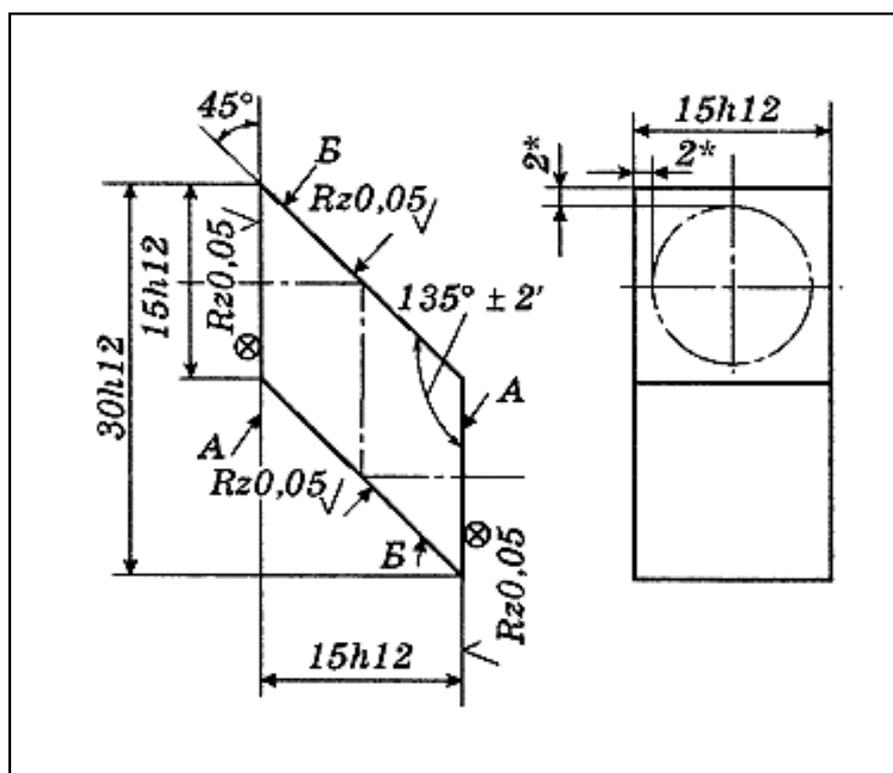


А.Н. Иванов, К.В. Ежова, А.Н. Зленко

# РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ В САПР КОМПАС

Учебное пособие



Санкт – Петербург

2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

**А.Н. Иванов, К.В. Ежова, А.Н. Зленко**

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ  
ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ  
ПРИБОРЫ В САПР КОМПАС**

Учебное пособие



**Санкт-Петербург**

2011г.

Иванов А.Н., Ежова К.В., Зленко А.Н. Разработка конструкторской документации на оптико-электронные приборы в САПР КОМПАС – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 80 с.

Учебное пособие разработано для ознакомления студентов первого курса в рамках дисциплин «Компьютерная инженерная графика» и «Специальные разделы информатики» с основами работы в САПР КОМПАС и правилами ЕСКД. Рассмотрены вопросы создания и оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями государственных стандартов. Приведены основные приемы создания чертежей и трехмерных моделей деталей на компьютере с использованием САПР КОМПАС.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 200400 "Оптотехника" и специальностям 200203 "Оптико-электронные приборы и системы" и 200200 «Оптотехника».

Рекомендовано к печати Ученым советом ФОИСТ от 15 марта 2011 г., протокол № 7



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2011

© А.Н. Иванов, К.В. Ежова, А.Н. Зленко. 2011

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....</b>	<b>6</b>
<b>1 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ.....</b>	<b>7</b>
1.1 ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ В САПР КОМПАС .....	7
1.2 ФОРМАТЫ .....	7
1.3 ОСНОВНЫЕ НАДПИСИ .....	8
1.4 ОБОЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ.....	9
1.5 МАСШТАБЫ.....	10
1.6 ЛИНИИ .....	11
1.7 ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В САПР КОМПАС .....	12
<b>2 ИЗОБРАЖЕНИЯ .....</b>	<b>16</b>
2.1 ОБЩИЕ ПРАВИЛА.....	16
2.2 ВИДЫ И РАЗРЕЗЫ.....	16
2.3 РАЗРЕЗЫ.....	18
2.4 СЕЧЕНИЯ .....	19
2.5 ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	20
2.6 ГРАФИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПРАВИЛА ИХ НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ .....	21
<b>3 РАЗМЕРЫ И ИХ ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ .....</b>	<b>22</b>
3.1 НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ.....	22
3.2 НАНЕСЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ .....	26
3.3 ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ .....	29
3.4 ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ.....	31
3.5 ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ НАДПИСЕЙ, ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И ТАБЛИЦ .....	35
<b>4 РЕЗЬБЫ И КРЕПЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ .....</b>	<b>38</b>
4.1 КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗЬБ.....	38
4.2 ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ.....	39

4.3 СТАНДАРТНЫЕ КРЕПЕЖНЫЕ ДЕТАЛИ С РЕЗЬБОЙ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЕ.....	41
<b>5 НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....</b>	<b>44</b>
<b>6 КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЕТАЛЕЙ.....</b>	<b>48</b>
6.1 РАДИУСЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ И ГИБКИ. ФАСКИ.....	48
6.2 КАНАВКИ И ПРОТОЧКИ.....	49
6.3 РИФЛЕНИЯ.....	50
<b>7 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ.....</b>	<b>51</b>
7.1 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕРТЕЖАМ ДЕТАЛЕЙ.....	51
7.2 ЧЕРТЕЖИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ.....	52
7.3 ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС.....	55
<b>8 ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА И СБОРОЧНЫЕ.....</b>	<b>61</b>
8.1 ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА.....	61
8.2 СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ.....	63
8.3 СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	65
<b>9 ОСНОВЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В КОМПАС И СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ.....</b>	<b>69</b>
9.1 СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ.....	69
9.2 СОЗДАНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ НА БАЗЕ 3D МОДЕЛИ.....	73
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>77</b>

## **ВВЕДЕНИЕ.**

Любое машиностроительное изделие, строительный либо технологический проект имеют две формы существования: внутри предприятия (от проектирования до изготовления) и вне его (с момента реализации). Прежде чем изготовить любой объект, конструктор должен наглядно его изобразить – т.е. спроектировать и сконструировать. На этапе проектирования рассматриваются чертежи прототипов изделия и производятся соответствующие расчеты. На этапе конструирования разрабатывается полный комплект конструкторской и технологической документации на основе разработанного макета.

Проектирование, изготовление и эксплуатация машин, механизмов и приборов связаны с изображением изделия на эскизах, чертежах, схемах. Дисциплины «Компьютерная и инженерная графика», «Специальные разделы информатики», «Системы автоматизированного проектирования ОЭП» учат студентов правильно читать и оформлять чертежи, прививают навыки пользования САПР, которая позволяет в сжатые сроки разработать полный комплект конструкторской и технической документации.

Использование САПР позволяет освободить студента от трудоемких однотипных чертежных работ. Автоматизация последних ускоряет процесс проектирования и разработки конструкторской документации и ставит их на более высокий уровень. Кроме того САПР позволяют решать конструкторские задачи комплексно: от разработки чертежей до программ для оборудования с ЧПУ.

В качестве САПР используется КОМПАС-3D LT V11. Это упрощенная учебная версия САПР КОМПАС, в которой отсутствуют некоторые возможности – например не поддерживаются сборки. Но lite версия полностью поддерживает ЕСКД, снабжена необходимыми инструментами для построения и оформления чертежей и поэтому наиболее хорошо подходит для обучения студентов в рамках программ ВУЗа.

## ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторских документов, разрабатываемых и применяемых на всех стадиях жизненного цикла изделия: при проектировании, изготовлении, эксплуатации и др.

Перечислим основные ГОСТ ЕСКД, которые необходимо знать при создании чертежей:

- ГОСТ 2.101-68. Виды изделий;
- ГОСТ 2.102-68. Виды и комплектность конструкторской документации;
- ГОСТ 2.103-68. Стадии разработки;
- ГОСТ 2.104-68. Основные надписи;
- ГОСТ 2.109-73. Основные требования к чертежам;
- ГОСТ 2.301-68. Форматы;
- ГОСТ 2.302-68. Масштабы;
- ГОСТ 2.303-68. Линии;
- ГОСТ 2.304-81. Шрифты чертежные;
- ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы, сечения;
- ГОСТ 2.306-68. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах;
- ГОСТ 3.307-68. Нанесение размеров и предельных отклонений;
- ГОСТ 2.308-79. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей;
- ГОСТ 2.309-73. Обозначения шероховатости поверхностей.

# 1 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

## 1.1 ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ В САПР КОМПАС

Рассмотрим, с чего начинается построение чертежа детали:

- Определиться с масштабом чертежа и форматом;
- Наметить и провести оси симметрии детали;
- Наметить контуры детали с помощью вспомогательных линий и геометрических примитивов;
- Полученные отрезки, дуги и точки обвести основной линией – получить контуры детали. Удалить вспомогательные построения;
- Выполнить другие виды, разрезы, сечения;
- Определить конструкторскую, технологическую и измерительную базы детали. Конструкторская база определяет положение детали в готовом виде – по отношению к ней ориентируют другие детали. Технологическая база определяет положение детали при ее обработке. Измерительная база - база, от которой производится отсчет размеров при изготовлении и контроле готовой детали;
- Нанести размеры. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, без пересечения размерных и выносных линий;
- Проставить шероховатости поверхностей и допуски формы и расположения;
- Заполнить технические требования;
- Заполнить основную надпись.

