



ИЗДАТЕЛЬСТВО

**МОСКОВСКИЙ
АВИАЦИОННЫЙ
ИНСТИТУТ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**М.Ю. КУПРИКОВ
Ю.В. МАСЛОВ
Г.К. ХОТИНА
Л.Б. НИКИШИНА**

**ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ
В СРЕДЕ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ
SolidWorks**

Москва • 2009

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

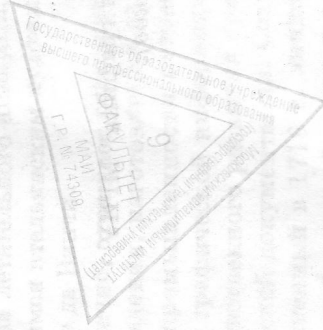
МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(государственный технический университет)

М.Ю. КУПРИКОВ, Ю.В. МАСЛОВ,
Г.К. ХОТИНА, Л.Б. НИКИШИНА

**ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ
В СРЕДЕ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
SolidWorks**

Учебное пособие

Утверждено
на заседании редсовета
14 апреля 2008 г.



Москва
Издательство МАИ-ПРИНТ
2009

Куприков М.Ю., Маслов Ю.В., Хотина Г.К., Нисишина Л.Б.
Твердотельное моделирование деталей в среде геометрического моделирования SolidWorks: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. — 104 с.: ил.

Настоящее учебное пособие может рассматриваться как своеобразный переход от устаревающих методов проекционного черчения с помощью карандаша, линейки и циркуля к современным методам трехмерного моделирования деталей, сборок и чертежей на их основе. На примере учебных заданий по курсу «Инженерная графика» рассматривается весь комплекс действий по созданию электронных моделей в среде геометрического моделирования SolidWorks. Пошаговое представление процесса создания деталей позволяет получить необходимые навыки работы с программой SolidWorks и в кратчайшее время перейти к самостоятельной работе.

Для широкого круга пользователей: школьников, студентов, аспирантов, преподавателей, инженеров-конструкторов, имеющих доступ к программе SolidWorks.

Рецензенты:
кафедра «Интегральная графика» МГИУ
(зав. кафедрой В.Н. Зубков);
А.Б. Аевдьян

ISBN 978-5-7035-2069-7

© Московский авиационный институт
(государственный технический
университет), 2009

ВВЕДЕНИЕ

Изображения — рисунки, эскизы, картинки, планы, карты, схемы, голограммы, виртуальные твердотельные модели, стенографические модели и т.д. — используются для представления и изучения объектов.

Совершенствование способов изображения можно проследить по мере развития общества. Расцвет или упадок культуры отражается в картинах, гравюрах и т.д., но нас будут интересовать те свитки, которые стали предтечей основ современной инженерной графики. Пирамиды в Египте, архитектурные решения Древнего Рима, Вавилона, Александрии, уникальные системы каналов и водопроводов — перечисленный ряд достижений человечества, конечно же, запечатлен графически: на бумаге — в Китае, на пергаменте — в Египте, на выделанной коже — в Риме и т.д. Дошли до наших дней изображения планов городов Киевской Руси (XI—XIII вв.). Сложные старинные инженерные сооружения являются, скорее всего, произведением искусства, в них — свидетельство таланта изобретателей и архитекторов прошлого. Например, на рис. 1 представлен эскиз крыла летательного аппарата, выполненный более 400 лет назад выдающимся итальянским художником, изобретателем, скульптором Леонардо да Винчи.

Эскиз, конечно, отражает основную идею, однако информации для воспроизведения, изготовления явно недостаточно.

Развитие промышленности потребовало совершенствования представления графической информации. И как результат очередного витка общественного развития появились все новые и новые черты графической документации. Сохранился, например, чертеж шлюпа, выполненный в 1719 г. лично Петром I, составленный с соблюдением проекционной связи и с применением наложенных сечений. Отдельные фрагменты чертежей XVI—XVIII вв. (рис. 2) отвечают требованиям инженерной графики, однако правила, заложенные в современных чертежах, сформировались лишь в конце XVIII—XIX веков.

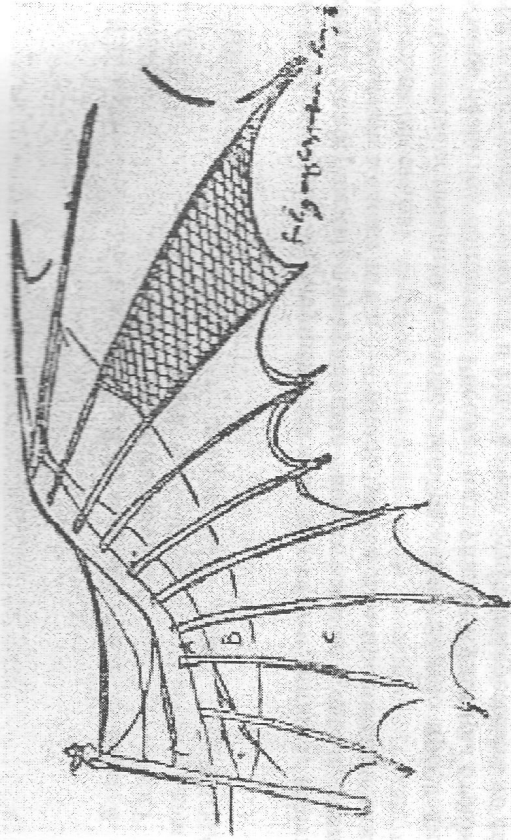


Рис. 1

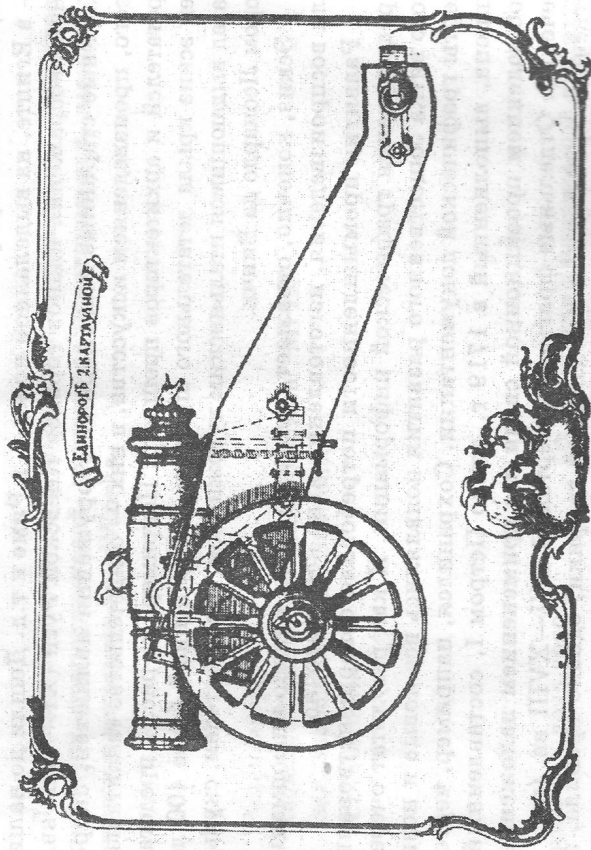


Рис. 2

Развитие в XIX веке машиностроительного производства привело к развитию технической графики. Серийное производство машин потребовало обеспечения взаимозаменяемости деталей; значительно расширился объем информации, которую содержит чертеж; повысились точность и полнота чертежа.

Современный чертеж сформировался и прошел несколько стадий в своем развитии в течение XVIII—XX вв. Характерные признаки чертежа машиностроительных изделий: наличие главного вида изделия и его компоновка в центральной части поля чертежа; проекционная зависимость остальных видов разрезов и сечений от главного вида; однозначная информация о способе, материалах и т.д. производства, сборки, эксплуатации и утилизации изделия.

Научно-технический прогресс XX века внес множество новаций, потребовал разработки прикладных методов формирования графической документации (рис. 3).

Однако основные черты чертежа сохранились на протяжении столетий. Консервативность подходов в инженерной графике характеризует совершенство, достигнутое обществом к концу XX века.

Вторая половина прошлого, XX, века охарактеризовалась появлением электронно-вычислительных машин и развитием нового инструмента черчения — компьютера. Карандашу и рейсфедеру на смену пришли плоттеры, принтеры, клавиатура, световое перо, графический планшет и т.д. Машинная графика ускорила процессы изготовления и размножения чертежей, однако все свои черты чертеж сохранил. “Электронный кульман” стал современным инструментом, который модернизировался и к концу века, пройдя путь от рабочих станций до персональных компьютеров, стал доступен не только инженерам-конструкторам, но и школьникам, и студентам.

Мировой рынок этих систем можно условно разделить на три сегмента:

- системы высшего уровня (CATIA, Unigraphics и т.д.)
- системы среднего уровня (SolidWorks, Solid Edge и т.д.)
- системы нижнего уровня (КРЕДО, AutoCAD и т.д.).

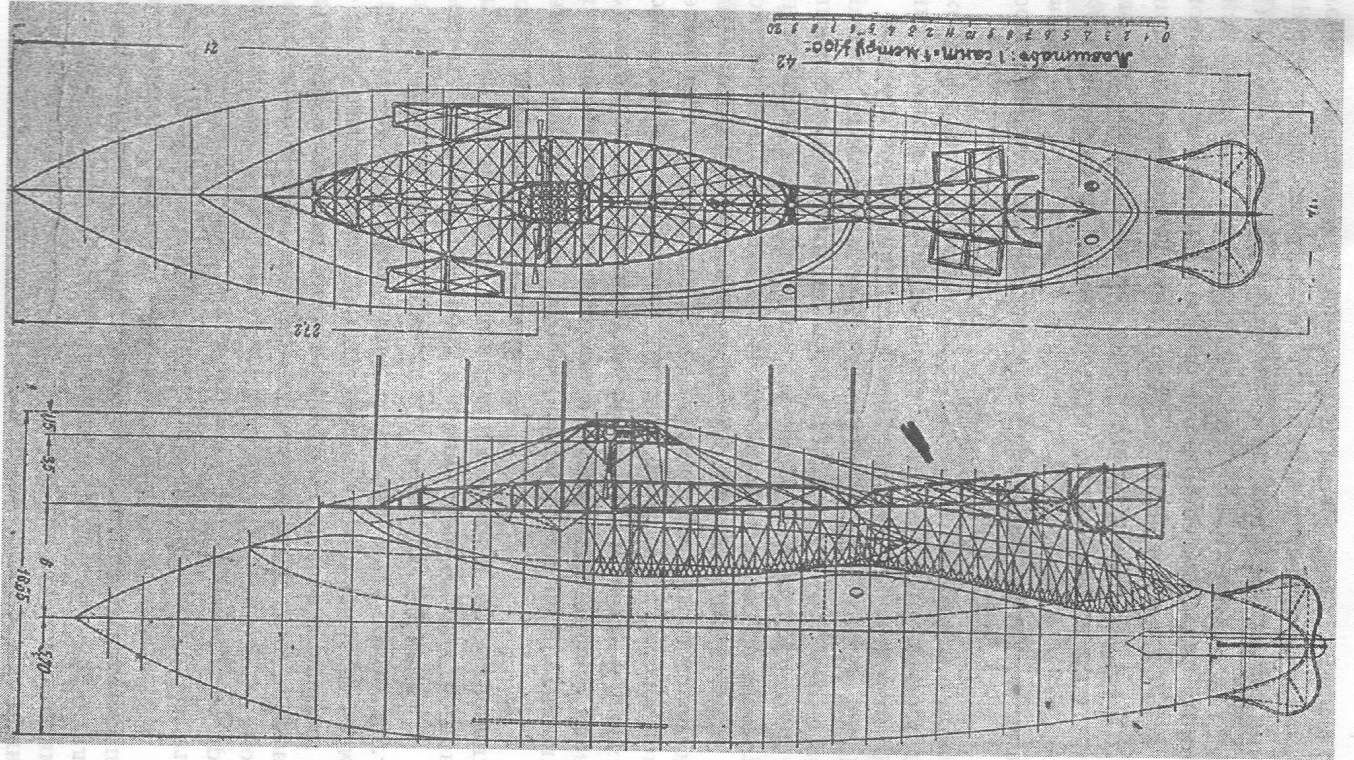
Подобное деление обусловлено функциональностью, стоимостью и, как следствие, распространенностью этих систем.

CAD-системы среднего уровня, как принципиально новый класс программных продуктов, появились в начале 90-х гг. Они охарактеризовались эпохой борьбы Windows и UNIX. Прорыв осу-

щество корпорация PTC, которая создала Pro/Engineer так, чтобы система была относительно независимой от аппаратной платформы, поэтому PTC смогла адаптировать ее под Windows NT уже в 1994 году. Эти системы существенно потеснили как своих более "легких" собратьев, работающих на PTC (AutoCAD-подобные системы), так и более "тяжелые" комплексы, изначально ориентированные на рабочие станции (Unigraphics, CATIA и т.д.). CAD-системы среднего уровня переняли у "тяжелых" систем неплохие возможности твердотельного и поверхностного моделирования, у "легких" — открытость интерфейса и доступную цену. Открытый интерфейс систем среднего уровня стал достоянием для того, чтобы сторонние фирмы-разработчики активно начали создавать собственные прикладные программы (в областях САМ, САЕ, РDM и т.д.), использующие трехмерную геометрию, разработанную в системах среднего уровня. Подобная схема дает конечному пользователю очень гибкое решение его проектных, производственных и других задач.

В настоящий момент рынок САD-систем среднего уровня представлен целым рядом программных продуктов, которые работают на РС в среде Windows, имеют открытый интерфейс и сквозную параметризацию. Основными игроками являются пакеты с геометрическим ядром Parasolid. SolidWorks, разработанный одноименной фирмой, все активнее (особенно в России) претендует на все ниши САD-систем, перекладывая решение практических задач на дополнительные системы и подсистемы от "золотых партнеров". Другой известный пакет — Solid Edge компании Unigraphics Solutions — предлагается в качестве нижнего уровня в комплексе Solid Edge и Unigraphics. К числу систем, которые также поднялись на этот уровень, относятся AutoCAD Mechanical Desktop и T-Flex компании Top Systemes. Их особенность состоит в том, что они сами являются вершиной в развитии "легкого" сегмента САD-систем.

