размерного обозначения от контура детали, расстояние между выносными линиями для размеров от базы и т.д. При необходимости каждая такая переменная в графической системе может быть переопределена с помощью специальной команды. Однако при модификации чертежа менять эти параметры в dxf-файле нецелесообразно.

Вторая группа параметров определяет графическое представление конкретного размерного обозначения. В этой части файла параметры любого линейного размера представляются вложенными текстовыми списками. В начале списка идет часть, определяющая общие параметры описываемого графического примитива – его имя в системе, тип, идентификатор размера и другие общие параметры. При модификации эти параметры также должны оставаться неизменными.

Список конкретного размерного обозначения состоит из набора подсписков, называемых группами, в каждой из которых описываются определенные параметры элементов размера. При этом каждая группа выделяется в описании круглыми скобками аналогично тому, как это делается для линий симметрии (см. рис.4). В группе вначале указывается код группы (групповой код) в виде целого числа, а за кодом описывается соответствующая ему информация о размере. Подобная организация описания данных о размере позволяет относительно просто по групповому коду найти в файле модифицированного изображения детали (в уже частично скорректированной копии dxf-файла описания чертежа-прототипа) данные о любом размерном обозначении и заменить их на значения, соответствующие новому измененному образу детали. В результате скорректированное описание линейных размеров в файле будет полностью соответствовать описанию чертежа модифицированной детали.

После части списка размера, определяющей общие параметры описываемого графического примитива, следует описание конкретных параметров представленного в списке размера. Они объединены в несколько подклассов. В первом из них, в подклассе сущностей данного размера (`AcDbEntity`), важным для модификации является параметр, который позволяет выявить, что данный размер является групповым, а не одиночным. Это параметр «`ByBlock`», код группы которого 6, присутствует в описании только каждого группового размера. При этом описание всех групповых размеров каждого типа в файле dxf следуют последовательно друг за другом.

Следующий подкласс `AcDbDimension` включает в себя общие параметры. Параметры этого подкласса с точки зрения процесса модификации размерных обозначений целесообразно условно подразделить на три части. В первую входят элементы, значения кодов групп которых не изменяются. Во вторую – параметры, значения которых должны быть скорректированы и в третью – параметры и значения которых в процессе работы алгоритма модификации должны быть выявлены для того, чтобы можно было бы правильно переопределить данные изменяемых параметров. К этой третьей части следует отнести только группу с кодом 70, в которой определяется тип анализируемого размера (повернутый, горизонтальный, вертикальный или параллельный и т.д.). При этом значение параметра тип размера второй части не должны изменяться.

Ко второй части подкласса, в группах которого следует переопределять значения параметров необходимо отнести группы с кодами:

- 10 - координаты начальной точки размерной линии;
- 11 - координаты привязки центральной точки размерного текста;
- 50 - угол поворота размерной линии к оси X, измеряемый в радианах;
- 71 – параметр точки вставки текста размера (сверху над размерной линией и слева, сверху и по центру и т.д.), задаваемый в виде целого числа;
- 42 – фактическое измеренное значение размера;
- 51 – определяет ориентацию размерного текста и строки для горизонтальных, вертикальных и повернутых линейных размеров;
- 53 – определяет угол поворота текста размера по отношению к ориентации

размерной линии.

Все остальные значения кодов групп этого подкласса (например, коэффициент межстрочного интервала текста, имя стиля размера и т.д.) не важны при реализации алгоритма модификации размеров, так как их параметры не требуется изменять при модификации чертежа.

Анализ параметров второй части подкласса `AcDbDimension` показывает, что ряд параметров графического представления линейных размеров в них явно не отражается. Например, не указывается наличие полочки под размерное число и нет информации о расположении стрелок по отношению к выносным линиям. Необходимость формирования полочки, ее направление и длина определяется внутренними процедурами прорисовки размера исходя из положения размерной линии, параметров выносных линий, координат точки привязки текста и его длины. Положение стрелок также определяется внутренними процедурами прорисовки исходя из соотношения расстояния между выносными линиями и длиной стрелки, задаваемой по умолчанию.