## 1.2 ФОРМАТЫ

В соответствии с ГОСТ 2.301-68 чертежи выполняют на листах бумаги определенного размера (формата). Формат листа определяется размером внешней рамки, выполняемой тонкой линией. Внутренняя рамка проводится сплошной основной линией на расстоянии 20 мм от левой стороны внешней рамки и на расстоянии 5 мм от остальных сторон. Обозначение основных форматов состоит из буквы А и арабской цифры от 0 до 5. Обозначение дополнительного формата состоит из обозначения основного и его кратности. Например А4 (размер сторон 210\*297 мм) или А4×3 (размер сторон 297\*630 мм).

В КОМПАС основные форматы поддерживаются автоматически. Для выбора формата надо после создания документа «чертеж» выбрать пункт меню «Сервис» → «Параметры» → «Параметры первого листа» → «Формат» (рис.1). По умолчанию КОМПАС создает лист формата А4.

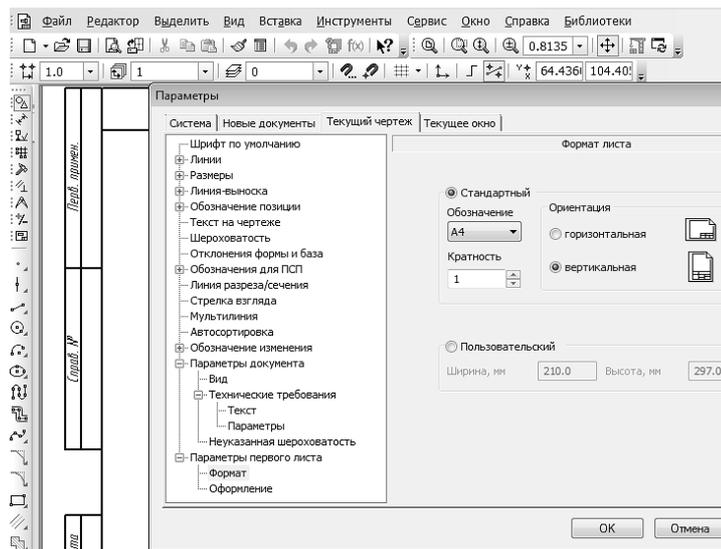


Рис. 1 Окно «Параметры листа»

### 1.3 ОСНОВНЫЕ НАДПИСИ

ГОСТ 2.104-68 устанавливает формы, размеры, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах. Под основной надписью понимают совокупность установленных характеристик изделия и выполненного на его основе конструкторского документа, указываемых совместно с установленными надписями и сведениями об изменении документа в специальном штампе, который располагается в правом углу над нижней линией рамки поля документа.

Штамп в обязательном порядке должен содержать информацию о наименовании изделия, типе конструкторского документа, материале детали, масштаб чертежа, массу детали, порядковый номер листа, общее число листов документа и т.д. Пример заполненного штампа приведен на рис. 2.

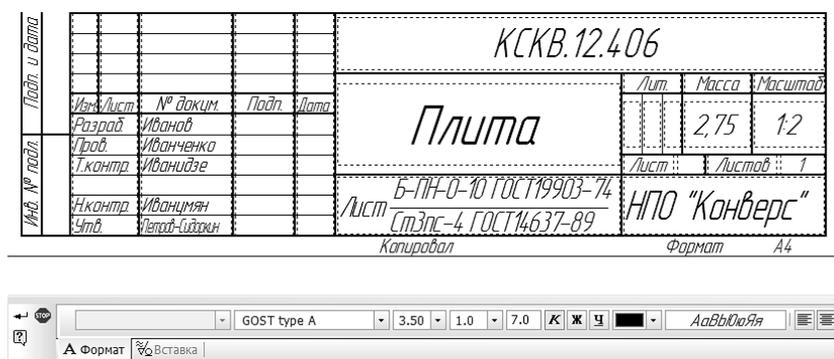


Рис. 2. Пример заполнения штампа

Заполнение штампа в КОМПАС производится достаточно легко – при двойном нажатии левой кнопки мыши на штамп запускается текстовый редактор, нужный размер шрифта и его тип установлены по умолчанию. Для

выхода из режима заполнения надо нажать кнопку «Создать объект» , находящуюся в «Панели свойств» внизу рабочего стола КОМПАС.

Выбор типа документа («чертеж конструкторский», «спецификация» и т.д.) производится из меню «Сервис» → «Параметры» → «Параметры первого листа» → «Оформление» (рис.3).

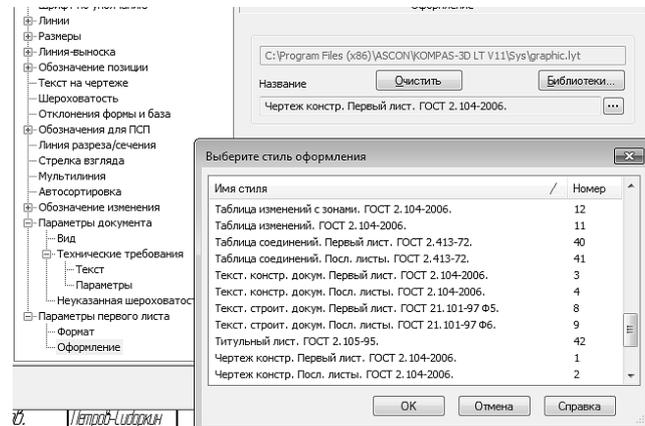
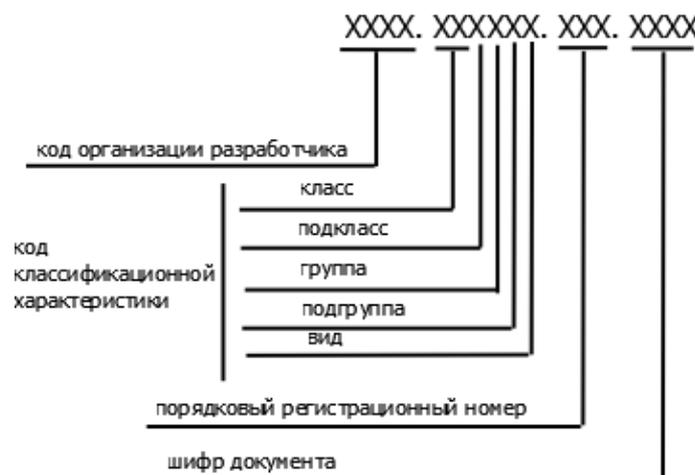


Рис. 3. Окно выбора стиля оформления документа

#### 1.4 ОБОЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Каждому изделию в соответствии с ГОСТ 2.201 – 80 должно быть присвоено обозначение, которое не должно использоваться для обозначения другого изделия. Стандартом установлена единая обезличенная классификационная система обозначений изделий – Классификатор ЕСКД.

Структура обозначения изделия представляет:



Код организации разработчика назначается по кодификатору этой организации или присваивается централизованно.

Код классификационной характеристики присваивается изделию и конструкторскому документу по классификатору ЕСКД.

Порядковый номер присваивается изделию по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика.

Шифр документа вводится в обозначение неосновных конструкторских документов и не должен содержать более 4-х знаков, включая номер части документа.

К основным конструкторским документам (КД) относятся чертеж детали и спецификация. Все остальные виды документации считаются неосновными.

Чертеж детали – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Спецификация – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Сборочный чертеж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля. Код документа – СБ.

Чертеж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Теоретический чертеж – документ, определяющий геометрическую форму изделия и координаты расположения основных составных частей. Код документа – ТЧ.

Габаритный чертеж – документ, содержащий упрощенное контурное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами. Код документа – ГЧ.

Монтажный чертеж – документ, содержащий контурное изображение изделия и данные для его установки на месте применения. Код документа – МЧ.

Технические условия – документ, содержащий требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, совокупность всех показателей, норм, правил и положений, которые не указаны в других КД. Шифр документа – ТУ.

Пояснительная записка – документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений. Код документа – ПЗ.

## 1.5 МАСШТАБЫ

Масштаб – это отношение длин отрезков на чертеже, плане, карте и других изображениях к длинам соответствующих им отрезков в натуре. ГОСТ 2.302 – 68 устанавливает масштабы для всех отраслей промышленности и строительства.

Масштабы подразделяют на три группы: масштабы уменьшения, натуральная величина, масштабы увеличения. Масштабы изображения на

чертежах нужно выбирать в зависимости от сложности и величины изображения предмета на чертеже из следующих рядов:

Масштабы уменьшения: 1 : 2; 1 : 2.5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100.

Натуральная величина: 1 : 1.

Масштабы увеличения: 2 : 1; 2.5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1.

Обозначение масштаба состоит из буквы М и масштабного соотношения, например М 2 : 1. Если масштаб указывается в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, букву М опускают.

В Компас по умолчанию масштаб выбирается равным 1 : 1. Чтобы задать другое масштабное соотношение необходимо создать другой вид. Для этого нужно выбрать пункт «Вставка» → «Вид» и в появившейся внизу панели свойств указать нужный масштаб. После этого щелчком по левой кнопке мыши указать новое положение системы координат. Для активации нового вида надо выбрать «Вид» → «Дерево построения» (рис.4), после чего в дереве выбрать созданный вид, нажать правую кнопку мыши и в появившемся меню выбрать «Текущий». Если необходимо изменить масштаб текущего вида, то в этом меню надо выбрать пункт «Параметры вида».