Качественный скачок произошел на рубеже XX и XXI веков, когда появились системы геометрического моделирования с возможностями виртуального твердотельного моделирования. Появившиеся в 80-х годах XX века системы геометрического моделирования выполняли роль "электронных кульманов", которые обусловили качественный скачок в работе с технической документацией. Этот качественный переход компоновочных работ на новый уровень позволяют выполнять современные системы геометрического моделирования (Unigraphics, CATIA, CADDs, SolidWorks).



В последнее время с появлением современных систем твердотельного параметрического моделирования несколько изменился подход к проектированию как таковой. Если ранее инженер работал в двумерном пространстве и вынужден был воплощать свои идеи в плоских чертежах, то теперь у него есть возможность творить в виртуальном трехмерном объеме, не задумываясь над тем, как вычертить ту или иную проекцию детали. То есть проектирование идет не от чертежа к трехмерному облику изделия, а в обратном направлении — от пространственной модели к автоматически генерируемым чертежам, минуя затраты времени на их создание. Такой подход к проектированию удобен еще и тем, что созданная трехмерная геометрия может быть передана в любую расчетную программу для анализа прочностных, аэродинамических или других свойств детали или изделия в целом.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (СГМ) SolidWorks

1.1. Основные определения и среда работы в СГМ

На современном этапе системы геометрического моделирования позволяют конструктору-проектировщику работать в интуитивно понятной среде и при решении большинства инженерных задач не требуют глубоких знаний в смежных областях науки.

Система координат. Построение любой модели происходит в виртуальном пространстве, основой которого является центральная система координат. Для удобства пользователя вводится такое искусственное понятие, как *локальная система координат*. Она позволяет упростить ориентацию в пространстве и облегчить работу с малыми величинами на большом удалении от основной системы координат. Системы геометрического моделирования позволяют использовать практически любые известные системы координат: декартовы, сферические, цилиндрические и др.

Примитивы. Используя математический аппарат современных систем геометрического моделирования, можно построить требуемую геометрию, но прямая работа с математическим описанием объектов достаточно сложна и требует знания ряда дисциплин, в числе которых: математический анализ, начертательная геометрия, программирование; и, конечно, инженер-проектировщик должен обладать инженерными навыками проектирования. Обучение таких специалистов стоит очень дорого. Поэтому, с целью упрощения работы, системы адаптируются таким образом, чтобы построение геометрии производилось в виртуально-понятной для проектировщика форме.

Для этого в системах вводится такое понятие, как *примитив*. Примитив — это элементарный геометрический объект, которым позволяет непосредственно оперировать система. Более сложная геометрия создается в результате операций трансформаций первоначальной

чальных примитивов. К примитивам можно огнести: локальную систему координат, точки, прямые, лучи, разных видов кривые (в том числе NURBS), плоскости, простейшие трехмерные тела. Когда мы хотим создать какой-либо примитив, мы должны указать для системы основные параметры, характерные для данного примитива и его расположения в пространстве.

Операции задания конструкторской обстановки. В подавляющем большинстве случаев для построения требуемой геометрии имеется множество альтернативных вариантов. Выбор наиболее рационального из них в каждом случае зависит от конструктора-проектировщика. Для простейших объектов можно выделить следующие операции задания.

Точки

- вводом координат
 - идентифицированием — явным указанием манипулятором
 - пересечением двух линий и плоскости
 - преобразованием над существующими точками (перенос, зеркальное отражение, вращение).
- #### **Линии**
- соединением двух точек
 - пересечением двух плоскостей
 - вращением точки относительно оси
 - преобразованием над существующими линиями (проецирование на поверхность)
 - функциональное задание.

Поверхности



- набором точек
- набором линий по границам и поперечным сечениям
- движением линии по заданному закону
- функциональное задание
- преобразованием над существующими поверхностями
- путем сглаживания существующих поверхностей
- путем расширения поверхности за свои границы
- путем обрезания существующей поверхности.


Твердые тела

- набором поверхностей
- заданием примитивами — куб, конус, сфера, клин, тор,
- цилиндром
- движением поверхности по заданному закону
- преобразованием над существующими твердыми телами.

1.2. Общие положения проектирования в CGM SolidWorks

В среде SolidWorks создание твердотельной модели начинают с построения эскиза детали в режиме Эскиз, а затем переводят его в режим Элементы для получения объемного изображения. Для создания эскиза и модели существует полный набор геометрических построений и операций редактирования, которые представлены в интерфейсе SolidWorks

Начало работы в CGM SolidWorks. Запуск программы SolidWorks начинается с щелчка мышки на кнопку Пуск на панели задач Windows и выбора Программы в появившемся меню. Далее находится пиктограмма  — SolidWorks, и щелчком мыши она активируется. Если значок  — SolidWorks расположен на рабочем столе, то можно воспользоваться им.

Для создания новой детали нажимаете кнопку  — Создать на панели инструментов Стандартная или в меню Файл выбираете пункт Новый. Появится диалоговое окно Новый документ SolidWorks (рис. 4). В нем выбираете шаблон Деталь. Щелкнув по нему мышкой и нажав кнопку ОК, вы входите в интерфейс.

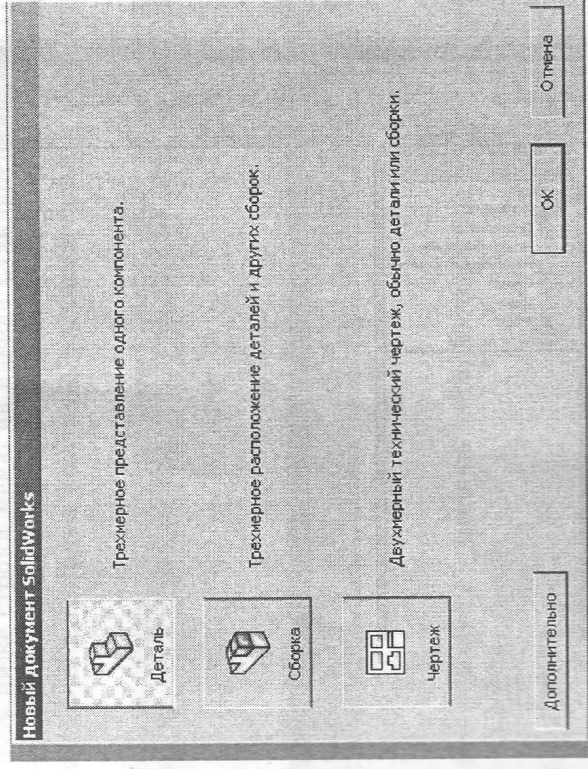


Рис. 4

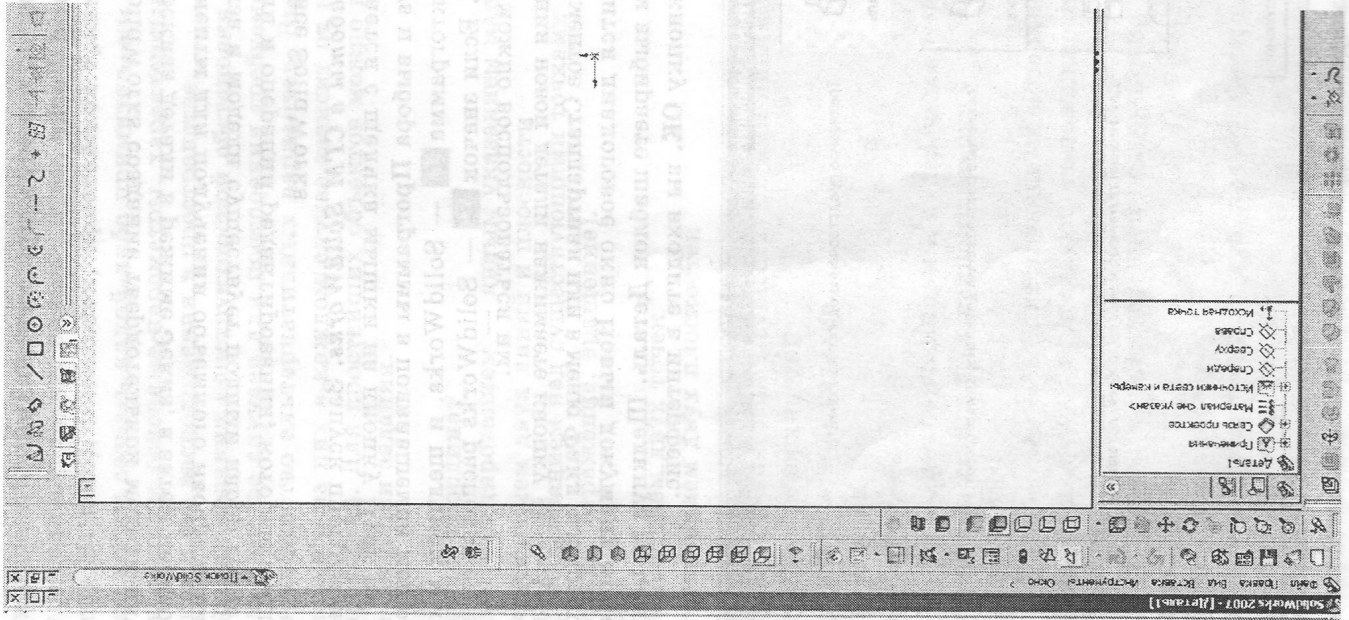


Рис. 6

Интерфейс программы (рис. 5). На экране монитора появилась пользовательский интерфейс SolidWorks.

В верхней части находится строка меню, из которой вызываются команды программы (рис. 6).



Рис. 6

В меню **Файл** вызываются команды — **Создать, Открыть, Закрыть, Сохранить** и др.

Меню **Правка** позволяет **Вырезать, Копировать, Вставить** и Удалять элементы построения, а также **Отменить** введенные команды.

Меню **Вид** объединяет команды, задающие ориентацию модели и вида проектируемой детали или сборки.

Меню **Вставка** предназначено для добавления различных элементов построения.

Меню **?** (**Помощь**) позволяет получить доступ к обширной электронной справочной системе, с помощью которой можно быстро восстановить в памяти позабытые команды.

Чуть ниже строки меню на панели **Стандартная** (рис. 7) можно увидеть значки, которые предназначены для быстрого вызова команд. Они дублируют команды, расположенные в меню (рис. 8).



Рис. 7



Рис. 8

Все кнопки, с помощью которых строятся эскиз, представлены на панели, где:

□ — эскиз

◆ — автоматическое нанесение размеров

- линия
- окружность
- касательная к дуге
- сопряжение дугой
- сплайн
- отобразить/удалить взаимосвязь
- добавить взаимосвязь
- зеркально отобразить
- параллельно перенести
- обрезать

Для создания модели используются команды, представленными на инструментальной панели Элементы (рис. 9).

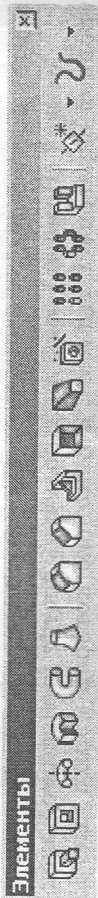


Рис. 9

- элемент
- вытянуть вырез
- вытянуть бобышку
- вращение эскиза относительно оси
- протягивание по криволинейной образующей
- скругление
- фаска
- массив

Рядом с ними расположена панель инструментов Вид (рис. 10), которая позволяет выполнять команды масштабирования, переме-

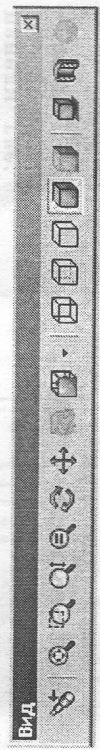


Рис. 10

щения или показывать вид модели. Команды масштабирования, перемещения может также выполнять колесико мышки.

- увеличить
- уменьшить часть вида
- увеличить часть вида
- уменьшить часть вида
- изменить
- вращать
- перемещать
- стандартные виды
- каркас изделия
- модель с невидимыми линиями
- каркас с видимыми линиями
- твердотельная модель с контуром
- твердотельная модель без контура
- тень
- разрез
- кнопка — перпендикуляр

Остальные кнопки отражают виды: спереди, сзади, слева, справа, сверху, снизу, триметрия, диметрия и изометрия (рис. 11).

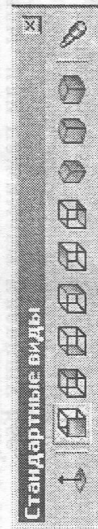


Рис. 11

В зависимости от области работы пользователь может вывести на интерфейс различные инструментальные панели, которые можно настраивать (отключать, перемещать на экран, добавлять новые и т.д.).

По умолчанию, в левой части экрана расположено **Дерево Конструирования**. Оно предназначено для выбора плоскостных построения (**Спереди, Сверху, Справа**) (рис. 12); при необходимости — для настройки источника света, указания материала детали, а также, что самое важное, для отображения всех шагов построений.

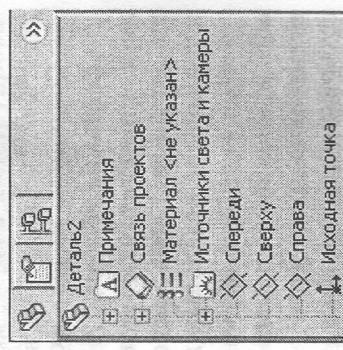


Рис. 12


Принципы построения эскиза. Обычно эскиз строят от руки, без соблюдения точных размеров, поддерживая только конфигурацию детали. Размеры можно задать при дальнейшем построении или их изменить, наложив определенные связи. На любом этапе построения эскиз можно редактировать и изменять.

При использовании инструментов построения в помощь пользователю обычно с левой стороны интерфейса открывается диалоговое окно.

Начало построения эскиза в CGM SolidWorks. Работу с эскизом начинают с его анализа, что помогает выбрать плоскость построения. Затем на Дереве Конструирования выбирают исходную плоскость: **Спереди**, **Сверху** или **Сбоку**, а на панели **Стандартные виды** уточняют стандартный вид и включают режим **Эскиз**. При этом на инструментальной панели эскизного проектирования активируются все кнопки, а на панели **Элементов** только частично.

На выбранной плоскости задают стандартный вид. На поле чертежа автоматически появляется **Исходная точка** — **Начало координат**. Программа готова к построению эскиза. После завершения построения нажимают на знак **OK**, или выключают кнопку команды, или нажимают клавишу **Esc**.

Создание объемной модели детали. При создании твердотельных моделей в программе SolidWorks представлены в основном две формообразующие операции. Это команда добавления и снятия материала. Система позволяет удалять или добавлять контур с различными конечными условиями (на заданную длину или до указанной поверхности и т.д.), а также вращать контур вокруг заданной оси.