Подкласс `AcDbAlignedDimension` (кодов выравнивания) включает коды для 4-х групп, две из которых важны с точки зрения корректировки параметров линейных размеров:

13 – координаты точки привязки первой выносной линии к характерной точке графического примитива, на котором установлен размер;

14 – координаты точки привязки второй выносной линии.

Выявленные особенности представления и описания линейных размеров позволяют сформировать алгоритм, обеспечивающий их автоматическую модификацию. Алгоритм предполагает выполнение ряда предварительных операций:

- выявления в чертеже всех графических примитивов;
- последовательного просмотра внутренних имен примитивов чертежа и выявления полного dxf-описания каждого примитива
- выявление описаний, соответствующих размерам и формирование общего списка внутренних имен этих графических примитивов (размеров).

Указанные операции могут выполняться как на начальном этапе создания сеточной параметрической модели чертежа, так и в начале работы подсистемы модификации размерных обозначений.

Входными данными для алгоритма обработки линейных размерных обозначений является список внутренних имен размерных обозначений исходного чертежа. В этом случае алгоритм модификации размерных обозначений при использовании сеточной параметрической модели чертежа следующий.

1. Осуществляется чтение имени очередного размера из общего списка внутренних имен размерных обозначений исходного чертежа.
2. По внутреннему имени размера выявляется полное описание параметров соответствующего размерного обозначения.
3. Определяется тип текущего размерного обозначения, значение которого присваивается переменной типа размера.
4. Если значение переменной типа больше 1 (текущий размер не линейный), то осуществляется:
 - передача данных в процедуру модификации размеров, соответствующую определенной переменной типа размера,
 - переход на п.1 (в начало алгоритма для извлечения из общего списка и анализа параметров следующего размера),

иначе:

- устанавливаются начальные параметры работы алгоритма обработки линейных размеров:
 - PRGROUP = 0 – переменная признака наличия групповых размеров в исследуемом чертеже в начале работы алгоритма;
 - NGROUP= 0 – число групповых размеров, выявленных в чертеже;
 - LISTGROUP = nil– список имен групповых размеров;
 - TYPEGROUP= 0 – тип группового размера в начале работы алгоритма;
 - TYPEGROUP_ТЕК= 0– переменная, определяющая тип текущего группового размера в начале работы алгоритма;
 - ENDGROUP = 0 – переменная, соответствующая описанию текущей группы размеров. Первоначально ее значение устанавливается равным нулю, а, когда описание группы завершается, ей присваивается значение 1.

5. В полном списке описания параметров текущего линейного размера осуществляется поиск значения, соответствующего группе с кодом 6 (выявляется принадлежность текущего размера группе размеров).

6. Если группа с кодом 6 в описании отсутствует, то:

- текущий размер является одиночным, что может указывать на необходимость завершения обработки групповых размеров:

6.1. Если NGROUP > 0 – ключ, соответствующий числу встретившихся до этого момента групповых размеров, то:

ENDGROUP = 1 - признак завершения в dxf-файле описания группы предшествующих размеров. В дальнейшем эта переменная используется для вызова процедуры проверки модифицированных групповых размеров на соответствия требованиям ГОСТ порядка их формирования;

- осуществляется переход на п.7 (начало модификации параметров текущего размера),

иначе размер относится к групповым размерам:

6.2. Если NGROUP = 0 – ключ, соответствующий числу встретившихся групповых размеров (до этого момента групповой размер не встречался), то:

- PRGROUP = 1 (вспомогательной переменной признака группы присваивается значение 1),
- в список LISTGROUP заносится имя текущего размера,
- NGROUP = NGROUP + 1 (значение переменной, определяющей количество размеров, входящих в обрабатываемый блок групповых размеров, увеличивается на 1);

иначе (это не первый групповой размер):

- выполняется проверка на принадлежность текущего размера обрабатываемой группе размеров или новой группе.