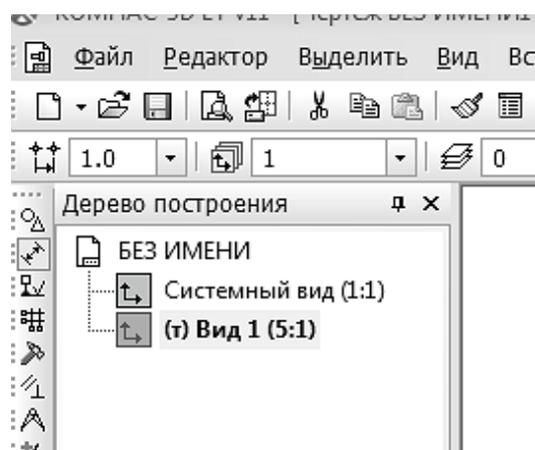


Рис. 4. Окно дерева построения чертежа

## 1.6 ЛИНИИ

При выполнении чертежей используют линии различной толщины и начертания. В ГОСТ 2.303 – 68 установлено начертание и назначение девяти типов линий:

Сплошная толстая основная – линия видимого контура, контура сечения;

Сплошная тонкая – линии размерные и выносные, штриховки, контура наложенного сечения, ограничения выносных элементов, линии выноски и их полки и т.д.;

Сплошная волнистая – линии обрыва, разграничения вида и разреза;

Сплошная тонкая с изломом – длинные линии обрыва;  
 Штриховая – линии невидимого контура;  
 Штрихпунктирная – линии осевые и центровые, сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных и выносных сечений;  
 Штрихпунктирная с двумя точками – линии сгиба на развертках;  
 Штрихпунктирная утолщенная – линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию, для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью;  
 Разомкнутая линия сечения.

В Компас тип линии выбирается при создании геометрического объекта – отрезка, окружности и т. д. в панели свойств (рис. 5).

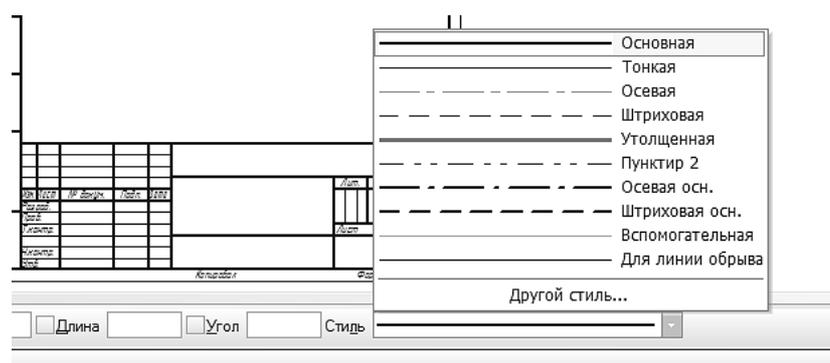


Рис. 5. Выбор стиля линии в панели свойств

## 1.7 ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В САПР КОМПАС

При компьютерном черчении нельзя выполнять построения на глаз, средства редактора позволяют задавать параметры с большой точностью и получать очень хорошую геометрию чертежа. Для этого предусмотрен ряд специальных инструментов.

Сначала желательно задать свою систему координат – по умолчанию начало системы координат находится в левом нижнем углу рамки, что не всегда удобно. Для этого надо выбрать «Вставка» → «Локальная система координат» и указать ее положение на поле листа либо курсором, либо задав в панели свойств координаты ее начала отсчета относительно старой системы координат.

При разработке чертежей с регулярной структурой – например, печатных плат, удобно использовать сетку. Она вызывается нажатием кнопки «Сетка». В диалоговом окне «Параметры» можно настроить ее шаг.

При создании чертежа необходимо точно стыковать геометрические объекты (например, отрезки) и устанавливать курсор относительно определенных точек этих объектов. Поэтому невозможно обойтись без привязок – иначе чертеж будет содержать разрывы. Чтобы включить их, необходимо нажать кнопку «Установка глобальных привязок» и в открывшемся окне выбрать необходимые (рис. 6).

Для привязки какой-либо точки геометрического объекта надо подвести курсор к тому месту, где необходимо зафиксировать точку, и нажать левую кнопку мыши.

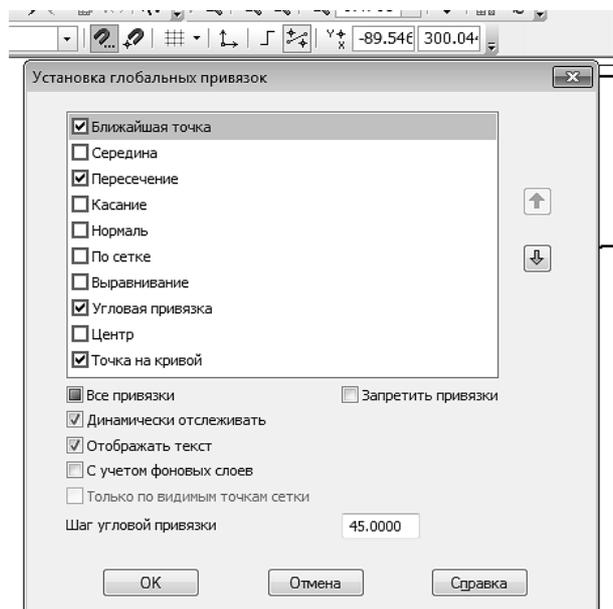


Рис. 6. Окно выбора глобальных привязок

Иногда возникает трудность, связанная с тем, что срабатывают несколько привязок – например в случае, когда узлы, в которых происходит пересечение и касание, находятся слишком близко друг от друга. Тогда можно использовать локальные привязки – при подведении курсора нужно нажать правую кнопку мыши и в появившемся меню выбрать «Привязка» → «Тип привязки» (рис. 7). После выполнения операции локальная привязка отключается.

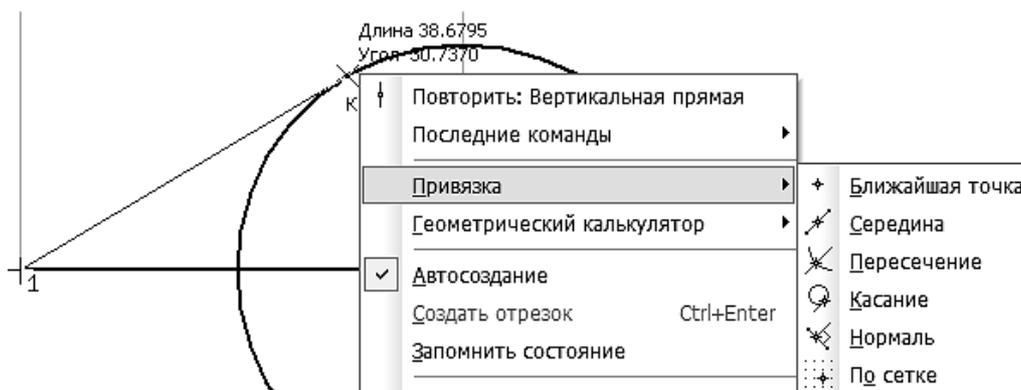


Рис. 7. Панель выбора локальных привязок

В качестве примера рассмотрим создание контура детали «Оправа». В настройках программы укажем формат листа А4 и масштаб 2 : 1. Создадим локальную систему координат, центр которой совпадет с левым верхним углом оправы, и проведем через этот центр вспомогательные вертикальную и горизонтальную линии, воспользовавшись кнопками «Геометрия» →

«Вертикальная прямая» и «Геометрия» → «Горизонтальная прямая». Завершим создание внешнего контура оправы с помощью команды «Параллельная прямая», построив вертикальную и горизонтальную линии на расстоянии 12 и 40 мм от исходных. После включим привязку «Пересечение» и нажав кнопку «Отрезок», обведем контур сплошной толстой линией, указывая левой кнопкой мыши пересечения вспомогательных прямых.

Включаем привязку «Середина» и проводим вспомогательную горизонтальную линию через середину вертикального отрезка. Привязываясь к пересечению этой линии и вертикальных ребер оправы, строим с помощью команды «Отрезок» осевую линию. От осевой откладываем в обе стороны с помощью команды «Параллельная прямая» прямые на расстоянии 15 и 17.5 мм. Потом от левого вертикального ребра оправы строим параллельную прямую на расстоянии 4 мм. Полученные контуры обводятся с помощью команды «Отрезок», как показано на рис. 8. После отрисовки контуров детали вспомогательные линии можно удалить с помощью команды «Редактор» → «Удалить» → «Вспомогательные кривые и точки».

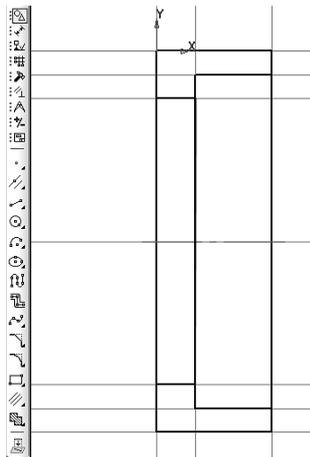


Рис. 8. Создание контура детали при помощи вспомогательных прямых

При создании чертежа нужно знать команды из панели «Редактирование». Опишем наиболее полезные из них. Команда «Усечь кривую» необходима, если не удалось точно состыковать два отрезка, и один из них пересекает другой. Для удаления выступающей части отрезка нежно нажать одноименную кнопку, навести появившийся курсор на этот участок, и нажать левую кнопку мыши. Выступающая часть отрезка будет удалена до точки пересечения.