Созданную модель можно перевести в чертеж .

Создание сборки. Проектирование сборок в SolidWorks позволяет конструктору создавать узлы и сборки двумя способами: или на основе уже имеющихся деталей, или же переходить от сборки к разработке отдельных деталей.

При создании сборок из имеющихся деталей у конструктора есть возможность определить взаимное расположение деталей относительно друг друга.

Работая со сборкой, можно по мере необходимости создавать новые детали, определяя их размеры и расположение в пространстве относительно других элементов сборки. Наложенные связи

позволяют автоматически перестраивать всю сборку при изменении параметров любой из деталей, входящих в узел.

Сборочные и рабочие чертежи. В CGM SolidWorks существует двунаправленная ассоциативная связь между чертежами и твердыми моделями и сборками, поэтому конструктор может автоматически получить рабочие чертежи из имеющейся сборки. При этом есть возможность показать основные виды, проекции, сечения и разрезы, а также проставить все размеры. Внесение каких-либо изменений на чертежах или в сборках влечет за собой все связанные с этим изменения конструктивных элементов в трехмерной модели. И, наоборот, любое перестраивание модели автоматически приведет к соответствующему изменению двумерных чертежей.

1.3. Возможности работы в CGM SolidWorks

Дерево конструирования. Для упрощения работы с трехмерной моделью на любом этапе проектирования и повышения ее наглядности в SolidWorks используется **Дерево конструирования**. Оно представляет собой своеобразную графическую карту модели, последовательно отражающую все геометрические построения, которые были использованы при создании детали, а также конструктивные оси и вспомогательные плоскости, на которых создавались двумерные эскизы. При работе в режиме сборки **Дерево конструирования** показывает список деталей, входящих в сборку.

Интересной особенностью SolidWorks является возможность редактирования в любой момент одинажды построенного элемента твердотельной модели или узла. При этом **Дерево конструирования** позволяет переопределить порядок построения отдельных конструктивных элементов детали или даже целых деталей, создавать в пределах детали или сборки несколько вариантов конфигураций какого-либо элемента и т.д. Для этого необходимо нижнюю планку на **Дереве конструирования** перенести на тот элемент, который необходимо изменить.

Массивы. В CGM SolidWorks разработаны различные команды, позволяющие намного упростить работу проектирования. Например, применяются такие команды, как создание массивов, т.е. копирование выбранных конструктивных одиночных элементов во линии или по кругу, зеркальное отображение указанных элементов или модели и т.д.

Библиотеки. Если для работы необходимо использовать какие-либо повторяющиеся конструктивные элементы, на помощь приходит способность системы сохранять примитивы в виде библиотек.

В дальнейшем при необходимости будет рассмотрено использование возможностей SolidWorks в каждом конкретном случае.

Привязки. Для упрощения работы в системах геометрического моделирования был разработан ряд мер — привязок, направленных на упрощение позиционирования объектов в пространстве. Привязки позволяют позиционировать (располагать) объект относительно характерных точек существующей геометрии, таких, как начало координат, начало или конец линии, середина линии, центр окружности и т.д.

Взаимосвязи. Наличие степеней свободы в эскизе подразумевает неопределенность поведения геометрии при необходимости изменения элементов и параметров. Поэтому в качестве одного из основных требований выступает необходимость отсутствия степеней свободы, которые устраняются за счет введения взаимосвязей и ограничений в эскизе. В процессе построения эскиза автоматически накладываются взаимосвязи одних элементов с другими, которые могут отражаться на эскизе. В случае необходимости взаимосвязи могут быть наложены дополнительно. Для этого существуют команды **L** — Добавить взаимосвязь или **A** — Удалить/Удалить взаимосвязь.

2. ПОСТРОЕНИЕ ЭСКИЗА ПЛОСКОЙ ФИГУРЫ НА ПРИМЕРЕ КОНТУРА ПРОЕКЦИИ ДЕТАЛИ “РУКОЯТКА КЛЮЧА”

Задание. Построить эскиз контура детали “Рукоятка ключа” (рис. 13).

Анализ модели. Модель является симметричной относительно осевой линии и состоит из двух больших полуокружностей R58, R78, последняя из которых сопряжена с рукояткой радиусом R50. Большие полуокружности соединены касательными с дугой R10, а рукоятка скруглена радиусом R15. На ключе высверлены два отверстия $\varnothing 8$.

Алгоритм построения

2.1. Построение эскиза контура детали.

2.2. Сохранение эскиза.

2.3. Построение объемной модели.

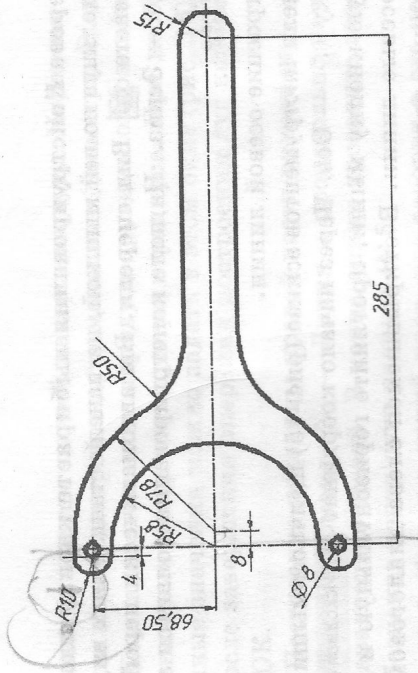


Рис. 13

Запуск программы. Войдите в Программу, щелкните мышкой по **☐**, откройте новый файл **☐**, укажите шаблон **Деталь. ОК**.

2.1. Построение эскиза контура детали

Характерной особенностью данной детали являются две большие дуги и прямоугольник, поэтому построение эскиза рекомендуется начать с построения именно этих элементов, а затем дорабатывать другие. Кроме того, деталь симметрична относительно осевой линии, поэтому достаточно построить только половину эскиза и затем зеркально ее отразить.

Построение половины (черновика) эскиза
(рис. 14)

- Выбор плоскости построения.

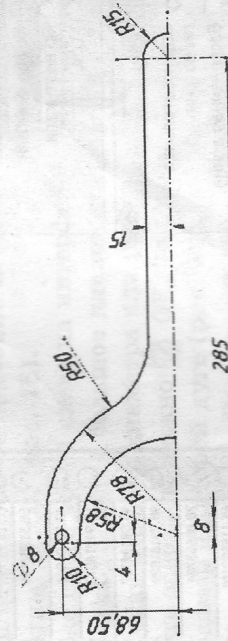


Рис. 14

На **Дереве Конструирования** выбираете кнопку плоскость **Спереди**, щелкнув по ней мышкой, на панели стандартных видов **Устанавливаете Вид спереди**. Вы автоматически перейдете в режим **Эскиз**. На поле конструирования появятся значок **Исходная точка**.

- Построение осевой линии.

На панели инструментов эскиза (рис. 15) щелчком мыши включите кнопку **Ось**. Через начало координат **Исходная точка**, зажав левую кнопку мыши, протяните горизонтальную и вертикальную осевые линии. В открывшемся слева диалоговом окне **Вставить линию** подтвердите окончание операции **ОК**.

- Построение дуг.

Построение эскиза начинайте с построения самой большой дуги. Для этого щелчком мыши включите кнопку **Дуга** и из начала координат, зажав кнопку мыши, вытяните произвольную

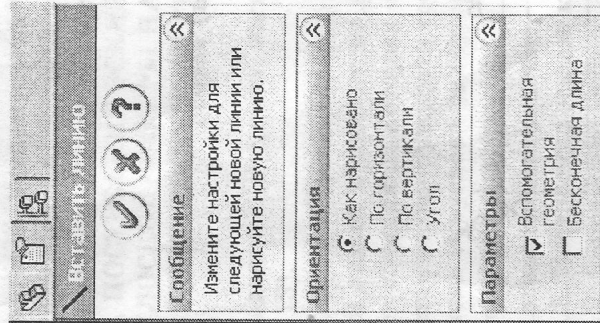


Рис. 15

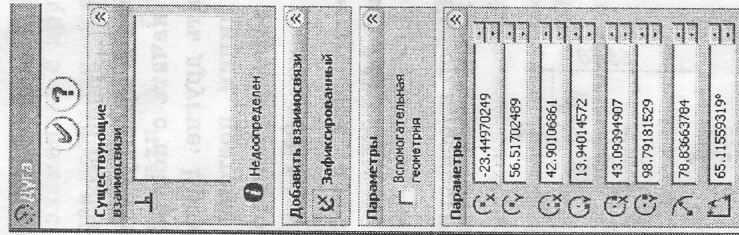


Рис. 16

окружность, а затем по ней начертите дугу. Перенеся центр второй дуги влево, постройте дугу меньшего диаметра. В открывшемся слева диалоговом окне наряду с другими операциями появятся значения координат центра и радиуса. При необходимости их точные значения можно задать в этом окне (рис. 16).

После завершения операции построения дуг нажимаете кнопку **ОК**.

- Построение половины правой части рукоятки.

Войдите в команду **Линия** и произвольно нарисуйте линию параллельно осевой. В конце линии проведите вертикальную ось, обозначив центр дуги радиуса R15.

Эскиз окрашен в синий цвет, что говорит о его неопределенности (рис. 17).

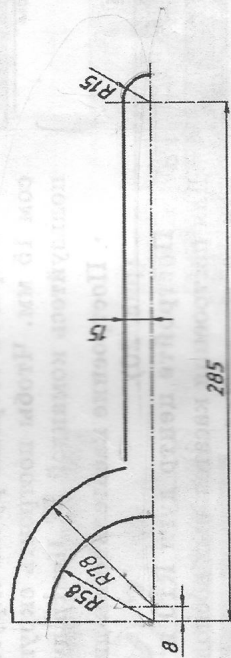


Рис. 17

- Задание размеров.

Так как контур начерчен произвольно, его надо привести в соответствие с заданными размерами.

На панели инструментов эскиза нажмите кнопку **Автоматическое нанесение размеров** и последовательно задавайте размеры всех элементов согласно заданию.

Размер диаметра. Щелкните курсором на дуге. Появится маленькое диалоговое окно **Изменить**, в котором запишите цифровое значение и согласитесь с этим **ОК** (рис. 18).

В то же самое время слева на интерфейсе SolidWorks появится большое диалоговое окно, где укажите знак диаметра или радиуса. Закройте операцию можно **ОК**. Так же задайте размер на второй дуге (рис. 19).

Линейные размеры. Расстояние между центрами окружности (координатный размер) проставляйте, щелкнув курсором меж-

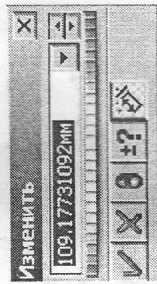


Рис. 18

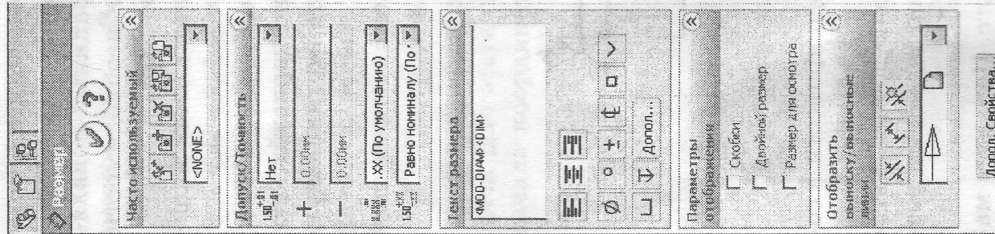


Рис. 19

Повторите то же самое с касательной к ду-гам R58 и R10.

• Операция обрезки.

Настала очередь удалить все ненужные линии и получить законченный контур нашей детали. Войдите в операцию — Обрезка. В появившемся диалоговом окне Отсечение выберите обрезку — Отсечь до ближайшего и, щелкая мышкой по отрезкам, убирайте их. ОК (рис. 22).

ду этими точками. В диалоговом окне проставьте 8 мм. Согласитесь — ОК.

Точно так же задайте расстояние между линией и осевой. Для этого щелкните мышкой на прямой и на осевой. Это расстояние равно 15 мм. Размер 285 мм также является координатным размером и проставляется от начала координат до центра скругления ручки.

Внимание! Если необходимо продлить какую-либо линию, захватите курсором ее конец и переместите на то расстояние, которое вам нужно.

• Скругление ручки.

С правой стороны ручка скруглена радиусом 15 мм. Чтобы построить скругление, воспользуйтесь командой Центр дуги.

• Построение касательной к двум дугам (рис. 20).

Постройте центр дуги R10 и саму дугу. Для построения касательных воспользуемся командой — Добавить взаимосвязь. Начертите произвольно касательную линию к дуге R10 и R78. Войдите в команду , щелкнув по значку мышкой, при этом в левой части экрана откроется диалоговое окно Добавить взаимосвязи. Активируйте дугу R78 (Дуга 3) и прямую (Линия 1). В диалоговом окне Добавить взаимосвязь укажите требуемую взаимосвязь — Касательный. Затем также активируйте дугу R10 и прямую, в диалоговом окне укажите взаимосвязь — Касательный. Завершите работу. ОК (рис. 21).

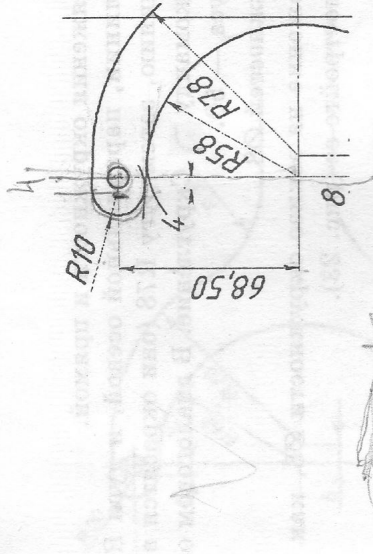


Рис. 20

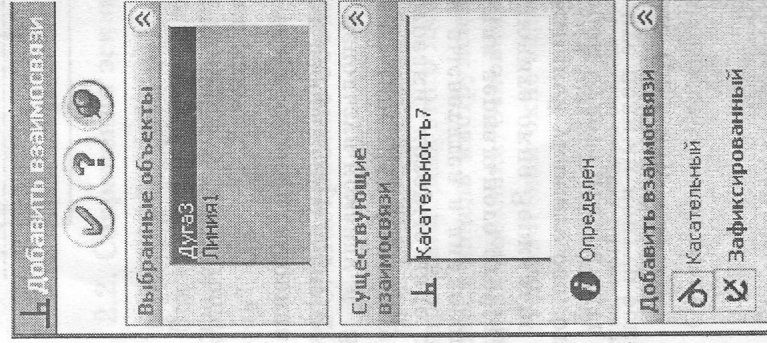


Рис. 21

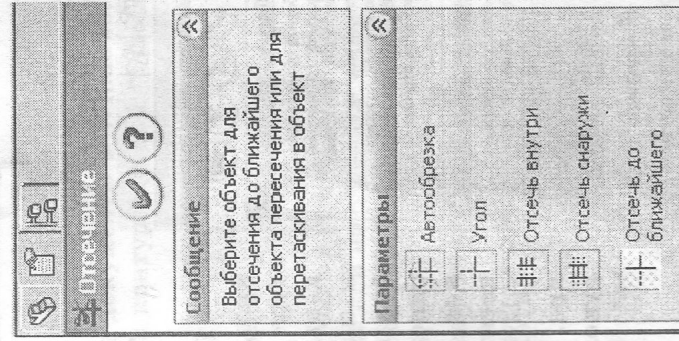


Рис. 22

- Построение сопряжения окружности и прямой.