Для этого сравнивается тип текущего размера, определяемого из подписка с групповым кодом 70 с типом, соответствующим типу TYPEGROUP_ТЕК ранее выявленных групповых размеров, а также связь координат его выносной линии с выносной линией предыдущего обработанного размера;

- если типы и координаты соответствуют друг другу, то (размер относится к текущей обрабатываемой группе размеров):

- в список LISTGROUP добавляется имя текущего размера (список пополняется за счет текущего размера),
 - $NGROUP = NGROUP + 1$ (значение переменной, определяющей количество размеров, входящих в обрабатываемый блок групповых размеров, увеличивается на 1);
 - осуществляется переход на п.7 (начало модификации параметров текущего размера),
- иначе (размер относится к новой группе размеров):
- осуществляется временное запоминание имени текущего размера и его типа во вспомогательных переменных NANE_ADD и TYPE_ADD, так как предварительно необходимо обработать размеры предыдущей группы;
 - $ENDGROUP = 1$ – переменная, соответствующая завершению описания группы размеров. Эта переменная используется для инициализации последующей процедуры проверки упорядоченности комплекта описания групповых размеров, обработанных на предыдущих этапах;
 - переход на п.13 алгоритма.
7. Вне зависимости от значения типа текущего размера из списка его описания, используя соответствующие коды групп, выявляют:
 - исходные координаты привязки выносных линий размера (коды подписков 13 и 14),
 - положение размерной линии (код подписка начальной точки 10),
 - координаты точки привязки размерного числа (код 11) в чертеже прототипе.
 8. Определяют или вычисляют в соответствии с выявленными в п.7 значениями координат и значения типа размера:
 - какой это размер – вертикальный, горизонтальный, параллельный или повернутый;
 - минимальное значение величины смещения $d_{\min}(X_{cm_1}$ и $Y_{cm_1})$ размерной линии относительно графического примитива, на котором это размерное обозначение установлено;
 - направление (вниз, вверх, влево или вправо) смещения размерной линии от примитива, на котором размер установлен;
 - величину смещения (X_{cm_2} и Y_{cm_2}) центральной точки привязки размерного числа относительно координат средней точки размерной линии;
 9. На основании данных сеточной параметрической модели чертежа, исходных координат точек привязки выносных линий размера, выявленных в п.7, и значения типа текущего размера определяются:
 - координаты точек начала выносных линий для модифицированного изображения детали фактическое значение размера;
 - угол наклона размерной линии.
 10. Определяется модифицированное положение размерной линии (для подписка с кодом 10), используя новые значения координат точек привязки выносных линий (п. 9) и значение смещения размерной линии $d_{\min}(X_{cm_1}$ и $Y_{cm_1})$ относительно графического примитива детали, определенное в п.8.
 11. Определяются новые координаты центральной точки привязки размерного числа на основе значений X_{cm_2} и Y_{cm_2} , вычисленных в п.8.

12. Используя соответствующие групповые коды dxf-описания текущего размера производят:

- замену (корректировку) значений координат в файле модифицированного описания детали (копии dxf-файла прототипа) во всех подписках описания текущего размера (координат точек привязки выносных линий – коды подписок 13 и 14, координат положения размерной линии – код подписка начальной точки 10 и центральной точки размерного числа – код подписка 11, а также значение самого размерного числа – код подписка 42);

13. Если значение переменной ENDGROUP равно 1, то:

- значение переменной ENDGROUP = 0;
- осуществляется проверка на непротиворечивость расположения размерных обозначений в обработанном комплекте групповых размеров на основании данных количества подписок (NGROUP) созданном списке LISTGROUP и значения типа групповых размеров TYPEGROUP_ТЕК, входящих в обрабатываемый комплект,