Команда «Сдвиг» нужна, если чертеж изначально неудачно расположен в поле листа. Выделив его рамкой и нажав одноименную кнопку, чертеж можно переместить в нужное место.

Другая полезная команда – «Копирование». Она позволяет скопировать выделенный объект в любое место листа. При нажатии кнопки «Копирование» появляется вложенное меню, которое содержит другие варианты копирования – например, «Копирование по линии» или «Копирование по окружности», которые позволяют поместить копии объекта по заданной траектории.

Иногда нужно изменить масштаб элемента чертежа, например, выносного элемента – тогда нужно использовать команду «Масштабирование». Выделив нужный объект и нажав эту кнопку, нужно в панели свойств указать требуемый масштаб.

## 2 ИЗОБРАЖЕНИЯ

### 2.1 ОБЩИЕ ПРАВИЛА

Правила изображения предметов, а также расположения этих изображений на чертежах для всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.305 – 68. Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. Изображаемый предмет считается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекции.

За основные плоскости проекции принимают шесть граней куба, на которые может быть спроецирован любой предмет. На рис. 9 представлена развертка этого куба.

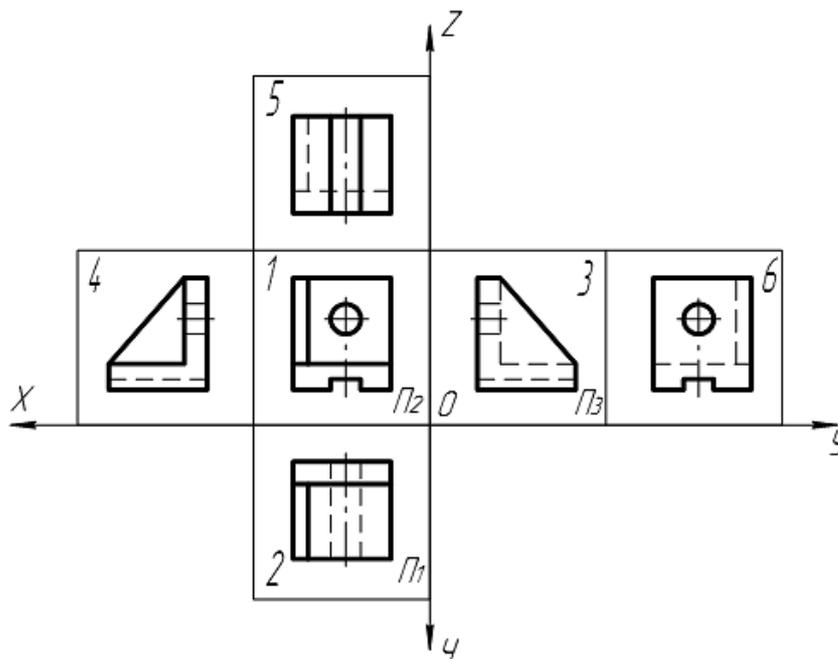


Рис. 9. Основные виды

Предмет необходимо располагать так, чтобы изображение на фронтальной плоскости 1 давало наиболее полное представление о его форме и размерах, такое изображение принимается на чертеже в качестве главного. Число изображений на чертежах должно быть наименьшим, обеспечивающим полное представление о предмете.

### 2.2 ВИДЫ И РАЗРЕЗЫ

В зависимости от содержания изображения подразделяются на виды, разрезы, сечения.

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Виды подразделяются на основные, дополнительные и местные.

По ГОСТ 2.305-68 устанавливаются следующие названия основных видов (рис. 9): изображение предмета на фронтальной плоскости проекции 1 называется видом спереди (главный вид); на грани 2 – вид сверху; на грани 3 – вид слева; на грани 4 – вид справа; на грани 5 – вид снизу; на грани 6 – вид сзади.

При выборе главного вида следует учитывать, что кроме ясного представления о форме и размерах предмета он должен обеспечивать рациональность размещения остальных видов на чертеже. Обозначать основные виды следует только в случае, если отсутствует проекционная связь между главным видом и ними. Сам вид обозначается прописной буквой русского алфавита. Направление проецирования указывают стрелкой.

Дополнительным видом называют вид, полученный на плоскости, не параллельной ни одной из основных плоскостей проекции. Такой вид тоже обозначается прописной буквой русского алфавита, а направление на него указывают стрелкой. Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, его не обозначают.

Местным видом называется изображение отдельного ограниченного места поверхности предмета. Местный вид может быть или ограничен линией обрыва, или не ограничен. Если он находится в проекционной связи с соответствующими изображениями, его не обозначают. Обозначение местного вида аналогично обозначению дополнительного.

Чтобы сформировать стрелку взгляда в КОМПАС необходимо выбрать панель инструментов «Обозначения» и выбрать команду «Стрелка взгляда», указав начальную точку стрелки и ее положение относительно изображения. Пример дополнительного (вид А) и местного (вид Б) видов приведен на рис. 10.

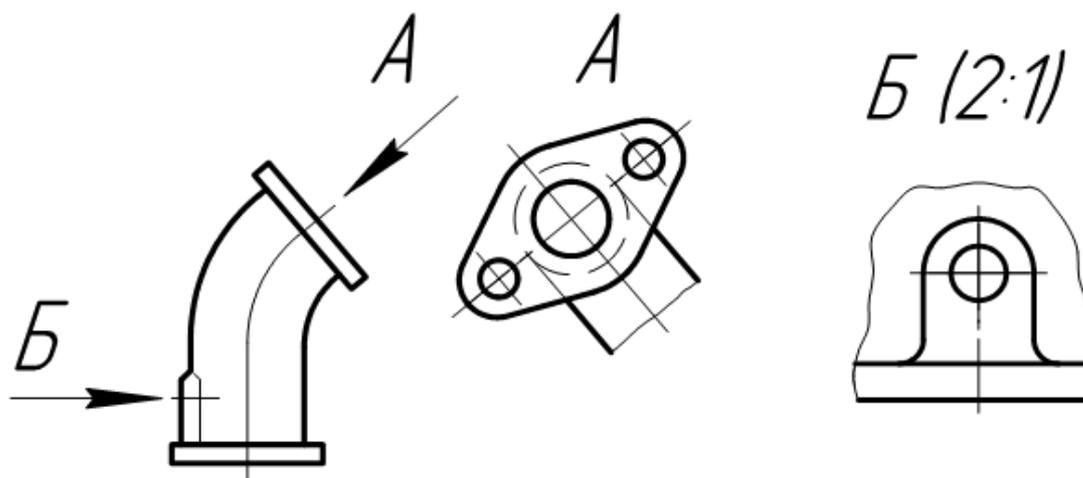


Рис. 10. Дополнительный(А) и местный (Б) виды

## 2.3 РАЗРЕЗЫ

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменение других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Все части предмета, пересекаемые плоскостью, заштриховывают, пустоты не штрихуют.

В зависимости от положения секущей плоскости разрезы бывают горизонтальными, вертикальными и наклонными. Разрезы бывают продольными, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета, и поперечными, если секущие плоскости направлены перпендикулярно к длине или высоте предмета.

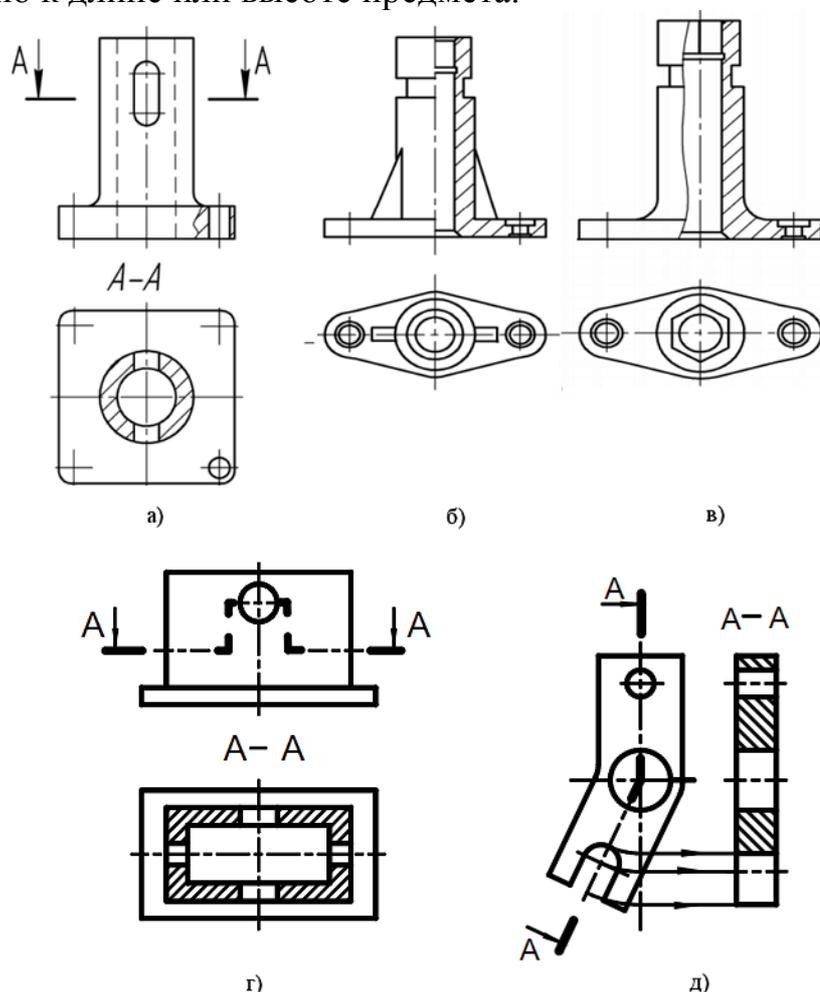


Рис. 11. Разрезы: а – простой; б и в – местные; г – ступенчатый; д – ломаный

Вертикальный разрез называют фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекции, и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекции.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы бывают простыми, образованными одной секущей плоскостью, и сложными, образованными несколькими секущими плоскостями. Сложные разрезы бывают ступенчатыми,

если секущие плоскости параллельны, и ломаными, если секущие плоскости пересекаются. При ломаном разрезе секущие плоскости условно разворачивают до совмещения в одну плоскость.