Для сопряжения линии, параллельной осевой, и дуги R78, и дуги R78, сначала активируйте линию, затем дугу R78 (они окрасятся в зеленый цвет) и задайте команду **Скругление**. В диалоговом окне задайте значение радиуса — 50.

- Построение окружностей Ø8.

Задайте местоположение на эскизе окружности Ø8, как это указано на чертеже и постройте ее (рис. 23).

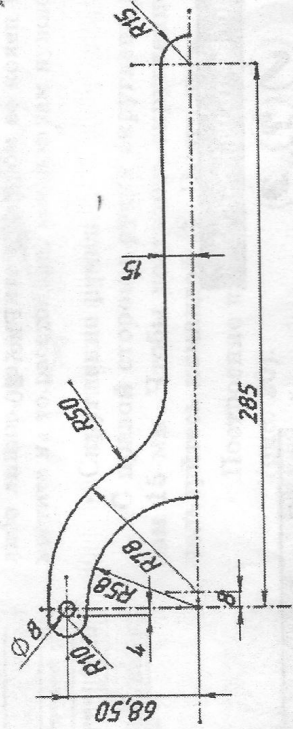


Рис. 23

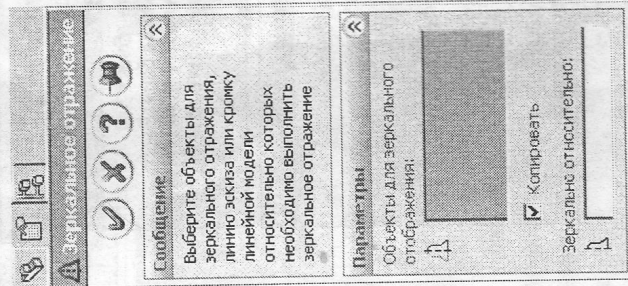


Рис. 24

- Построение полного контура эскиза "Рукоятка ключа".

После того как построена половина эскиза, перейдите к изображению полного контура рукоятки, используя команду **Зеркально отобразить** (рис. 24). Активируйте мышкой все отрезки, которые надо отобразить, и они выветятся в диалоговом окне **Объекты для зеркального отображения**. Затем включите окно **Зеркально отобразить** и мышкой укажите ось, относительно которой будете отображать эскиз. Вы получите полный контур эскиза рукоятки. **ОК** (рис. 25).

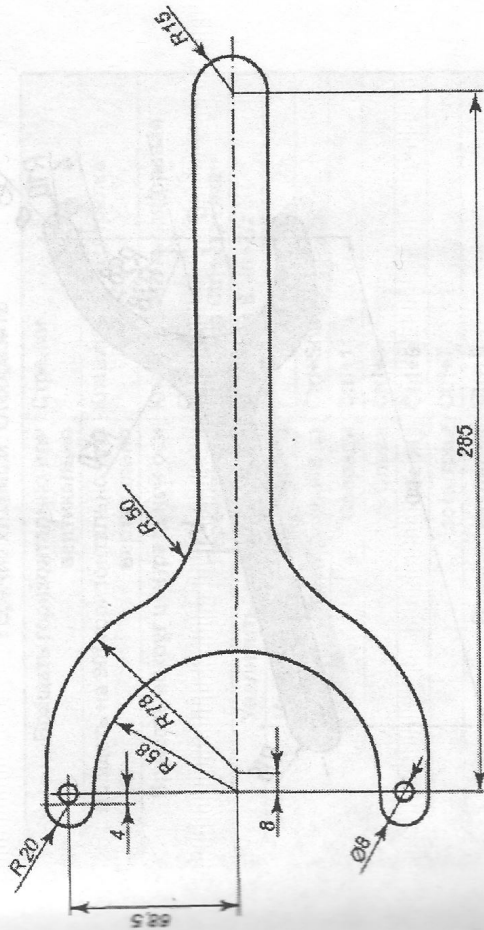


Рис. 25

2.2. Сохранение эскиза

Эскиз сохраняют так же, как все документы в Windows. Открывают файл, Сохранить как "Эскиз контура детали "Рукоятка ключа". ОК.

2.3. Построение объемной модели

Построив эскиз детали, можно перейти в режим объемного моделирования. Для этого щелкните мышкой по — Элементу, откроется панель инструментов элементов детали. Выберите **Вытянуть бобышка/Основание** (рис. 26, 27).

В диалоговом окне задайте толщине детали — 5 мм.

Внимание! Объемное изображение модели появляется только в том случае, когда контур эскиза будет замкнут.

Сервисные возможности Solid Works

Все параметры, необходимые для создания эскиза, настроены в автоматическом режиме. Если нужно изменить какой-либо параметр линии, например, толщину линии (тип или ее цвет), то в СГМ

Горячие клавиши: Отобразить

Вращать горизонтально или вертикально	Стрелки
Вращать на 90° горизонтально или вертикально	Клавиша Shift+стрелка
Вращать вокруг центральной оси	Клавиша Alt+левая/правая стрелка
Перемещать	Клавиша Ctrl+стрелка
Увеличить/уменьшить вид	Клавиши Shift+Z/z
Изменить в размер экрана	F
Предыдущий вид	Ctrl+Shift+Z
Спереди	Ctrl+1
Слева	Ctrl+3
Сверху	Ctrl+5
Изометрия	Ctrl+7
Перпендикулярно	Ctrl+8
Диалоговое окно Ориентация	Пробел

Рис. 28

Задания для самостоятельной работы представлены в приложении 1.

3. ПОСТРОЕНИЕ ТЕЛ МЕТОДОМ ВРАЩЕНИЯ

Задание. Создать по заданным проекциям твердотельную модель детали методом вращения и построить на ней сечение.

Анализ модели. Данная деталь состоит из нескольких поверхностей вращения: сферы, цилиндра, конуса и шестигранной призмы (рис. 29).

Алгоритм построения

- В.1. Построение твердотельной модели.
- В.2. Создание шестигранной призмы.
- В.3. Построение сечений.
- В.4. Сохранение модели.
- В.5. Построение чертежа.

Вопрос к ГМ SolidWorks. Войдите в программу Solid Works и выберите — Новый документ, задайте — Деталь. ОК.

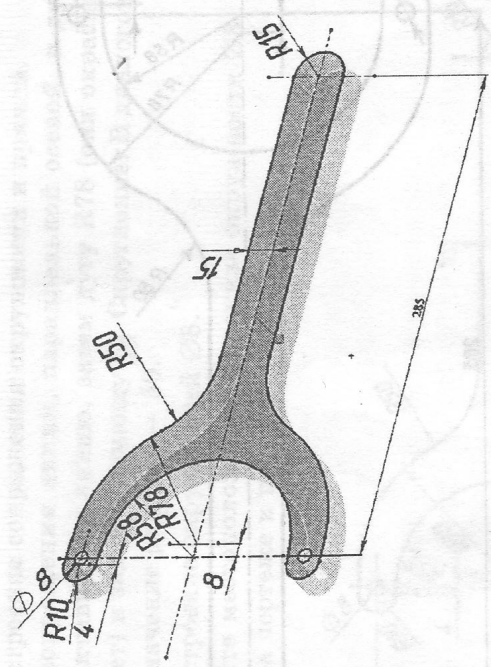


Рис. 26

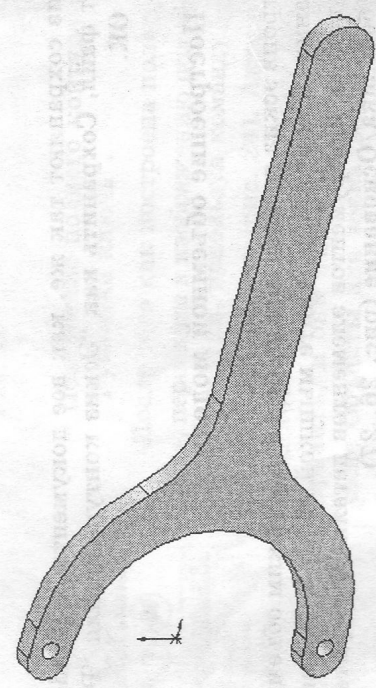


Рис. 27

SolidWorks это можно сделать следующим образом: щелкните мышкой по серому полю интерфейса, и появится выпадающее меню. В нем найдите строку **Формат линий**. Активируйте линии и в командной панели укажите требуемую толщину линий.

В СГМ SolidWorks построение эскизов и моделей можно осуществлять, используя не только команды на панелях, но и клавиши (рис. 28).

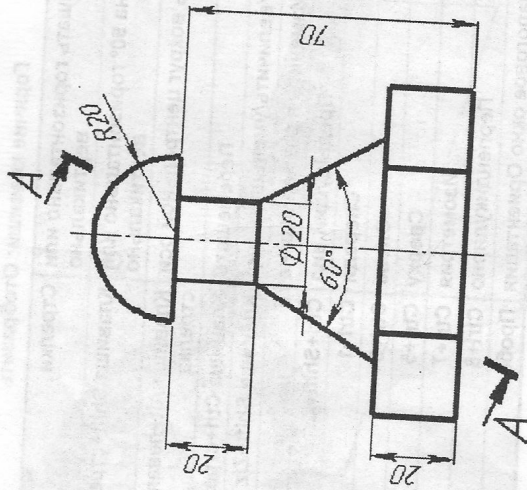


Рис. 29

3.1. Построение твердотельной модели

Как было указано ранее, построение модели состоит из начертания эскиза, состоящего из одного или нескольких элементов, а затем создания его в объеме. Рассматриваемая нами модель симметрична относительно оси. Воспользовавшись этим, построим половину эскиза, симметричную относительно оси. Объемную модель детали получим методом **Вращения**, а шестигранник — **Вытягиванием выреза** в форме шестигольника из цилиндра.

Создание эскиза осесимметричных элементов детали

- Выбор плоскости построения.
- На Дереве Конструирования выберите плоскость построения эскиза — Спереди, на панели стандартных видов откройте Вид спереди.

Вы автоматически перейдете в режим — Эскиз.

Построение оси.

Эскиз тел вращения начните с построения осевой линии. На панели инструментов эскиза выберите команду — Осевая линия, и на поле чертежа, через начало координат, протяните вертикальную ось. ОК.

- Построение замкнутого контура осе симметричных поверхностей: сферы, конуса, цилиндра.

Построение контура начинайте с построения дуги, а затем прямых линий. Особой точности добиваться не следует. Эскиз, как уже говорилось, должен иметь пока приблизительные форму и размеры (рис. 30).

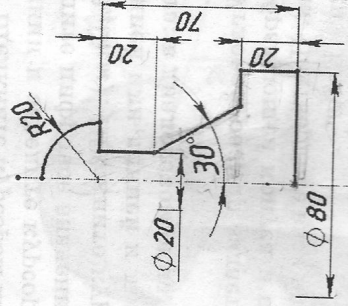


Рис. 30

Включите команду — Линия и последовательно проведите все линии контура. Начертание контура целесообразно начинать от точки начала координат — от оси до образующей цилиндра, затем!

- очерковую образующую цилиндра (параллельно оси),
- линию верхнего основания будущего шестигранника,

- очерковую образующую конуса (под углом к оси),
- очерковую образующую цилиндра (параллельно оси),
- из конца образующей цилиндра чертите линию основания полушеры (перпендикулярно оси).

Включайте команду — Дуга из центра и от осевой линии, зажав левую кнопку мыши, чертите дугу. ОК.

Если команда построения отрезков все еще активна, переместите по оси курсор от дуги полушеры к начальной точке эскиза, при этом около курсора должны появиться концентрические окружности, что указывает на получение замкнутого контура. ОК.

На произвольно начерченном контуре проставьте размеры, как указано в задании.

Для этого на панели инструментов эскиза нажмите кнопку и последовательно задавайте размеры.

Простановку размеров рекомендуем начинать с задания диаметров и радиусов, а затем — линейных размеров.

Размер дуги. Подведите курсор к дуге и дважды щелкните на ней. В появившемся диалоговом окне проставьте заданный размер.

Размер диаметра. Щелкните курсором на образующей цилиндра, а затем на осевой линии и заведите курсор за осевую линию. В диалоговом окне запишите цифровое значение.

Размер высоты (длины). Щелкните курсором между точкой и точкой, точкой и линией или линией и линией — получите линейный размер элемента; в диалоговом окне, как и раньше, задайте цифровые значения.

Угловой размер. Угловой размер задается, как и линейный, щелчком курсора на образующей конуса и осевой с простановкой числового значения угла. Подтвердите ввод нажатием кнопки ОК или нажатием клавиши <Enter>.

Полностью определенный эскиз окрашивается в черный цвет.

Создание объемной модели

Будем считать эскиз полностью готовым к дальнейшему моделированию. Щелкните по значку Выход из эскиза или по крестик в правом верхнем углу рабочего поля.

Чтобы активировать на панели наборы команд, необходимые для работы с конструктивными элементами деталей, нажмите кноп-

— Элементы и воспользуйтесь командой Повернуть башка/основание (рис. 31).

Открывается диалоговое окно Повернуть. В нем укажите Параметры элемента — повернуть: тип поворота — в одном направлении и угол поворота в данном случае — 360°. ОК (рис. 32).

Внимание! Объемная модель не может быть построена, если контур разомкнут. В таком случае программа сообщает об этом и предлагает автоматически устранить разрыв, или же вы сами находите и устраняете его.