если противоречия выявляются, то:

- разрешают противоречия путем соответствующей взаимной смены параметров и производят замену (корректировку) значений координат в файле модифицированного описания детали (копии dxf-файла прототипа) для всех размеров обрабатываемого комплекта групповых размеров, у которых были сделаны изменения;

- осуществляют:

- чистку списка LISTGROUP от подписок описаний параметров размеров обработанного комплекта, т.е. LISTGROUP = nil;
- коррекцию начальных значений переменных: NGROUP = 0, TYPEGROUP_ТЕК = nil, TYPE_GROUP = nil,

иначе (противоречий в начертании размеров текущей группы не было. Можно перейти к обработке очередного размера из общего списка. Однако если был выявлен первый размер следующей группы, то следует, прежде всего, обработать его):

если TYPE_ADD > 0, то осуществляют:

- коррекцию значений переменных группы:

NGROUP = 1,
TYPEGROUP_ТЕК = TYPE_ADD,
TYPE_GROUP = TYPE_ADD,

- чистку списка группы размеров LISTGROUP = nil,
- занесение в список LISTGROUP имени NAME_ADD нового текущего размера,
- осуществляют переход на п.7.

14. Осуществляется переход на п. 2 алгоритма для обработки очередного размерного обозначения из общего списка размеров.

15. Завершается алгоритм при исчерпании списка размеров.

Для визуального контроля модификации размерных обозначений целесообразно в процессе обработки их параметров осуществлять их прорисовку на экране дисплея.

В четвертой главе дается особенности описания областей сечений и разрезов в

чертежах и файлах обмена графической информации. В настоящее время используется два метода задания контуров штриховки на чертежах.

При первом методе контур штриховки описывается совокупностью графических примитивов (отрезков, полилиний, дуг или окружностей, эллиптических дуг и сплайнов), определяющих форму детали на соответствующем виде чертежа (рис. 5). При этом задании все вершины графических примитивов, ограничивающих область штриховки, являются базовыми точками этих примитивов, формирующих деталь (например, точками начала и конца для отрезков и дуг, точками начала, изломов и конца для ломаных линий, а также точками центров окружностей и дуг). В этих случаях, так как эти точки являются базовыми для основных примитивов изображения, то они полностью охватываются создаваемой автоматически параметрической сеточной моделью исходного чертежа, представленного в dxf-файле. Поэтому параметры такого контура могут быть корректно модифицированы в соответствии с данными сеточной модели, а сама область заштрихована в соответствии со стилем штриховых линий и другими неизменяющимися параметрами, указанными в исходном описании соответствующего графического элемента штриховка.