На разрезах допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции. Фронтальные, горизонтальные и профильные разрезы обычно располагают на месте соответствующих основных видов.

При обозначении разреза указывают положение секущей плоскости, а сам разрез отмечают двумя прописными буквами русского алфавита через тире. Положение секущей плоскости указывают разомкнутой линией. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление проецирования. В КОМПАС для обозначения разреза нужно перейти на вкладку «Обозначения» и нажать кнопку «Линия разреза». Для простого разреза достаточно указать курсором положения начального и конечного штрихов, а также направление проецирования. Если разрез сложный, то в панели свойств надо нажать кнопку «Сложный разрез», и курсором указать положение линии пересечения секущих плоскостей.

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном ограниченном месте, называется местным. Его отделяют от вида сплошной тонкой волнистой линией с изломами. Местный размер обычно не обозначается. Часть вида и разреза допускается соединять, разделяя их тонкой волнистой линией. Если объект симметричен, то лучше проводить разделение по линии симметрии. Примеры разрезов приведены на рис. 11.

## 2.4 СЕЧЕНИЯ

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получается в секущей плоскости. Штриховка в секущей плоскости выполняется, как и для разреза. Сечения являются составной частью разреза. В случае, когда они изображаются самостоятельно, сечения разделяют на вынесенные и наложенные. Вынесенные сечения располагают вне изображения предмета. Наложённые совмещают с соответствующим видом предмета. Вынесенные сечения предпочтительны, их располагают в разрыве между частями одного и того же вида, на продолжении линии сечения или в любом месте чертежа.

Контуры вынесенных сечений изображают сплошными толстыми линиями, контуры наложенных сечений – сплошными тонкими линиями. Обозначение сечений аналогично обозначению разрезов. В качестве секущей плоскости допускается применять цилиндрическую поверхность, развертываемую потом в плоскость. Также сечение допускается располагать с поворотом. Примеры сечений приведены на рис.12.

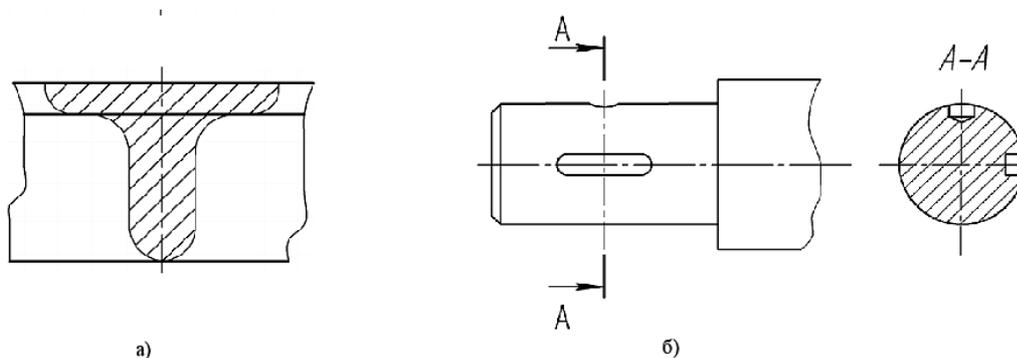


Рис.12. Сечения: а – наложенное симметричное; б - вынесенное

## 2.5 ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Выносной элемент – дополнительное отдельное увеличенное изображение части предмета, требующее графического и других пояснений в отношении формы, размеров и других элементов.

Выносной элемент следует располагать по возможности ближе к соответствующему месту на изображении предмета, место это отмечают замкнутой сплошной тонкой линией (в форме окружности или овала) с обозначением выносного элемента прописной буквой или буквой и арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают его обозначение и рядом в скобках масштаб, в котором он выполнен (рис.13).

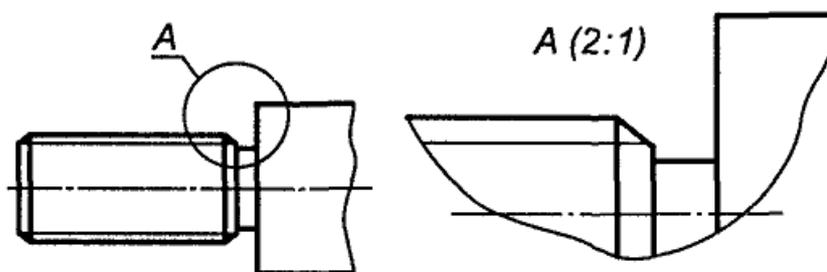


Рис.13. Выносной элемент

В КОМПАС для создания выносного элемента надо выбрать вкладку «Обозначения» и нажать кнопку «Выносной элемент». После указать курсором центр окружности, которая отмечает выделенное место, положение границы области и положение полки с обозначением. В панели свойств указать обозначение элемента и его масштаб. Затем курсором указать расположение выносного элемента на чертеже. К сожалению, в режиме создания чертежа КОМПАС не умеет автоматически создавать выносной элемент. Поэтому выносной элемент необходимо создать самостоятельно и затем отмасштабировать его с помощью команды «Масштабирование», расположенной на вкладке «Редактирование».

## 2.6 ГРАФИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПРАВИЛА ИХ НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

Графическое обозначение материалов в сечениях должно способствовать легкому различению деталей, а также показывать вид материала детали, не затрудняя чтение чертежа.

Правила графического обозначения и нанесения материала в сечениях на чертежах устанавливает ГОСТ 2.306 – 68. Штриховку выполняют сплошными тонкими линиями. Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом  $45^\circ$  или к линии контура изображения, или его оси, или к линиям рамки чертежа, или к линиям рамки чертежа. Вместо угла  $45^\circ$  допускается использовать углы  $30^\circ$  или  $60^\circ$ . Узкие и длинные площади сечений следует штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, остальную площадь сечения – небольшими участками в нескольких местах.

Общее графическое обозначение материалов в разрезах и сечениях должно соответствовать рис.14.

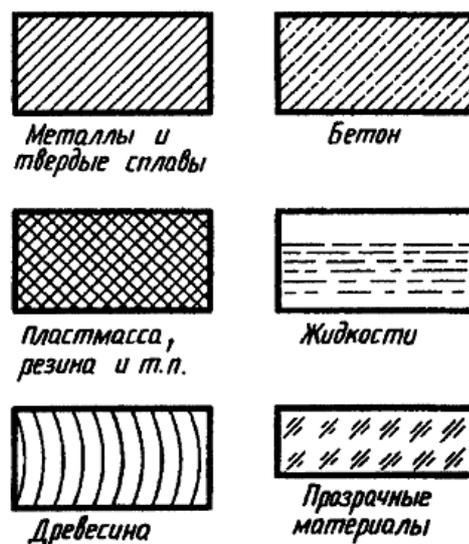


Рис. 14. Примеры штриховки

В КОМПАС штриховка задается из вкладки «Геометрия» → кнопка «Штриховка». В панели свойств окно «Стиль» позволяет выбрать тип материала, а окна «Шаг» и «Угол» - расстояние между штрихами и их наклон.

## 3 РАЗМЕРЫ И ИХ ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ

### 3.1 НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

Правила нанесения размеров и предельных отклонений устанавливаются по ГОСТ 2.307-68. Величину изображенного изделия и его элементов определяют размерные числа, нанесенные на чертеже. Линейные размеры и их предельные отклонения указывают в миллиметрах. Угловые размеры и их предельные отклонения указывают с обозначением единиц (градусов, минут, секунд), например -  $5^{\circ}30'$ .

На чертеже должно быть проставлено минимальное число размеров, но достаточное для изготовления и контроля изделия. Повторение размеров на разных изображениях чертежа недопустимо. Размеры на чертежах указывают размерными линиями (в виде отрезка или дуги с одной или двумя стрелками) и размерными числами. Для определения размеров прямолинейных отрезков параллельно им проводят размерные линии и над ними проставляют размерные числа (рис. 15).