Теперь построенную модель вы можете рассмотреть с разных сторон, воспользовавшись разными кнопками на панели.

1 способ. Кнопками масштабирования и перемещения, на панели Вид .

2 способ. На стандартной панели кнопкой — Вращать вид. На экране появится указатель мыши в виде орбитального кольца.

Рис. 31

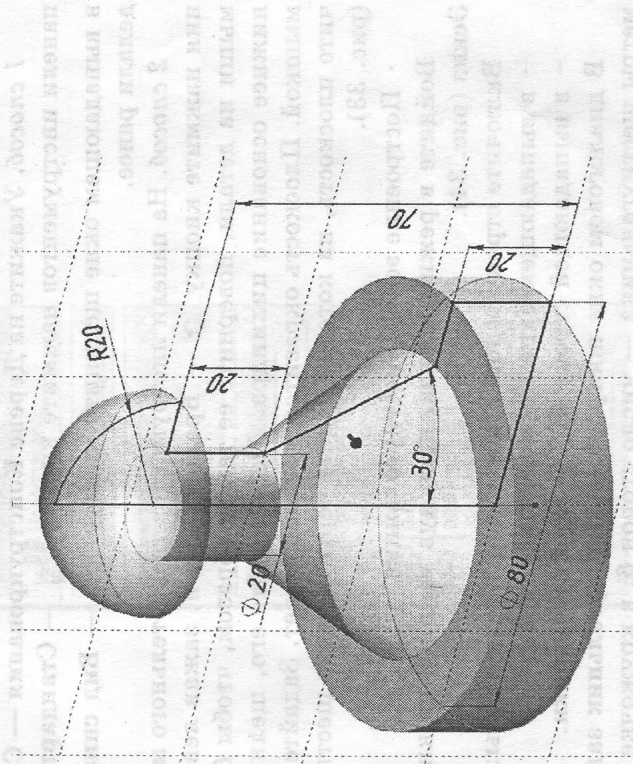
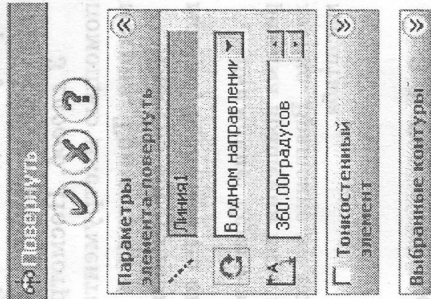



Рис. 32

Нажмите мышкой на модели и, не отпуская ее, перемещайте по экрану. Модель поворачивается в соответствии с движением курсора. Рассмотрите ее со всех сторон.





3 способ. Посмотреть модель с разных сторон можно также с помощью инструментальной панели  — **Стандартный вид: Изометрия, Триметрия и Диметрия**.


Быстро восстановить на экране исходный изометрический вид можно, щелкнув по значкам **Стандартные виды, Изометрия**.


Внимание! Если у вас есть мышь с колесиком, то быстрое включение режима вращения вида можно осуществить простым нажатием на это колесико. Вращение же колесика приводит к увеличению или уменьшению масштаба.

3.2. Создание шестигранной призмы

Создание эскиза шестигульника — основания призмы

- Выбор плоскости построения.
- 1 способ.** Укажите на Дереве Конструирования — **Сверху**, а на панели инструментов нажмите кнопку  — **Стандартные виды**, в выпадающем окне щелкните кнопку  — **Вид снизу**, как это сделали ранее.
- 2 способ.** На панели инструментов твердотельного моделирования нажмите кнопку  — **Вращать вид** и, зажав левую кнопку мыши на детали, поверните ее таким образом, чтобы было видно нижнее основание цилиндра. Активируйте его, щелкнув на ней мышкой. Плоскость окрасится в зеленый цвет. Задайте  и получите плоскость, на которой будете чертить эскиз шестигульника (рис. 33).

- Построение эскиза шестигульника.
- Войдите в режим эскиза, щелкнув мышкой по кнопке  — **Эскиз** (рис. 34).

Включите строку основного меню — **Инструменты**:
 — в выпадающем окне — **Объекты эскиза**,
 — в выпадающей строке  — **Многоугольники**.

В диалоговом окне построения Многоугольник задайте параметры шестигульника — число сторон 6, в кружочке — **Описанная окружность** — поставьте точку.

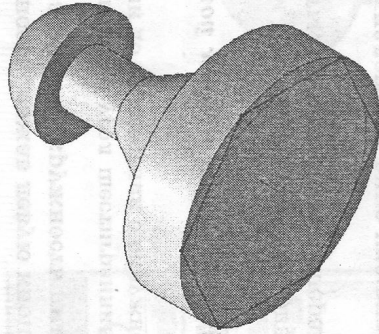


Рис. 33

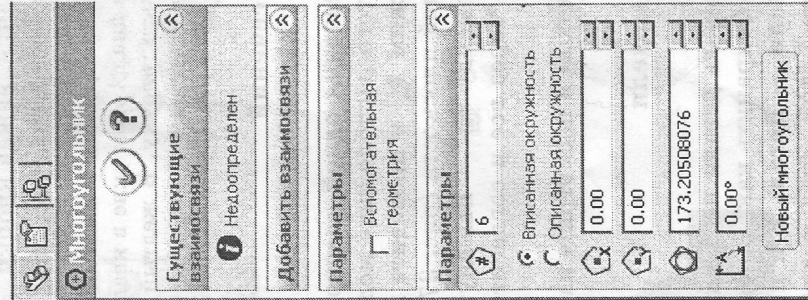




Рис. 34

Из центра окружности, зажав левую кнопку мыши, начертите шестиугольник, вписанный в окружность цилиндра.  **OK**.


Внимание! Рекомендуется угол шестигранника вытягивать по горизонтальной осевой линии до пересечения с окружностью.

Создание объемной модели шестигранника

Войдите в режим объемного моделирования, нажав в меню кнопку  — Элементы, и укажите тип операции и — **Вытянутый вырез** (рис. 35).


В появившемся диалоговом окне укажите:



От — Плоскость для эскиза;

Направление 1 — На заданное расстояние — 20 мм или **Через все**. Выполните вырезание, нажав кнопку  **OK**. Модель полностью построена (рис. 36).

Внимание! Если при построении в желтый цвет окрасится внутренний шестигульник, то в диалоговом окне в квадрате **«Переставить сторону для выреза»** поставьте галочку. В желтый цвет окрасятся те части цилиндра, которые будут удалены.


3.3. Построение сечений

Для построения сечения одной плоскостью выберите самый простой метод. Для этого расположите модель на плоскости **Вид спереди**, войдите в режим  и проведите наклонную линию, обозначающую след секущей плоскости (рис. 37, 38).

Далее вызовите команду  — **Вытянутый вырез**, в диалоговом окне выберите — **Через все** и согласитесь с данными построениями.  **OK**.

Воспользуйтесь значком и посмотрите на модель со всех сторон.

3.4. Сохранение модели

Если созданную модель детали необходимо сохранить, то выберите команду **Файл, Сохранить как**. В появившемся диалоговом окне задайте имя детали — **Деталь Е** и нажмите **Сохранить**. В дальнейшем при работе с этой деталью любые изменения можно сохранять, просто нажав кнопку  — **Сохранить**. Если возникнет

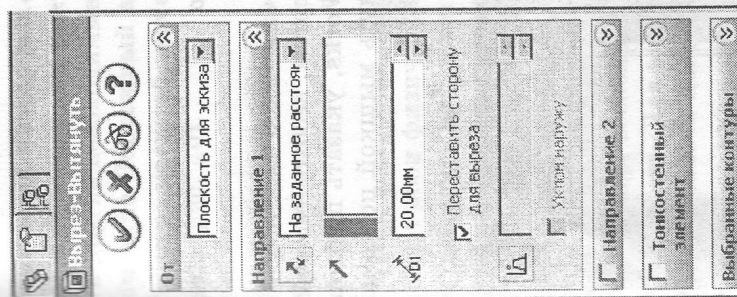


Рис. 35

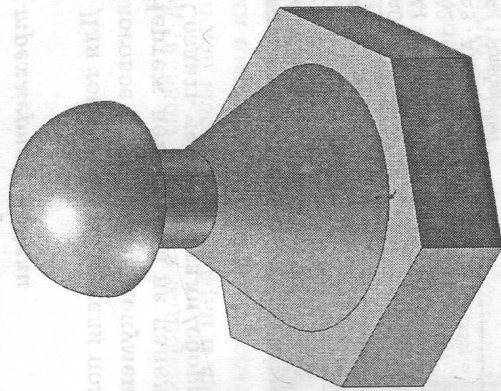


Рис. 36

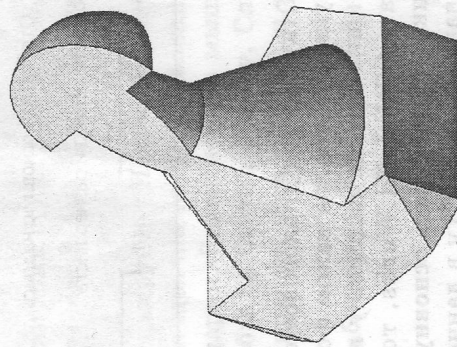


Рис. 38

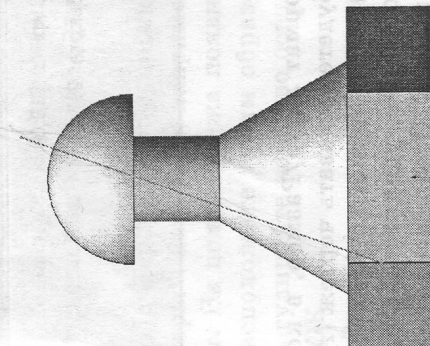




Рис. 37

необходимость сохранить эскиз или деталь под другим именем, выберите команду **Файл, Сохранить** как и по-новому назовите деталь.

3.5. Построение чертежа

Выполнение чертежа детали по его трехмерной модели

Для того чтобы из модели получить чертеж, необходимо войти в диалоговое окно **Новый документ SolidWorks**, указать шаблон  — Чертеж детали или на панели щелкнуть мышкой по команде  Создать чертеж детали/сборки (рис. 39).

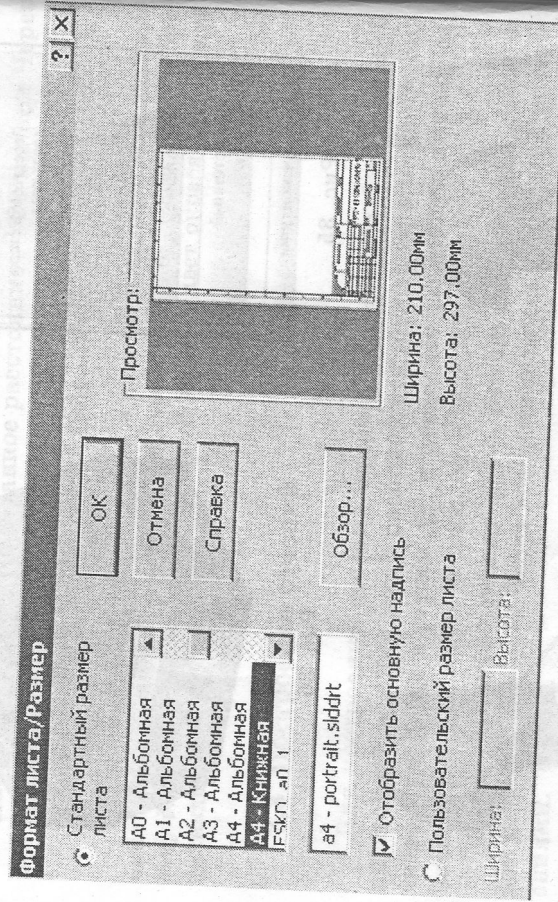









Рис. 39



Открывается диалоговое окно **Формат листа/Размер**, в котором указывается, на каком формате будете создавать чертеж (A4). Так как основная надпись у нас отличается от той, которая заложена в CGM Solid Works, то выключите ее, удалив галочку в окошке — **Отобразить основную надпись**. **OK**. Изображение основной надписи по ГОСТу в данном пособии не рассматривается.


После выбора формата на поле чертежа с правой стороны откроется окно с разными чертежными видами модели. Выберите **Главный вид** и другие необходимые виды и перетащите их в центр. В диалоговом окне **Чертежный вид 1** укажите необходимые параметры, например, масштаб, качество изображения и другие. Сохраните чертеж (рис. 40).

Сервисные возможности SolidWorks

Цвет, освещение, тень. Окружающие нас тела, модели, детали имеют свои физические свойства и параметры. Чтобы подчеркнуть (выделить их), можно воспользоваться определенными кнопками. Так, например, открыв кнопку , можно окрасить в любой цвет грань, поверхность или всю деталь; нажав кнопку , показать тень от детали; кнопка  позволит представить модель или деталь в каркасном виде.

Например, воспользуемся кнопкой  и выделим цветом секую плоскость. Для этого на основной панели откройте кнопку  — **Редактировать цвет**. Появится диалоговое окно **Цвет и оптика**. В окне **Выбор** укажите поверхность. Затем активируйте щелчком мыши секую поверхность на модели, а в окне  щелкните курсором по тому оттенку цвета, который хотите использовать.  **OK** (рис. 41).

Освещение. На Дереве конструирования существуют команды для освещения моделей  Источники света и камеры, материал  Материал 1 т.д.

На Дереве конструирования активируйте **Источник света и камеры**. Выберите, например, двумя щелчками **Направленный свет**. На поле чертежа появится фонарик. Захватите его мышкой и расположите таким образом, чтобы он светил **Сверху, Слева**. Отрегулируйте качество освещения (яркость, зеркальность и т.д.)  **OK**.

Задания для самостоятельной работы представлены в приложении 2.