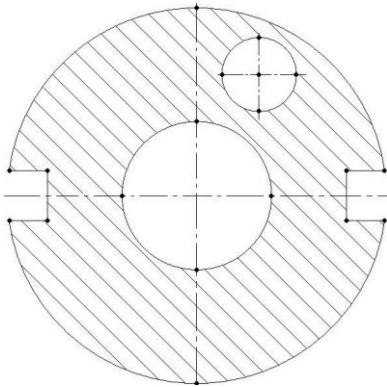


Рисунок. 5

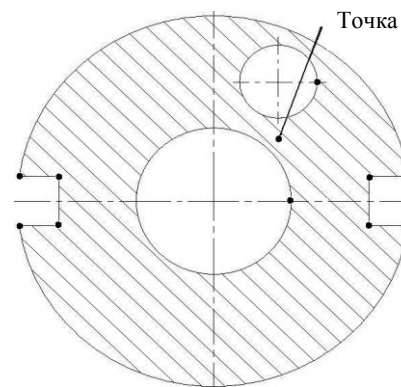


Рисунок. 6

При втором методе примитивы, определяющие контур штриховки явно конструктором не выбираются, им указывается любая внутренняя точка (точка затравки) области (рис.6), которая должна быть заштрихована. Система сама выявляет границы этой области и обеспечивает ее заполнение требуемыми элементами штриховки. Этот метод для конструктора удобнее и эффективнее. Он, во-первых, не требует указания на чертеже всех примитивов, ограничивающих требуемую область, что может потребовать длительного времени для их выбора при большом количестве примитивов, образующих контура. Во-вторых, метод допускает, что некоторые или даже все вершины контура штриховки являются точками пересечения базовых графических примитивов. Иными словами эти характерные точки примитивов, определяющих область штриховки, являются производными от базовых примитивов, определяющих форму детали, и явно не определяются элементами сеточной параметрической модели. В таких случаях конструкторская система предварительно выявляет все точки пересечения для примитивов, определяющих границы контуров, создает описание замкнутых областей, а только после этого заполняет их штриховкой. При этом вычисленные характерные точки примитивов, определяющих область, в общем случае отсутствуют в описании сеточной параметрической модели чертежа, так как они не связаны с размерными обозначениями, установленными на чертеже. Соответственно, они непосредственно не могут быть скорректированы при модификации базовых элементов чертежа согласно новому набору размерных обозначений. Поэтому положение на

чертеже измененной области будет отличаться от первоначального положения, а исходная точка затравки в общем случае может оказаться даже за пределами требуемой зоны штриховки и, соответственно, штриховка, а, следовательно, и чертеж, могут быть выполнены некорректно.

DXF-описание штриховки этих контуров соответственно для рис.5 и рис.6 в виде, которые были структурированы и прокомментированы автором (комментарии выделены цветом), представлены ниже:

Неизменяемая при модификации часть описания штриховки:

((-1 . <Имя объекта: 7ef03cd8>) (0 . "HATCH")
 (330 . <Имя объекта: 7ef03b38>) (5 . "2CB")
 (100 . "AcDbEntity") (67 . 0) (410 . "Model") (8 . "0") (440 . 33554636) (370 . 50) (100 . "AcDbHatch") (10 0.0 0.0 0.0) (210 0.0 0.0 1.0) (2 . "ANSI31") (70 . 0) (71 . 1)

Начало описания геометрических параметров области штриховки:

(91 . 3) – область штриховки определяется тремя контурами

Описание контура малой окружности радиуса 150 мм:

(92 . 16) – флаг, соответствующий внешнему контуру (область штриховки вне контура)

(93 . 1) – признак начала описания очередного контура, состоящего из одного примитива (окружности радиусом 150 мм)

(72 . 2) (10 2500.0 1740.0 0.0) (40 . 150.0) (50 . 0.0) (51 . 6.28319) (73 . 1) – описание 1-ой окружности

(97 . 1) – количество примитивов, определяющих описание контура

(330 . <Имя объекта: 7ef03cb8>) – имя примитива (окружность радиусом 150 мм)

Описание контура большой окружности радиуса 300 мм:

(92 . 16) – флаг, соответствующий внешнему контуру (область штриховки вне контура) (93 . 1) – признак начала описания очередного контура, состоящего из одного примитива (окружности радиусом 300 мм)

(72 . 2) (10 2250.0 1250.0 0.0) (40 . 300.0) (50 . 0.0) (51 . 6.28319) (73 . 1) – описание 2-ой окружности

(97 . 1) – количество примитивов, определяющих описание контура

(330 . <Имя объекта: 7ef04388>) – имя примитива (окружность радиусом 300 мм)

Описание внешнего контура:

(92 . 1) – флаг, соответствующий контуру (область штриховки внутри контура)

(93 . 8) – признак начала описания очередного контура, состоящего из восьми примитивов

(72 . 2) (10 2250.0 1250.0 0.0) (40 . 760.0) (50 . 0.132552) (51 . 3.00904) (73 . 1) – описание первой (верхней) дуги

(72 . 1) (10 1496.67 1350.44 0.0) (11 1650.0 1350.44 0.0) – описание левого вертикального (четвертого) отрезка