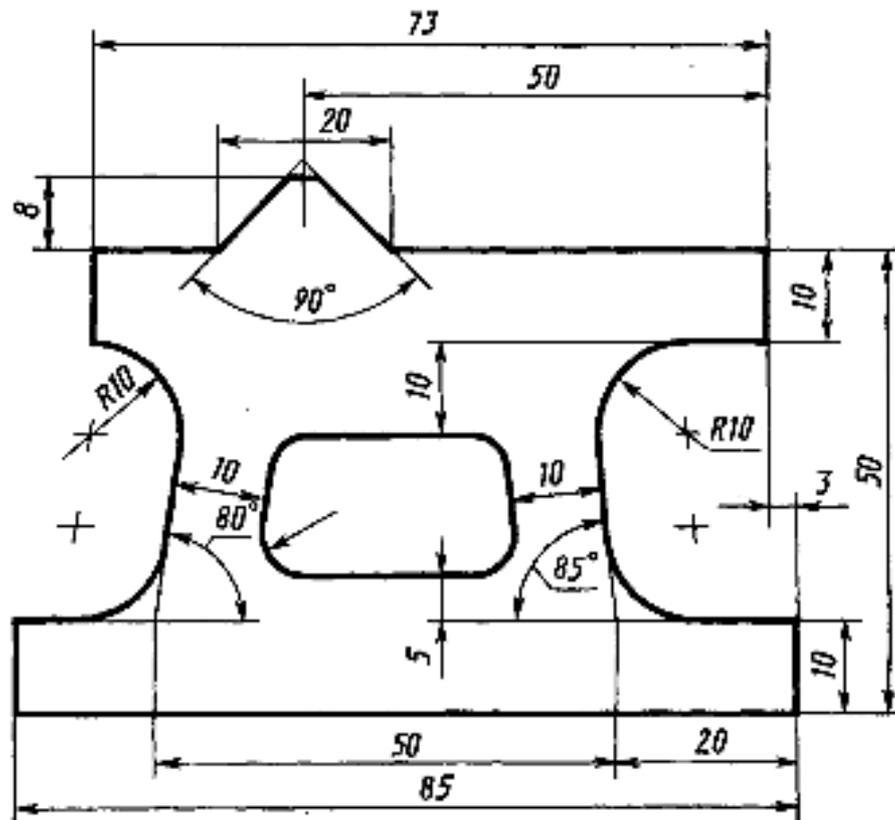


Рис. 15. Нанесение линейных и угловых размеров на изделие

Размерная линия окружности проводится по диаметру (рис. 16). При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии радиально (рис. 15). Размерные линии допускаются

проводить непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям, но использовать последние в качестве размерных – запрещено. Также рекомендуется наносить размеры и размерные линии вне контура изображения. Расстояние от размерной линии до параллельной ей линии контура должно быть в пределах 6 – 10 мм. Расстояние между параллельными размерными линиями не должно быть меньше 10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных линий.

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (отверстию, выступу и т.д.) рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма этого элемента показана наиболее полно.

Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии и стрелки наносят с внешней стороны (рис.16). Если при нанесении цепочки размеров места для стрелок нет, то допустима их замена насечками (под углом 45°) или жирными точками. В случае, когда места над размерной линией для размерного числа недостаточно, рекомендуется наносить их на полке-выноске (рис.16).

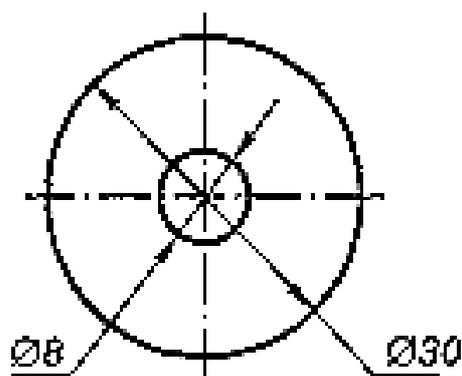


Рис. 16. Варианты простановки диаметров

Для обозначения определяемого конструктивного элемента (отверстия, скругления и т.д.) используются специальные условные знаки, ставящиеся перед размерным числом:

- Ø - для обозначения диаметра (рис. 16);
- R – для обозначения радиуса (рис. 15);
- О - сфера (если трудно отличить сферу от другой поверхности);
- - квадрат;
- ◁ - конусность (отношение разности диаметров большого и малого оснований конуса к его высоте (рис.17а);

Размеры фасок, нанесенных под углом 45°, наносят, как показано на рис. 17б. Первая цифра показывает высоту конуса, формирующего фаску, вторая – угол фаски. Размеры фасок, выполненных под другими углами, указываются линейным и угловым, либо только двумя линейными размерами (рис. 17в).

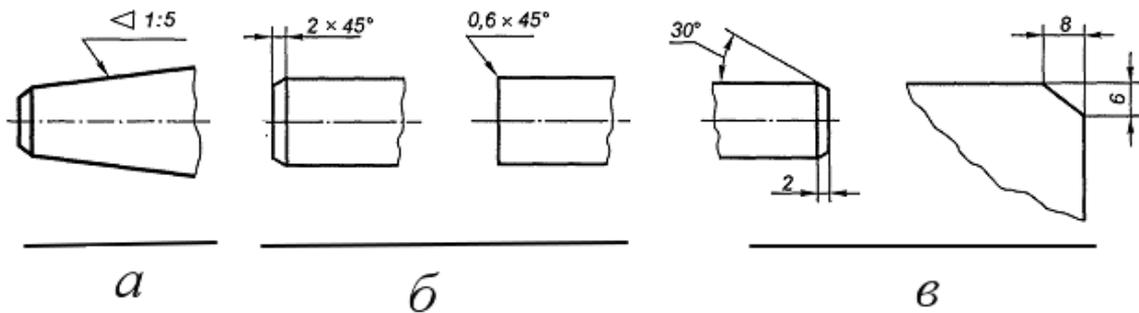


Рис. 17. Нанесение: конусности (а), фаски под углом 45° (б), фаски произвольного размера (в)

Размеры, определяющие взаимное расположение элементов предмета или его поверхностей указывают от общей базы (рис. 18а), от нескольких баз (рис. 18б) или между смежными элементами – цепочками (рис. 18в). Размерной базой называют поверхность, от которой ведут отсчет размеров при изготовлении деталей. Размерными базами могут служить:

- торцевые поверхности, с которых начинается обработка детали;
- оси симметрии или другие взаимно перпендикулярные линии (кромки деталей, контуры элементов и др.).

Желательно, чтобы размерные базы совпадали с конструкторскими и технологическими.

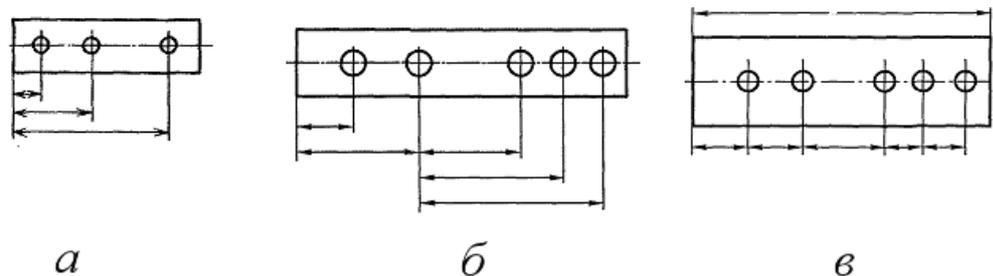


Рис. 18. Нанесение линейных размеров: от одной базы (а), от нескольких баз (б), цепочкой (в)

Размеры нескольких одинаковых элементов изделия (отверстий, фасок, пазов и др.) наносят один раз, указывая на полке линии-выноски число этих элементов (рис.19а). Если одинаковые элементы расположены на изделии равномерно, рекомендуется проставить размер между двумя соседними элементами, а затем размер между крайними элементами в виде произведения числа элементов на размер промежутка между ними (рис. 19б).

Наносить размеры на чертежах в виде замкнутой цепи не допускается, кроме случая, когда один из размеров является справочным. Справочными называют размеры, которые не используют при изготовлении детали, но облегчают чтение чертежа. Справочные размеры отмечают знаком «\*» и в технических требованиях под чертежом записывают «\*Размеры для справок» (рис. 20). Кроме одного из размеров замкнутой цепи к справочным относят

также размеры перенесенные с чертежей изделий заготовок; размеры деталей из сортового, фасонного и другого проката; размеры, определяющие предельные положения отдельных элементов изделия; установочные и присоединительные размеры (определяют размеры элементов, по которым данное изделие присоединяют к другому изделию); габаритные размеры, определяющие внешние очертания изделия.