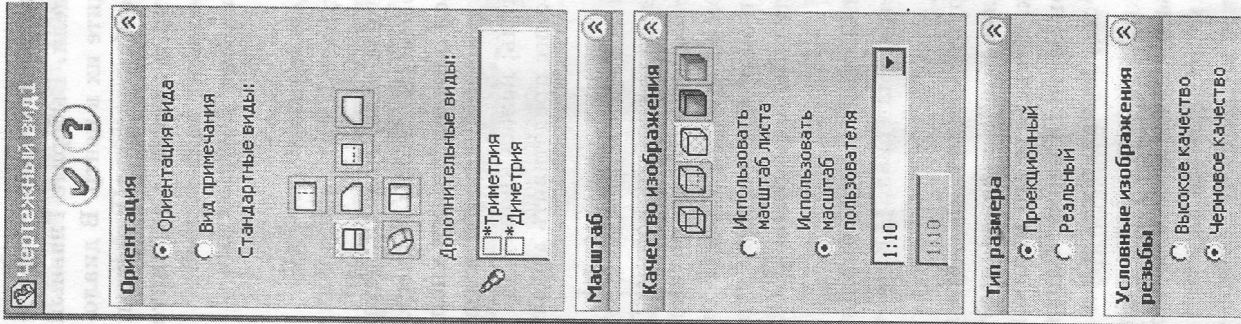


Рис. 40

4. ПОСТРОЕНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ И МНОГОГРАННИКОВ МЕТОДОМ ВЫТЯГИВАНИЯ

Задание. Построить по заданным проекциям твердотельную модель детали и показать ее сечения фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостями.

Анализ модели. Данная модель детали состоит из шестигранной усеченной пирамиды и нескольких поверхностей вращения: сферы, цилиндра, конуса.

Модели цилиндров, конусов, многогранников можно строить, наращивая их методом вытягивания, а сферы — методом вращения. В данном случае построение модели начнем с создания эскиза шестигранной усеченной пирамиды.

Алгоритм построения

4.1. Построение шестигранной усеченной детали пирамид (рис. 42).

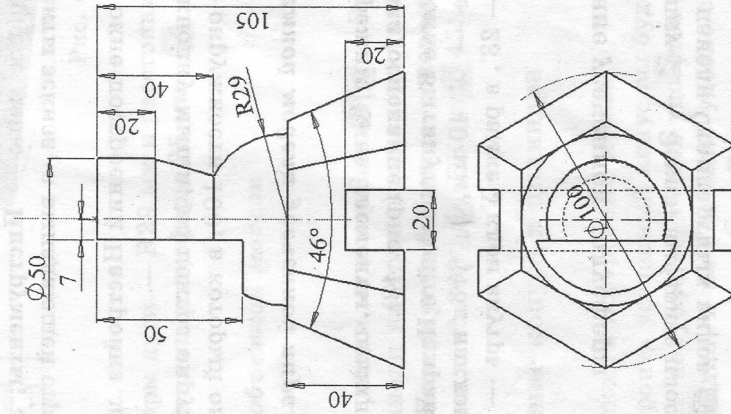


Рис. 42

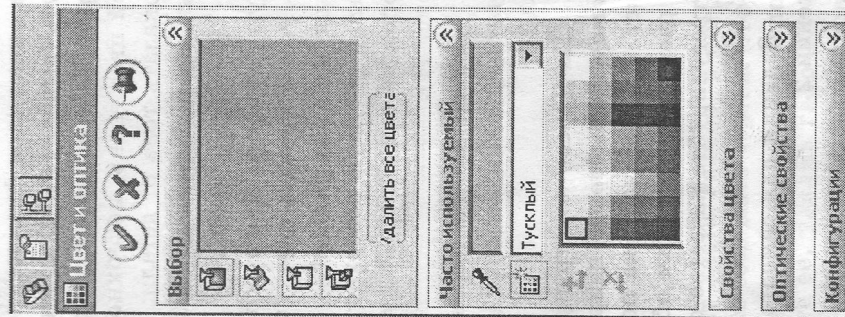


Рис. 41

4.2. Построение усеченной полусферы .

4.3. Построение конуса и цилиндра.

4.4. Построение выреза и паза.

Запуск *SGM SolidWorks*. Войдите в среду *SolidWorks* и откройте — Новый документ, задайте Деталь. ОК.

4.1. Построение шестигранной усеченной пирамиды

Построение эскиза шестигранной усеченной пирамиды

Указав на Дереве конструирования Вид сверху и на панели инструментов — Вид сверху, перейдите в режим Эскиз и начните строить многоугольник.

Войдите в основное меню — Инструменты, затем в выпадающем меню — Объекты эскиза, в выпадающей строке — Многоугольники.

В диалоговом окне построений Настройка задайте число сторон — 6.

Зажав левую кнопку мыши, из центра окружности вытяните шестиугольник до окружности 100, в который он вписан.

Создание объемной модели усеченной пирамиды

Переходите в режим — Элементы, щелкните кнопку Вытянутая бобышка/основание (рис. 43).

В диалоговом окне Вытянуть задайте Направление 1 — На заданное расстояние — 40 мм, угол наклона ребер и граней относительно оси — 23°, в рамке Уклон внутрь — галочку (внутрь). ОК (рис. 44).

4.2. Построение усеченной полусферы

Нажав на кнопку — Эскиз, выберите плоскость построения (Вид спереди), на панели Стандартных видов , — Перпендикуляр.

Начертите замкнутый контур усеченной полусферы.

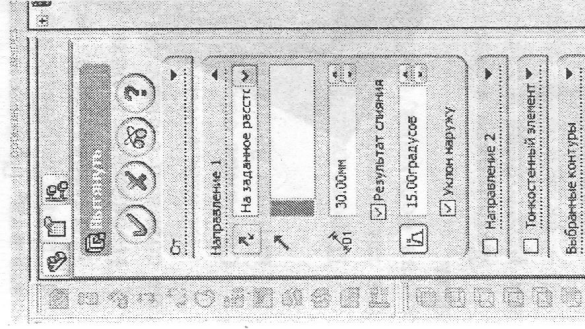


Рис. 43

Задайте размеры дуги — R29 мм и расстояния между верхним и нижним основаниями полусферы 25 мм. ОК.

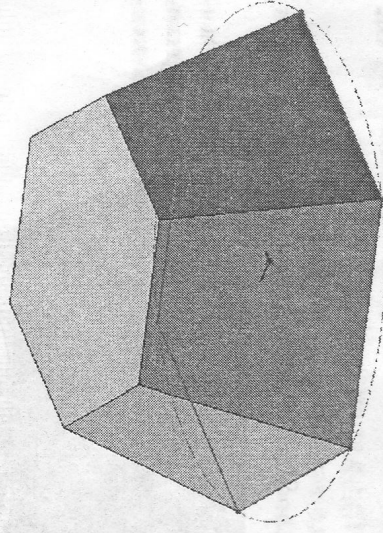


Рис. 44

Построение объемной модели полусферы

Переходите в режим моделирования — Элементы, щелкните мышкой на панели инструментов твердотельного моделирования кнопку Повернутая бобышка/основание. Задайте — В одном направлении и на 360°. ОК (рис. 45).

4.3. Построение конуса и цилиндра

• Выбор плоскости построения эскиза

Поскольку строить усеченный конус вы будете на верхнем основании усеченной полусферы, то для удобства разверните ее так, чтобы она была видна, и на ней было удобно построить конус. Это можно сделать, воспользовавшись Деревом построения, Стандартным видом и Перпендикуляром, а можно командой — Бра-

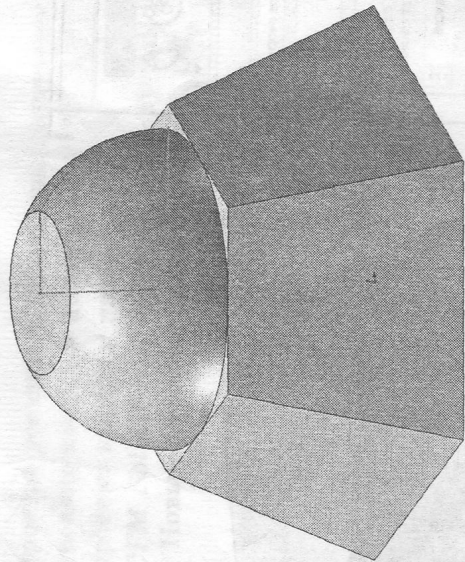


Рис. 45

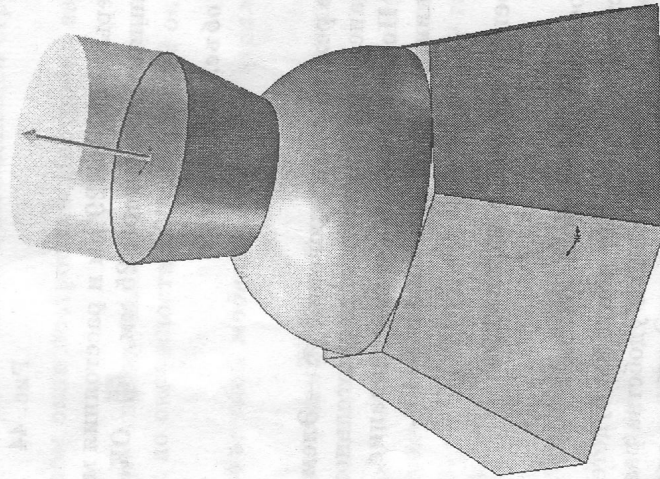






Рис. 46

щать вид. При этом активируйте плоскость, щелкнув по ней мышью, и она окрасится в зеленый цвет.

- Построение окружности. Перейдите в режим Эскиз, начертите окружность так, чтобы она совпала с окружностью верхнего основания сферы.

Создание объемной модели конуса детали

Переходите в режим  — Элементы и на панели инструментов твердотельного моделирования щелкните кнопку  — Вытянутая бобышка/основание. Открывается диалоговое окно Вытянуть.



- Установите в окне построения Направление 1 —  На заданное расстояние и задайте его величину — 30 мм;
- укажите  угол — 15°; Уклон наружу.
- поставьте галочку в квадратике — Уклон наружу. ОК. (рис. 46)


Построение цилиндра проводите, как и построение конуса, но задавайте угол наклона.

Внимание! Здесь можно воспользоваться другим способом вытягивания элемента — переместить мышью в область построения и захватить появившуюся там стрелку направления выдавливания. Перемещая мышью вы будете вытягивать цилиндр в нужное направление. В диалоговом окне отразится длина перемещения.

4.4. Построение выреза и паза

Построение эскиза верхнего выреза

После того как вы создали модель, постройте на ней вырез и паз. Для этого выберите плоскость построения эскиза (Вид спереди, а затем щелкните на значках  — Стандартный вид,  — Перпендикуляр) и войдите в эскиз.

На панели инструментов эскиза выделите команду  — Прямоугольник и постройте его, так как показано на рисунке. Задайте его размеры относительно оси и верхнего основания (рис. 47).

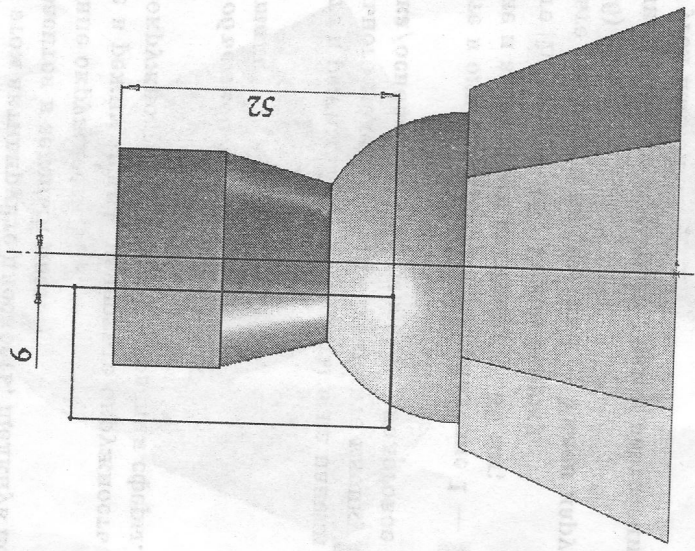





Рис. 47

Создание объемной модели верхнего выреза

Сквозные вырезы и пазы в объемной модели обычно строятся с помощью команды  — Вытянутый вырез. Воспользовавшись этой командой, удалите материал выреза (рис. 48).

Построение эскиза нижнего паза

Нижний паз модели симметричен относительно оси детали. Для его построения воспользуемся командой  Зеркально отобразить, предварительно построив только половину эскиза паза. I

Выберите, как всегда, плоскость построения эскиза, войдите в режим работы , постройте ось и половину (до оси) контура паза, задайте размеры (рис. 49).

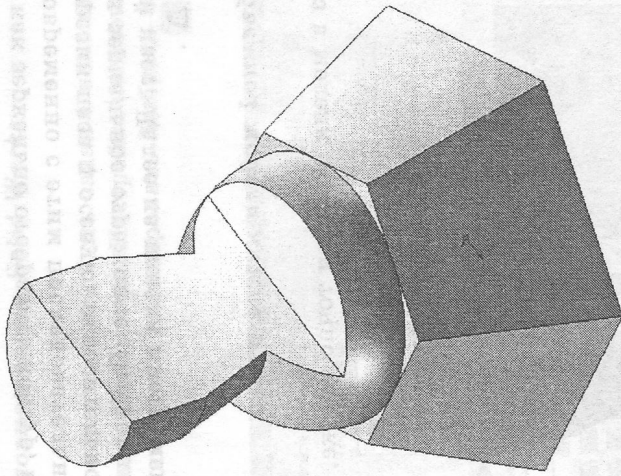


Рис. 48

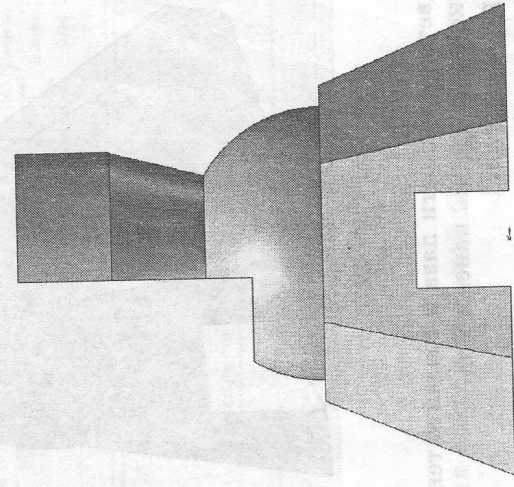


Рис. 49

Перед тем, как зеркально отобразить контур, нажмите клавишу **Ctrl** и одновременно с этим последовательно активируйте мышкой все отрезки паза и осевую, относительно которой будет осуществляться зеркальное отражение. Выбранные линии окажутся в зеленый цвет. Далее на панели инструментов эскиза нажмите кнопку **A**.

Создание объемной модели нижнего паза

Нижний паз в модели строится точно так же, как и верхний (рис. 50).