(72 . 1) (10 1650.0 1350.44 0.0) (11 1650.0 1150.0 0.0) – описание пятого отрезка

(72 . 1) (10 1650.0 1150.0 0.0) (11 1496.67 1149.56 0.0) – описание шестого отрезка

(72 . 2) (10 2250.0 1250.0 0.0) (40 . 760.0) (50 . 3.27414) (51 . 6.15063) (73 . 1) – описание второй (нижней) дуги

(72 . 1) (10 3003.33 1149.56 0.0) (11 2850.0 1150.0 0.0) – описание третьего отрезка

(72 . 1) (10 2850.0 1150.0 0.0) (11 2850.0 1350.44 0.0) – описание второго отрезка

(72 . 1) (10 2850.0 1350.44 0.0) (11 3003.33 1350.44 0.0) – описание первого отрезка

(97 . 8) – количество имен объектов, определяющих описание контура

(330 . <Имя объекта: 7ef03480>) – имя первой дуги

(330 . <Имя объекта: 7ef03458>) – имя четвертого отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef03468>) – имя пятого отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef03478>) – имя шестого отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef042c0>) – имя второй дуги

(330 . <Имя объекта: 7ef042b0>) – имя третьего отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef04290>) – имя второго отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef04280>) – имя первого отрезка

Описание общих параметров штриховки:

(75 . 1) (76 . 1) (52 . 1.5708) (41 . 20.0) (77 . 0) (78 . 1) (53 . 2.35619) (43 . 0.0) (44 . 0.0) (45 . -44.9013)

(46 . -44.9013) (79 . 0)

(98 . 1) (10 0.0 0.0 0.0) – графические примитивы, которые определяют область штриховки, задаются явно

Рис.5

Неизменяемая при модификации часть описания штриховки:

((-1 . <Имя объекта: 7ef03df8>) (0 . "HATCH")

(330 . <Имя объекта: 7ef03b38>) (5 . "2EF") (100 . "AcDbEntity") (67 . 0) (410 . "Model") (8 . "0") (440 .

33554636) (370 . 50) (100 . "AcDbHatch") (10 0.0 0.0 0.0) (210 0.0 0.0 1.0) (2 . "ANSI31") (70 . 0) (71 . 1)

Начало описания геометрических параметров области штриховки:

(91 . 3) – область штриховки определяется тремя контурами

Описание внешнего контура:

(92 . 7) – флаг, соответствующий комбинированному контуру(1 + 2 + 4)

(72 . 1) – код текущего участка контура

(73 . 1) – направление обхода против часовой стрелки

(93 . 8) – признак начала описания очередного контура, состоящего из восьми примитивов, описываемых как полилиния, каждый участок которой характеризуется коэффициентом кривизны

(10 1496.67 1350.44 0.0) (42 . 0.0) – линия с нулевой кривизной (отрезок 4)

(10 1650.0 1350.44 0.0) (42 . 0.0) – линия с нулевой кривизной (отрезок 5)

(10 1650.0 1150.0 0.0) (42 . 0.0) – линия с нулевой кривизной (отрезок 6)

(10 1496.67 1149.56 0.0) (42 . 0.875516) – линия, соответствующая 2-ой дуге

(10 3003.33 1149.56 0.0) (42 . 0.0) – линия с нулевой кривизной (отрезок 1)

(10 2850.0 1150.0 0.0) (42 . 0.0) – линия с нулевой кривизной (отрезок 1)

(10 2850.0 1350.44 0.0) (42 . 0.0) – линия с нулевой кривизной (отрезок 1)

(10 3003.33 1350.44 0.0) (42 . 0.875516) – линия, соответствующая 1-ой дуге

(97 . 8) – количество имен объектов, определяющих описание контура

(330 . <Имя объекта: 7ef03458>) – имя четвертого отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef03468>) – имя пятого отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef03478>) – имя шестого отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef042c0>) – имя второй дуги