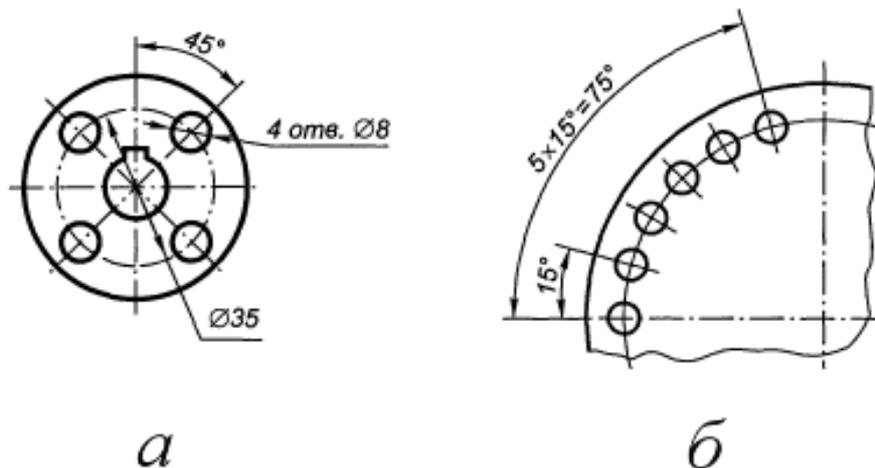


Рис. 19. Простановка размеров повторяющихся элементов: при их симметричном расположении (а), несимметричном расположении (б)

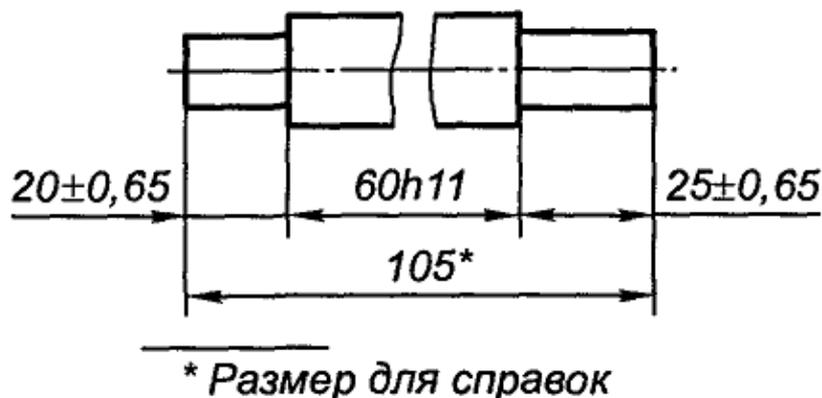


Рис. 20. Простановка справочного размера

В КОМПАС нанесение размеров осуществляется следующим образом:

- Создается эскиз изделия, на который необходимо нанести размеры, и включаются привязки – «Пересечение» и «Центр»;
- Нажатием на кнопку компактной панели «Размеры» активизируется панель инструментов размеры (рис. 21), которая содержит кнопки «Линейный размер», «Угловой размер» и т.д.;
- Для простановки линейного размера нажимается соответствующая кнопка и из всплывающего меню выбирается способ простановки линейного размера (от одной базы, цепной, с разрывом и т.д.). Внизу в панели свойств задается ориентация размера – горизонтальная ориентация. После этого курсор наводится на левую границу основания контура эскиза и

нажимается левая кнопка мыши. Аналогично поступают с правой границей основания и получают размер основания. Размерное число проставляется автоматически. Чтобы проставить размеры, определяющие положение оси отверстия, необходимо совмещать курсор с центром отверстия и левой границей основания;

- Для простановки диаметра отверстия нужно нажать кнопку «Диаметральный размер» и запустить панель свойств. После выделения курсором контура отверстия и нажатия левой кнопки мыши в поле эскиза появится нужный размер. Для того чтобы правильно расположить размерное число используют вкладку «Параметры» панели свойств и в ней опцию «Размещение текста» - во всплывающем окне выберем пункт «На полке справа»;
- Для простановки углового размера надо нажать кнопку «Угловой размер» и из всплывающего меню выбрать нужный тип размера (от базы, цепной и т.д.). Выделив отрезки контура изделия, между которыми необходимо проставить размер, и перемещая курсор определяют положение размерной линии и размерного числа относительно контура эскиза. Эскиз с проставленными размерами приведен на рис. 21.

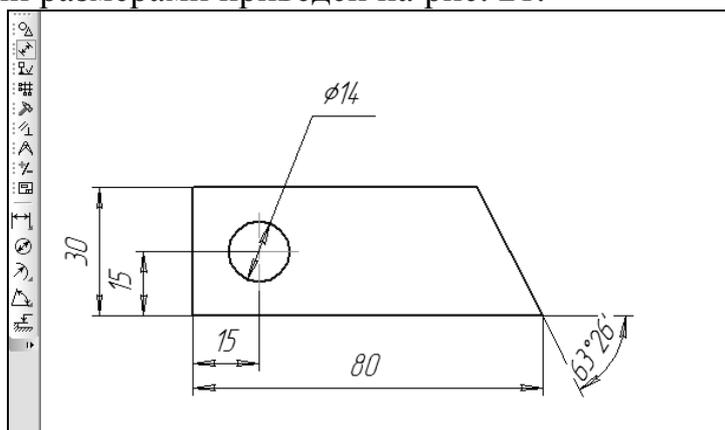


Рис. 21. Простановка размеров в САПР КОМПАС

### 3.2 НАНЕСЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ

Предельные отклонения размеров указывают непосредственно после номинальных размеров (ГОСТ 2.307 — 68).

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах согласно ГОСТ 25346 — 89 и 25347 — 89 следующим образом:

- обозначением полей допусков, например 20H7 (рис. 22а);
- числовыми значениями, например  $20^{+0.018}$ ,  $12_{-0.059}^{-0.032}$  (рис. 22б);
- условным обозначением полей допусков с указанием справа в скобках их числовых значений, например  $20H7(+0.018)$ ,  $12e8(-0.032)$  (рис. 22в).

При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние

отклонения помещают над нижними, а равные нулю не указывают.

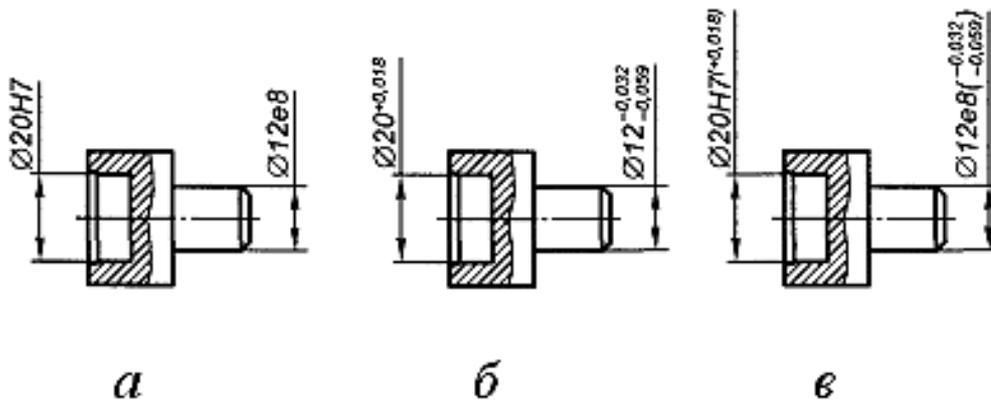


Рис. 22. Варианты нанесения предельных отклонений размеров

Поля допусков отверстий (охватывающих размеров) обозначают прописными, а валов (охватываемых размеров) – строчными буквами латинского алфавита. Цифры номера качества точности пишутся в строку с буквой, обозначающей поле допуска, и имеют высоту равную высоте букв.

Предельные отклонения угловых размеров указываются только их числовыми значениями (рис. 23а).

Предельные отклонения расположения осей отверстий указывают двумя способами – позиционными допусками осей отверстий, или предельными отклонениями размеров, координирующих оси (рис. 23б).

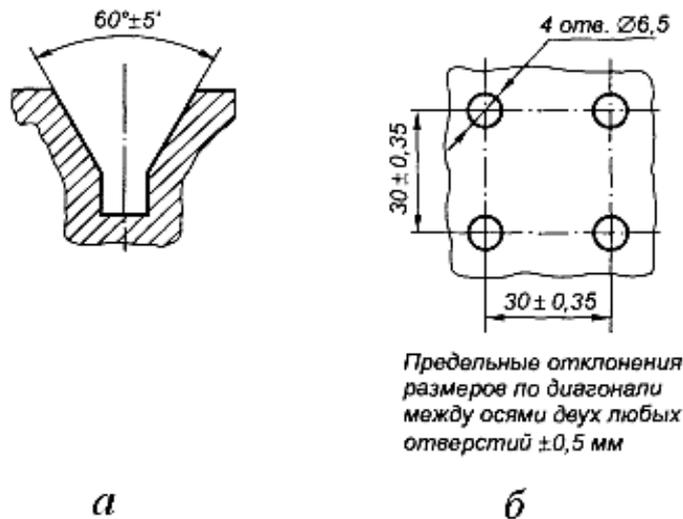


Рис. 23. Нанесение предельного отклонения углового размера (а) и расстояния между осями (б)

Добавить предельное отклонение размера в КОМПАС можно следующим образом:

- Выбрать на панели инструментов «Размеры» нужный тип размера, указать точки объекта, к которым привязываются выносные линии, и щелкнуть левой кнопкой мыши на окне «Текст». После этого появится окно «Задание размерной надписи», которое позволяет ввести нужный квалитет, условные

знаки и текст после размерного числа (рис. 24)