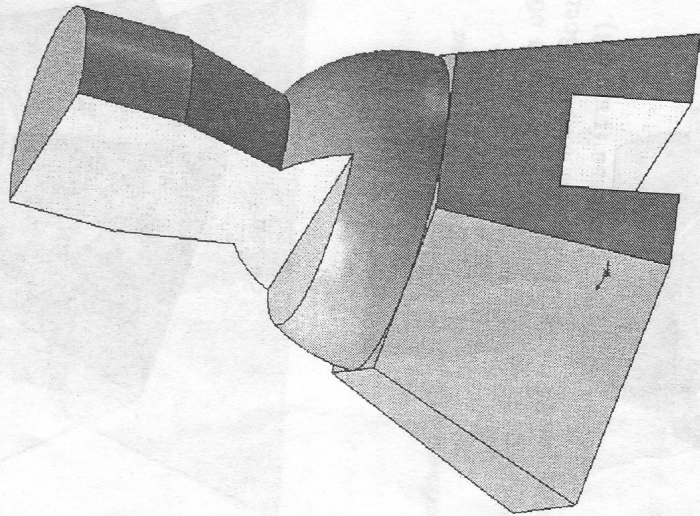


Рис. 50

Выделите цветом плоскости паза и создайте тень модели, воспользовавшись кнопкой **☐** на панели Вид. Создайте чертеж модели. Сохраните деталь так же, как делали это раньше.

Сервисные возможности Solid Works

Фон рабочего поля может быть задан с помощью цепочки команд: **Инструменты, Параметры, Настройка пользователя — Цвета, Фон графического окна Редактировать** Выбрать желаемый цвет. **OK** (рис. 51).

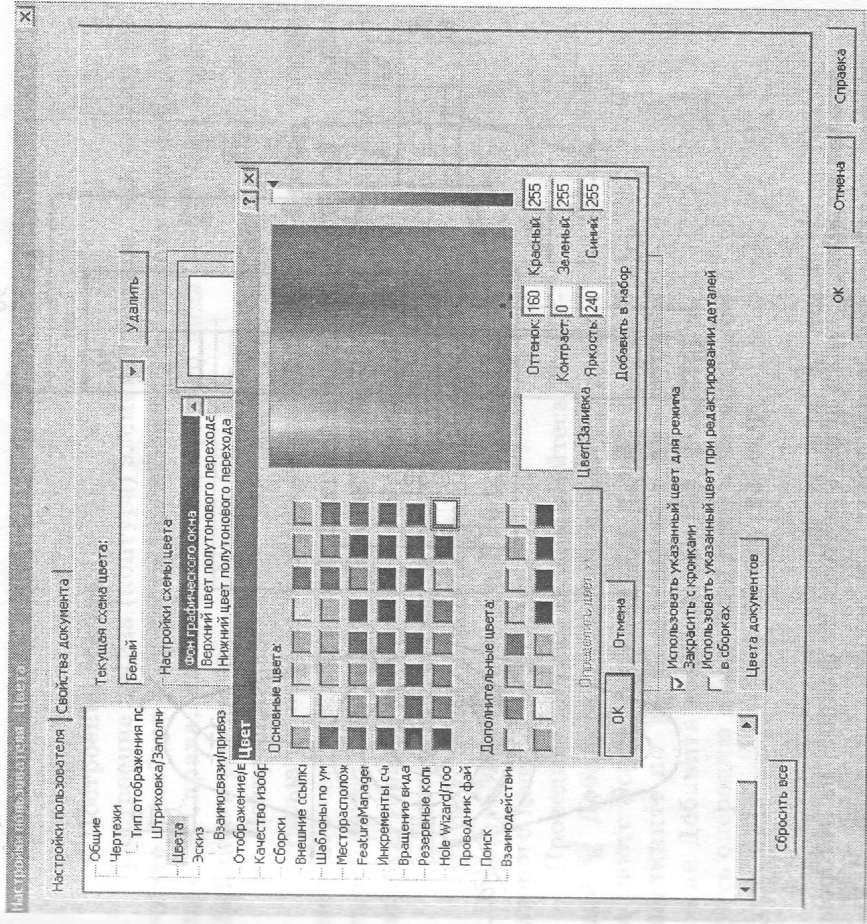


Рис. 51

Задания для самостоятельной работы представлены в приложении 3.

5. ПОСТРОЕНИЕ СЛОЖНЫХ ТЕЛ. РАЗРЕЗЫ

Задание. Построить по заданным проекциям твердотельную модель детали и показать ее в разрезе (рис. 52).

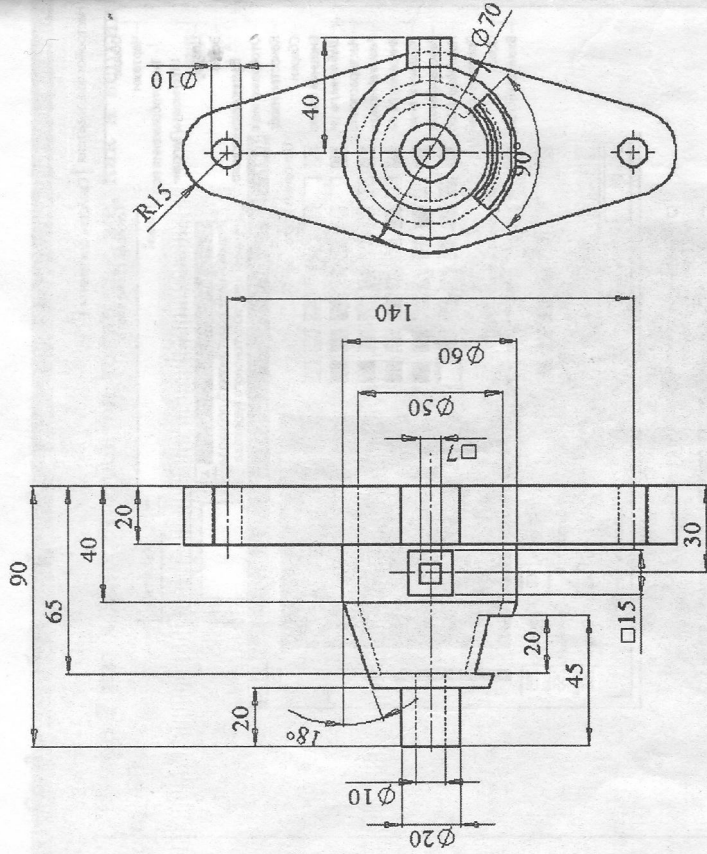


Рис. 52

Анализ модели. Данная деталь состоит из фланца, на котором находятся: цилиндр, усеченный конус и маленький цилиндр. Внутри модель полая и состоит из двух цилиндрических отверстий и конической поверхности. С одной стороны на цилиндре имеется четырехгранная бобышка с четырехгранным отверстием, а на конусе — паз.

Алгоритм построения модели

5.1. Построение твердотельной модели.

5.2. Построение четырехгранной бобышки и отверстия в ней.

- 5.3. Построение паза.
- 5.4. Построение разреза.
Запуск CGM SolidWorks. Войдите в программу Solid Works и откройте — Новый документ, задайте Деталь. ОК.

5.1. Построение твердотельной модели

Создание модели фланца

- Построение эскиза.
Построение эскиза (контура) элемента фланца, как всегда, начинаете с выбора плоскости построения (на Дереве конструирования — Справа, на панели Стандартного вида — Вид слева).
- Войдите в режим — Эскиз. ОК.
- Построение оси.
Открыв на панели инструментов эскиза — Осевая линия, начните чертить две взаимно перпендикулярные оси, проходящие через центр координат. На расстоянии 70 мм от центра построите вторую горизонтальную осевую линию. ОК.

- Построение четверти фланца.
Из двух центров постройте две дуги. Одна — радиусом окружности R35 мм, другая из второго центра — R15 мм.
Проведите линию. Воспользуйтесь командой Добавить взаимосвязи, как это делали в работе Эскиз. Активируйте линию и дугу и щелкните по Касательная в диалоговом окне Добавить взаимосвязь. ОК. Повторите операцию для другой дуги и касательной (рис. 53).

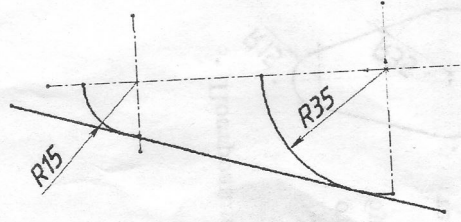





Рис. 53

Внимание! При выполнении команды Добавить взаимосвязи рекомендуется при повторе операции щелкнуть ту линию, которая еще не была активирована.

Рядом с элементами эскиза проставлены значки добавленных взаимосвязей. С одной стороны, они показывают, какие связи наложены на данный элемент эскиза; с другой стороны, этими значками можно управлять, например, удалить взаимосвязь. Положение элемента в эскизе не из-

менится, но связь будет удалена. Для удаления значков на эскизе нажмите кнопку .

• Обрезка.

Уберите все ненужные линии. Для этого войдите на панели инструментов эскиза в команду  — Отсечь, в диалоговом окне выберите тип обрезания  и щелкните левой кнопкой мыши на линиях, которые необходимо удалить. Они исчезнут (рис. 54).

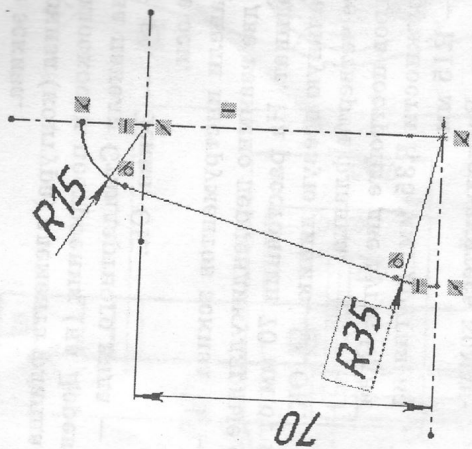




Рис. 54

• Построение зеркального отражения.

Для построения половины профиля нажмите клавишу Ctrl и последовательно активируйте все отрезки, а затем и осевую, относительно которой будет осуществляться зеркальное отражение.

Далее на панели инструментов эскиза нажмите кнопку  — Зеркально отразить.  ОК. Повторите команду для другой осевой линии (рис. 55).

• Построение отверстий.

Из двух центров постройте окружности $\varnothing 10$ мм.

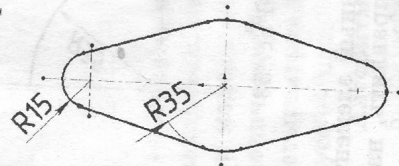




Рис. 55

Создание объемной модели фланца

Можно, не выходя из режима Эскиз, построить объемное изображение фланца, нажав кнопку  — Вытянутая бобышка/основание в диалоговом окне построений, а в строке Настройка, указав высоту фланца — 20 мм.  ОК (рис. 56, 57).

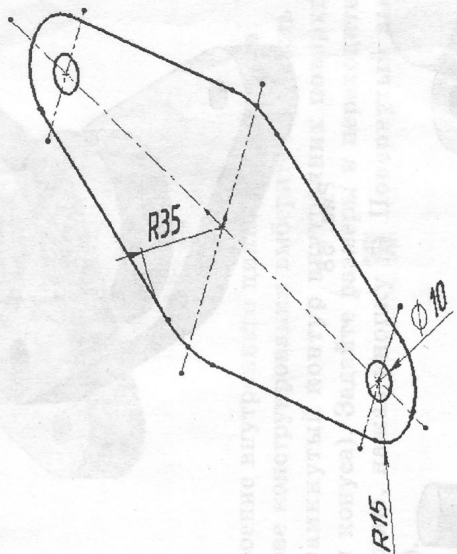


Рис. 56

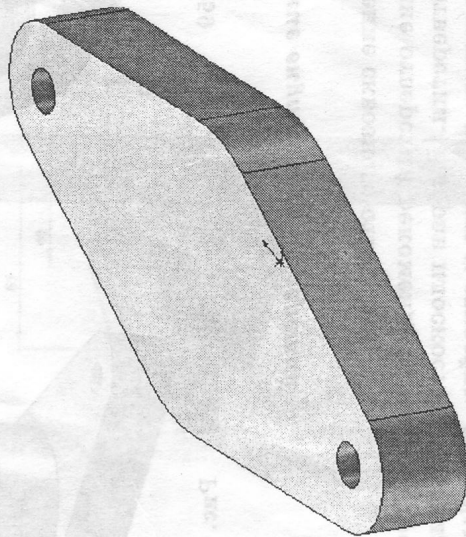


Рис. 57

• Построение цилиндров и усеченного конуса.

Построение нижнего цилиндра, конуса и верхнего цилиндра будете проводить последовательно. Сначала выберите плоскость для создания эскиза, потом нарисуйте эскиз и методом вытягивания получите объемные элементы модели. Размеры для них приведены на исходном чертеже (рис. 58—60).

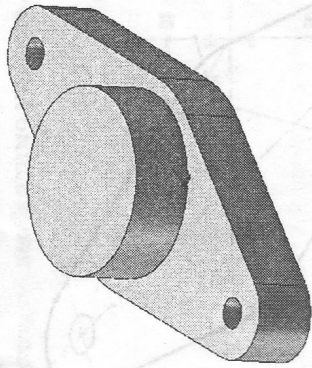


Рис. 58

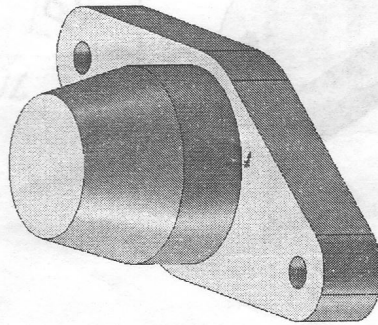


Рис. 59

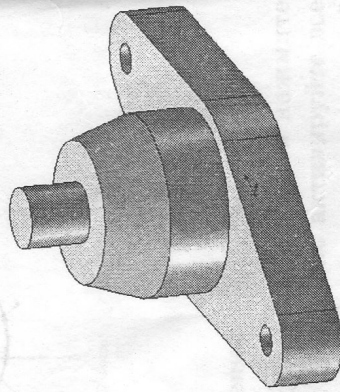



Рис. 60

Построение внутренних отверстий

• Построение сквозного отверстия.

Внутренние отверстия рекомендуем начать строить с самого маленького отверстия. Выбрав плоскость для эскиза, начертите окружность заданного диаметра и откройте  — Вырез выгнуть. В диалоговом окне установите Насквозь (через все) (рис. 61).