(330 . <Имя объекта: 7ef042b0>) – имя третьего отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef04290>) – имя второго отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef04280>) – имя первого отрезка

(330 . <Имя объекта: 7ef03480>) – имя первой дуги

Описание контура большой окружности радиуса 300 мм:

(92 . 22)

(72 . 1) – код текущего участка контура

(73 . 1) – направление обхода против часовой

(93 . 2) очередной контур состоит из двух примитивов, описываемых как элементы полилинии, каждый участок которой характеризуется коэффициентом кривизны

(10 2550.0 1250.0 0.0) (42 . -1.0) – дуга в 180 градусов, сформированная против часовой

(10 1950.0 1250.0 0.0) (42 . -1.0) – дуга в 180 градусов, сформированная против часовой

(97 . 1) – количество имен объектов, определяющих описание контура

(330 . <Имя объекта: 7ef04388>) – имя исходной окружности радиуса 300 мм

Описание контура малой окружности радиуса 150 мм:

(92 . 22)

(72 . 1)

(73 . 1)

(93 . 2)

(10 2350.0 1740.0 0.0) (42 . -1.0)

(10 2650.0 1740.0 0.0) (42 . -1.0)
(97 . 1)

(330 . <Имя объекта: 7ef03cb8>) – имя исходной окружности радиуса 150 мм

Описание общих параметров штриховки:

(75 . 1) (76 . 1) (52 . 1.5708) (41 . 20.0) (77 . 0) (78 . 1) (53 . 2.35619) (43 . 0.0) (44 . 0.0) (45 . -44.9013)
(46 . -44.9013) (79 . 0) (47 . 1.9158)

(98 . 3) (10 2500.0 1500.0 0.0) (10 2500.0 1500.0 0.0) (10 2500.0 1500.0 0.0) – графиче-ские примитивы, которые определяют область штриховки, задаются указанием точек затравки

Рис.6

В соответствии с dxf-описаниями штриховых областей при различных методах их задания был разработан обобщенный алгоритм модификации областей штриховки разрезов и сечений деталей и три вспомогательных алгоритма, обеспечивающих работу основного. Вспомогательные алгоритмы выполняли соответственно задачи вычисления координат точек пересечения некоторых графических примитивов, образующих контура областей штриховки, нахождения коэффициентов изогнутости сегментов и корректировки параметров этих сегментов полилиний, ограничивающих контуры областей штриховки. Подробное описание алгоритмов приведено в диссертации.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты, полученные на основе проведенных в диссертационной работе исследований.

Основные результаты работы

1. Проведен анализ САПР механических изделий, средств и методов оформления в них конструкторских чертежей. Выявлено, что наиболее эффективными являются системы, обеспечивающие создание параметрических моделей деталей. Установлено, что:

- передача описаний спроектированных изделий между различными САПР может быть корректно обеспечена только в формате 2D на уровне dxf-файлов;

- процесс формирования элементов оформления чертежей в существующих параметрических системах не эффективен и требует значительных усилий и временных затрат конструкторов;

2. Разработан метод автоматической корректировки dxf-описаний элементов оформления чертежей деталей, формируемых в САПР, использующих сеточную параметризацию;

3. Исследованы особенности представления и автоматической модификации описаний различного вида элементов оформления (всевозможных линий симметрии, линейных размерных обозначений областей штриховки сечений и разрезов) в dxf-файлах обмена графической информацией и в соответствующих им чертежах;

4. Разработан алгоритм автоматической модификации положения и начертания линейных размерных обозначений в dxf-описаниях чертежей модифицированных деталей;

5. Разработан обобщенный алгоритм автоматического преобразования центровых, ортогональных и наклонных линий симметрии деталей, форма которых изменялась при модификации, а также алгоритма модификации осей симметрии, образованных полилинией;

6. Разработан алгоритм, обеспечивающий автоматическую модификацию описаний областей штриховки разрезов и сечений деталей как при задании границ этих областей путем перечисления графических примитивов, так и указанием произвольных внутренних точек (точек затравки);

7. Разработаны алгоритм, обеспечивающий вычисление координат точек пере-

сечения графических примитивов чертежей, и алгоритм нахождения коэффициентов изгиба сегментов полилиний, ограничивающих контуры изменяющейся области штриховки при ее задании с использованием точек затравки.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Мустафа Ахмед Б. М. Модификация областей штриховки при использовании сеточной параметрической модели чертежей [Текст]/ Алкади Лайс Дж. Г., Лячек Ю.Т. // Известия СПбГЭТУ “ЛЭТИ” №1/2016, с.22-27.

2. Мустафа Ахмед Б. М. Автоматическая корректировка параметров положения и начертания линейных размеров в САПР с сеточной параметризацией чертежей. [Текст]/ Лячек Ю.Т.// Известия СПбГЭТУ “ЛЭТИ” №6/2019, с.22-27.

3. Мустафа Ахмед Б. М. Алгоритм модификации осей симметрии деталей, задаваемых полилиниями [Текст]/ Лячек Ю.Т. // Современная наука: актуальные проблемы науки и практики: Серия «Естественные и технические науки» Москва, № 5, 2019. - С. 82-91..

Публикации в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus:

4. Mustafa Ahmed B. M. Modification of central symmetry lines using parametric grid model of a drawing. [Text] / L. J. Alkadi; Yu. T. Lyachek; A. M. O. Musaeed //2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) Year:2017 Pages: 345 - 347, DOI: 10.1109/SCM.2017.7519776 IEEE Conference Publications.

5. Mustafa Ahmed B. M. Parametric grid model of the drawing. [Text] / L. J. Alkadi; Yu. T. Lyachek; A. M. O. Musaeed //2016 XIX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) Year:2016 Pages: 345 - 347, DOI: 10.1109/SCM.2016.7519776 IEEE Conference Publications.

Другие статьи и материалы конференций

6. Мустафа Ахмед Б. М. Параметрическая модель чертежа и обработка областей сечений и разрезов. [Текст] / Алкади Лайс Дж. Г., Лячек Ю.Т. // III международной заочной научно-практической конференции (Новокузнецк 2015) с 37-42.

7. Мустафа Ахмед Б. М. Алгоритм модификации областей штриховки заданных выбором графических примитивов контуров [Текст] / II Всероссийской студенческой конференции Йошкар-Ола, 21-25 ноября 2016 стр 96-100.

8. Мустафа Ахмед Б. М. Параметрическая адаптивная сеточная модель чертежа. [Текст] / Алкади Лайс Дж. Г., Лячек Ю.Т., Мусаид А. М. О. // XIX Межд. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2016)”, СПб. Изд-во СПбГЭТУ, 2016. , т. 1. С.77-81.

9. Мустафа Ахмед Б. М. Модификация центровых линий симметрии при использовании параметрической сеточной модели чертежа. [Текст] / Алкади Лайс Дж. Г., Лячек Ю.Т., Мусаид А. М. О. // XX Межд. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2017)”, СПб. Изд-во СПбГЭТУ, 2017. , т. 2. С.93-96.

10. Мустафа Ахмед Б. М. Алгоритмическое обеспечение коррекции линейных размерных обозначений при модификации чертежей. [Текст]/ Алкади Лайс Дж. Г., Лячек Ю.Т., Мусаид А. М. О. // XXI Межд. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2018), 23-25 мая. СПб. Изд-во СПбГЭТУ, т. 1, с.681-684.

11. Mustafa Ahmed B. M. Algorithmic Support for the Modification of some Design Elements of the Drawings of Design Details with their Parametric Change [Text] // XIII International Symposium Intelligent Systems 2018 Saint Petersburg, Russia. P 66.