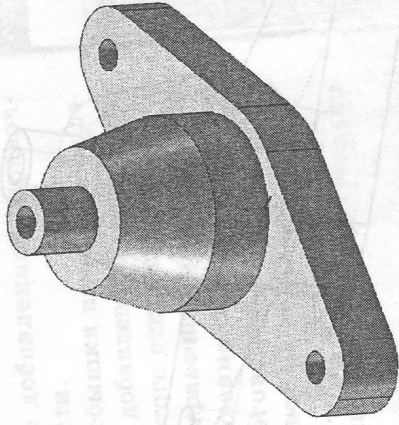




Рис. 61

• Построение внутреннего цилиндра и конуса.
На Дереве конструирования выберите плоскость Спереди и , постройте замкнутый контур внутренних поверхностей эскиза (цилиндра и конуса). Задайте размеры и переходите к объемному моделированию, нажав кнопку  Повернутый вырез (на 360°) (рис. 62, 63).

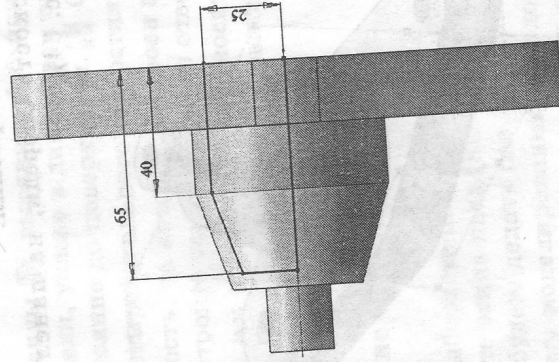


Рис. 62

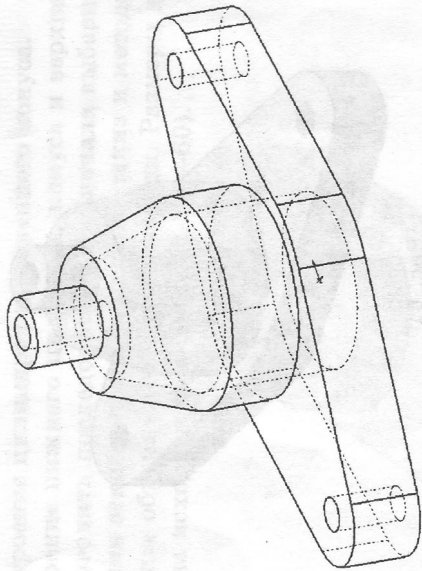


Рис. 63

5.2. Построение четырехгранной бобышки и отверстия в ней

Создание эскиза четырехгранной бобышки

- Выбор плоскости построения.

Выберите плоскость **Спереди**, на панели инструментов **1** перпендикуляр (рис. 64).

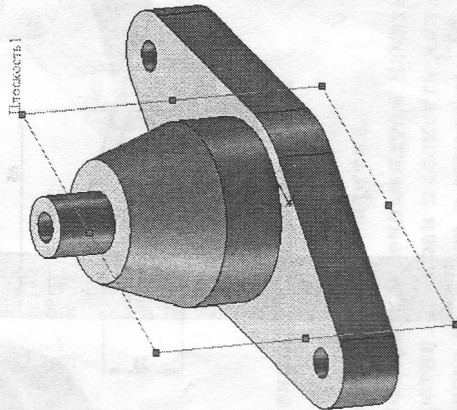


Рис. 64

- Построение добавленной справочной плоскости.

Построение бобышки начнем не от детали, а к ней, от добавленной справочной плоскости. Для этого откройте **Вставка** в основном меню, **Справочная геометрия**. Выберите **Добавление справочной плоскости** и в диалоговом окне построенной плоскости укажите на заданное расстояние 40 мм . **ОК** (рис. 65).

- Построение эскиза четырехугольника.

Войдите в режим **Эскиз**, выделив справочную плоскость, постройте сначала осевые линии, четверть внутреннего и внешнего четырехугольника, задайте его размеры, воспользуйтесь кнопкой — **Зеркальное отражение**.

Создание объемной модели бобышки

С помощью команды **1** вытяните бобышку до цилиндрической поверхности модели, указав в диалоговом окне **Направление 1** — на заданное расстояние до поверхности. **ОК**.

- Построение четырехугольного отверстия в бобышке. Возьмите плоскость, на которой построен эскиз четырехугольной бобышки, и постройте такой же эскиз отверстия (рис. 66, 67). Задайте размер $6 \times 6 \text{ мм}$ и координаты относительно оси. При вытягивании отверстия в команде **1** установите сами **Направление 1** и до поверхности внутреннего цилиндра.

5.3. Построение окошка или паза

Как обычно, выбираете плоскость для построения эскиза (**Спереди** и **1**), рисуете эскиз паза (любым способом) и осевую, относительно которой будете делать паз, проставляете размеры и переходите к объемному моделированию методом **1** — **Повернутый вырез**. В диалоговом окне задаете: осевую линию, в двух направлениях, $45^\circ, 45^\circ$ (рис. 68, 69).

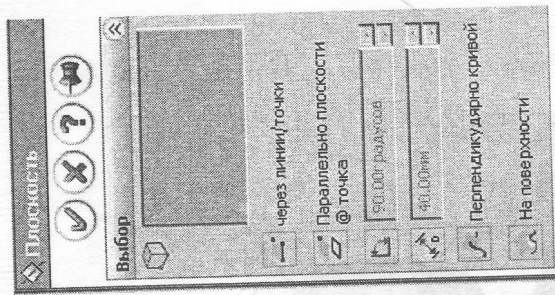


Рис. 65

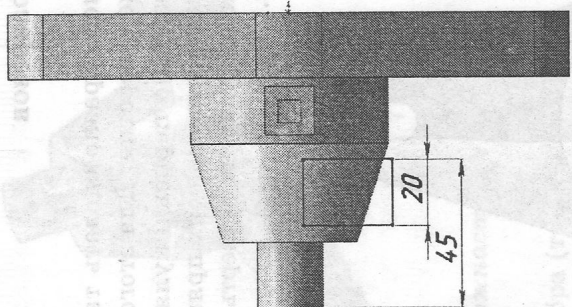


Рис. 68

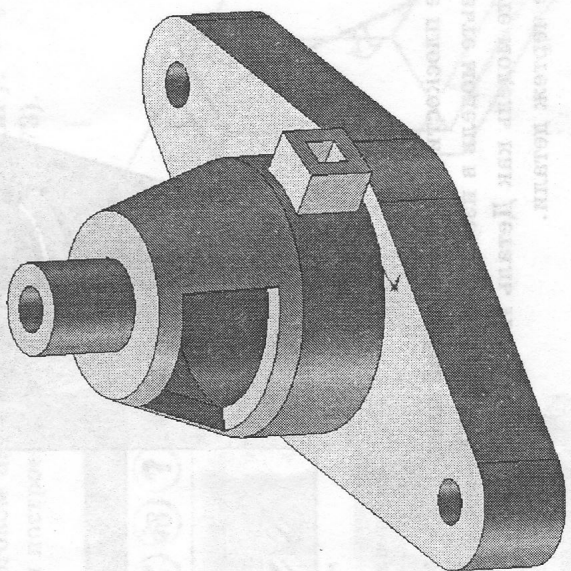


Рис. 69

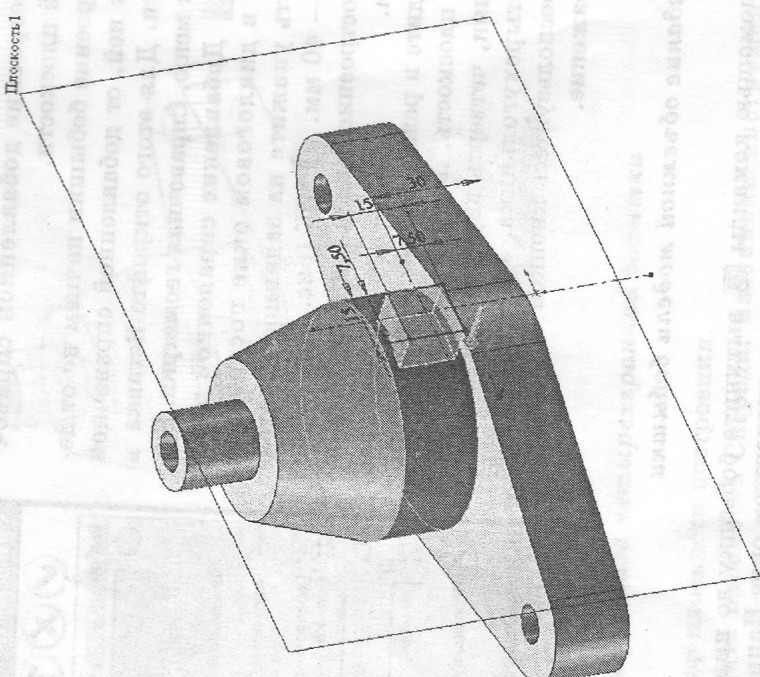


Рис. 66

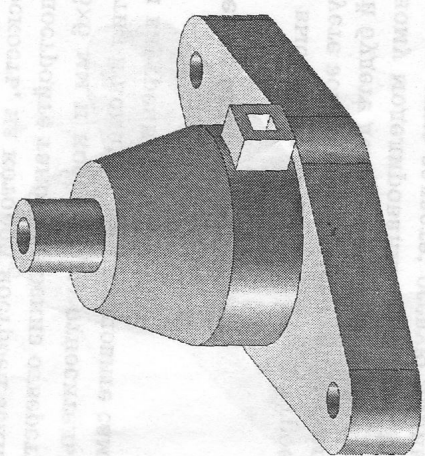



Рис. 67

5.4. Построение разрезов

Разрез модели целесообразно сделать таким образом, чтобы были видны внутренние отверстия. Для этого выберите вид Слева и проведите две взаимно перпендикулярные линии по осям модели или постройте из центра на осях прямоугольник.

В режиме  Элементы удалите четверть эскиза командой Вытянутый вырез (рис. 70).

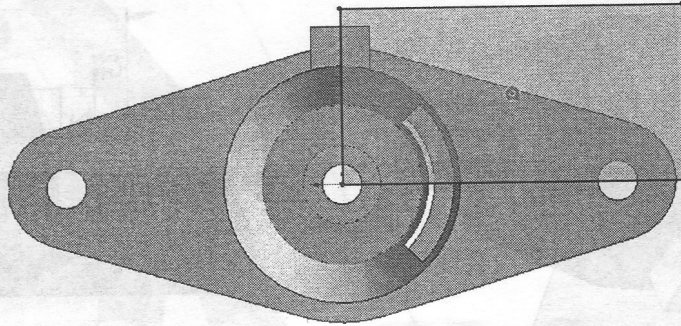


Рис. 70

Окрасьте плоскости разреза в любой цвет.
Представьте модель в изометрии (рис. 71).
Сохраните модель как Деталь И.
Создайте чертеж детали.

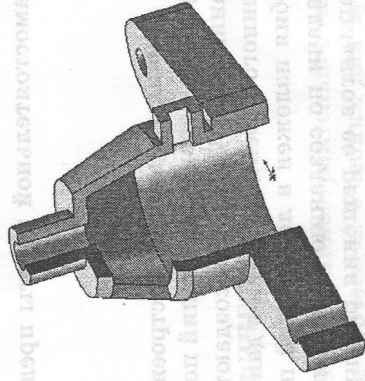





Рис. 71

Сервисные возможности SolidWorks

- Построение ребра (тонкой стенки).

Для построения ребра жесткости (тонкой стенки) на Дереве конструирования выбираете плоскость построения, . В режиме Эскиз с помощью команды  строите эскиз ребра. Переходите в режим Элементы и активируете команду  — Ребро. В появившемся диалоговом окне Ребро задаете толщину: — с двух сторон от плоскости построения и 10 мм (рис. 72, 73).

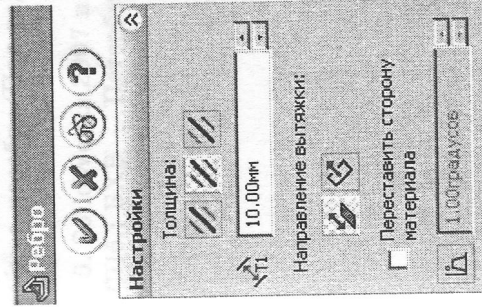


Рис. 72

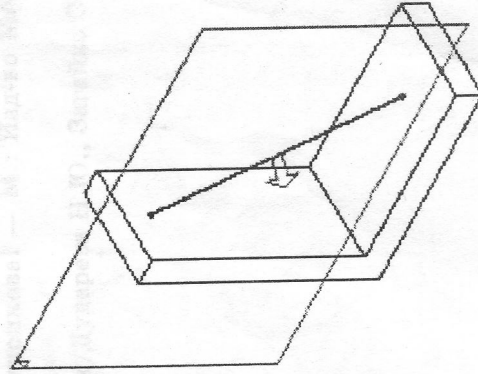


Рис. 73

Задания для самостоятельной работы представлены в приложении 4.

Рассмотренные команды и методы построения являются пригодными для получения первичных знаний по системе геометрического моделирования SolidWorks; они создают базу для дальнейшего, более углубленного проектирования в данной системе. Материал учебного пособия изложен в логической последовательности — от постановки задачи по созданию объемных моделей деталей до предложения вариантов ее решения различными способами. Пособие адаптировано к образовательным технологиям и может использоваться для лабораторно-практических занятий с применением компьютерной техники.

ВИЗУАЛЬНОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давидкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2004.
2. Ермакова В.А., Некрасова О.И., Андреев В.А. и др. Общие положения чертежей и геометрические построения: Методические указания. — М.: Изд-во МАИ, 2000.
3. Ермакова В.А., Пшеничникова Н.В., Иванникова Е.Г. и др. Чертежники (Виды, Разрезы, сечения) на чертежах: Учебное пособие/Под ред. В.А. Ермаковой — М.: Изд-во МАИ, 2001.
4. Авдьян А.Б., Гагасов Д.А., Куприков М.Ю. Твердотельное моделирование в курсе «Инженерная графика»/Под ред. М.Ю. Куприкова. — М.: Изд-во МАИ, 2001.
5. Куприков М.Ю., Кравчик Т.К., Бодрышев В.В. Твердотельное моделирование пневмогидроагрегатов в среде SolidWorks: Учебное пособие/Под ред. М.Ю. Куприкова. — М.: Изд-во МАИ, 2006.
6. SolidWorks 2007 на примерах/Дударева Н.Ю., Загайко С.А. СПб.: ВХВ — Петербург, 2007.