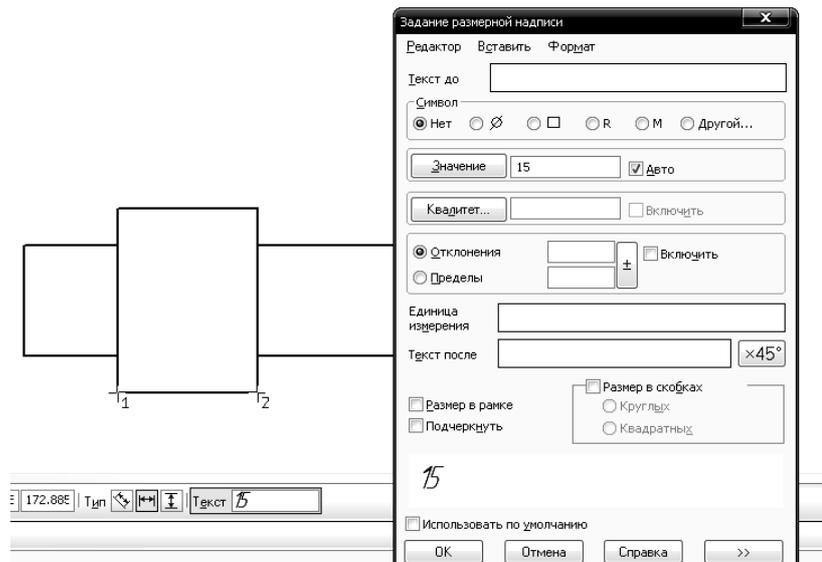
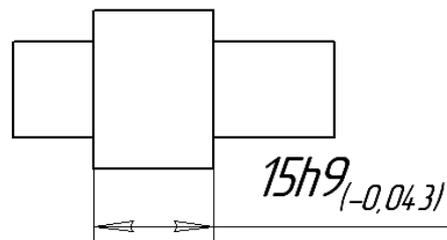
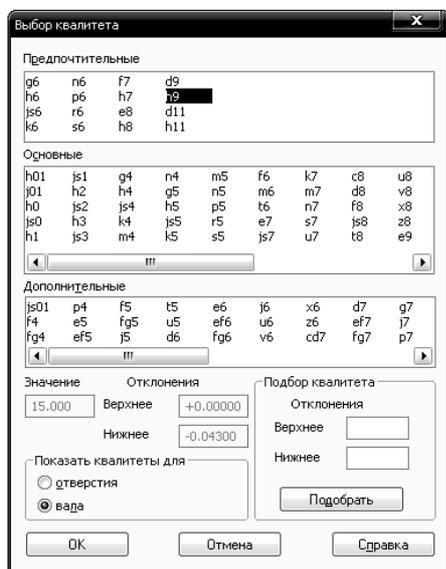


Рис. 24. Вид окна «Задание размерной надписи»

- Нажать на кнопку «Квалитет» - появится окно, в котором можно выбрать необходимую систему нанесения предельных отклонений (отверстия или вала) и нужное поле допуска и его квалитет (рис.25а)



а

б

Рис. 25. Окно выбора величины предельного отклонения (а) и его вид на чертеже (б)

- Чтобы активизировать на чертеже обозначение поля допуска и его численные значения надо поставить галочку напротив окон «Квалитет» и «Отклонения». После этого нажать кнопку «Принять» на панели свойств. Результат показан на рис. 25 б.

### 3.3 ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей на чертежах устанавливает ГОСТ 2.308 — 79, термины и определения — ГОСТ 24642—81, числовые значения допусков — ГОСТ 24643-81.

Для обозначения на чертеже вида допуска формы и расположения поверхностей используют знаки (графические символы), приведенные на рис. 26.

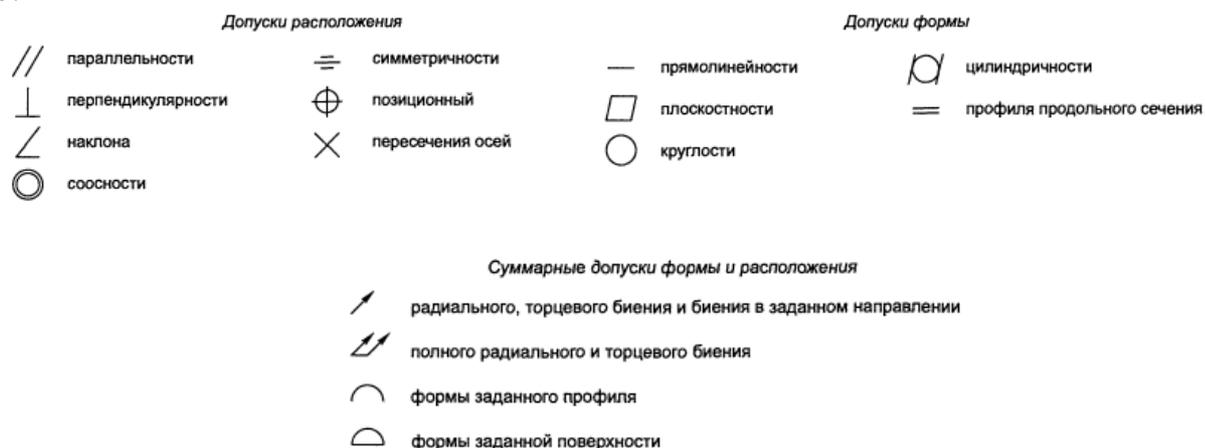


Рис. 26. Условные обозначения предельных отклонений формы и расположения поверхностей детали

Условное обозначение допусков формы и расположения поверхностей располагают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более частей, в которых указывают:

- В первой – знак допуска (из приведенных на рис. 26);
- Во второй – числовое значение допуска в мм;
- В третьей и последующих – обозначение базы или поверхности, от которой задается требуемый допуск.

Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой. Стрелка указывает направление измерения отклонения. Если допуск относится к поверхности объекта или поверхности резьбы, рамку соединяют либо с контуром объекта, либо с выносной линией, которая является продолжением линии контура. Если допуск относится к оси или плоскости симметрии объекта – стрелка, соединяющая рамку с объектом, должна являться продолжением размерной линии.

Базовые поверхности обозначают зачерненным равнобедренным треугольником, от которого проводят тонкую линию к рамке, в которой указывают название поверхности (для обозначения поверхности рекомендуется использовать строчные буквы русского алфавита). Пример задания такого допуска приведен на рис. 27.

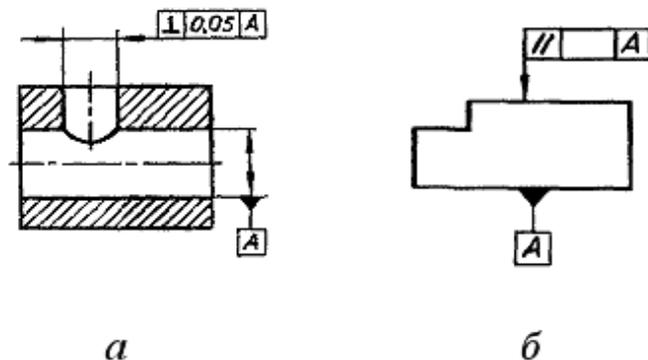


Рис. 27. Обозначение на чертеже базовых поверхностей и допусков на перпендикулярность осей отверстий (а) и параллельность поверхностей (б)

На рис. 27а проставлен допуск на перпендикулярность между осями отверстий. Базой здесь является ось большого отверстия - она обозначена буквой А. На рис. 27б проставлен допуск на параллельность верхней грани объекта его основанию, которое обозначено как базовая поверхность.

Для создания допуска формы или расположения поверхности в КОМПАС надо выполнить следующие шаги:

- Задать базовые поверхности. Для этого открыть панель «Обозначения» и выбрать кнопку «База». Нажав её, в панели свойств выбрать окно «Текст» и ввести в него обозначение базы. Затем курсором мыши указать отрезок контура объекта, на который проставляется значок базы, и его положение относительного отрезка;

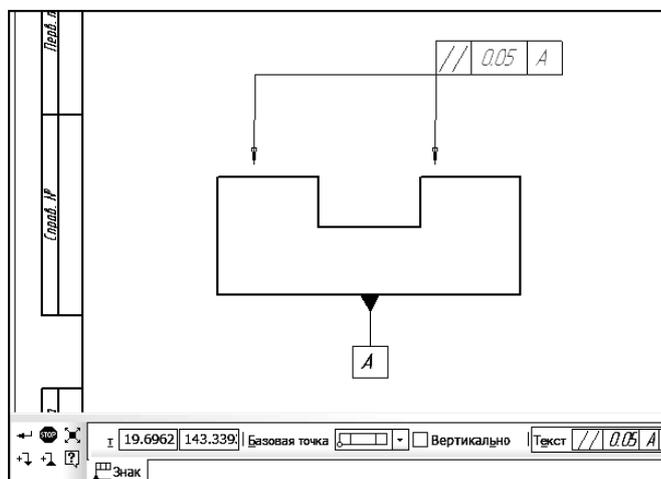


Рис. 28. Вид панели свойств при простановке в КОМПАС допусков формы и взаимного положения

- Создать допуск формы. Для этого нажать кнопку «Допуск формы» и указать в поле чертежа положение рамки. В панели свойств в окне «Базовая точка» выбрать точку рамки, от которой будет проведена стрелка к объекту. Щелкнуть левой кнопкой мыши на окне «Текст» - откроется панель форматирования рамки. Вкладка «Таблица» позволяет добавлять и удалять ячейки рамки. Вкладка «Вставка» позволяет добавлять в ячейки рамки нужные условные обозначения допусков – для этого надо нажать

кнопку «Спецзнак» и в открывшемся окне выбрать нужное обозначение. Нажав «ОК» и вернувшись в панель свойств надо нажать на кнопку «Ответвление со стрелкой» и указать курсором точку начала стрелки на рамке и точку на контуре объекта. Если этот допуск проставляется на несколько поверхностей, последнюю операцию нужно повторить требуемое число раз (рис. 28).

### 3.4 ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Шероховатостью поверхности называют совокупность всех микронеровностей, образующих рельеф поверхности детали. Величину шероховатости определяют по высоте гребешков и глубине впадин. Она оказывает существенное влияние на эксплуатационные характеристики деталей – трение, износостойчивость, прочность и т.п.

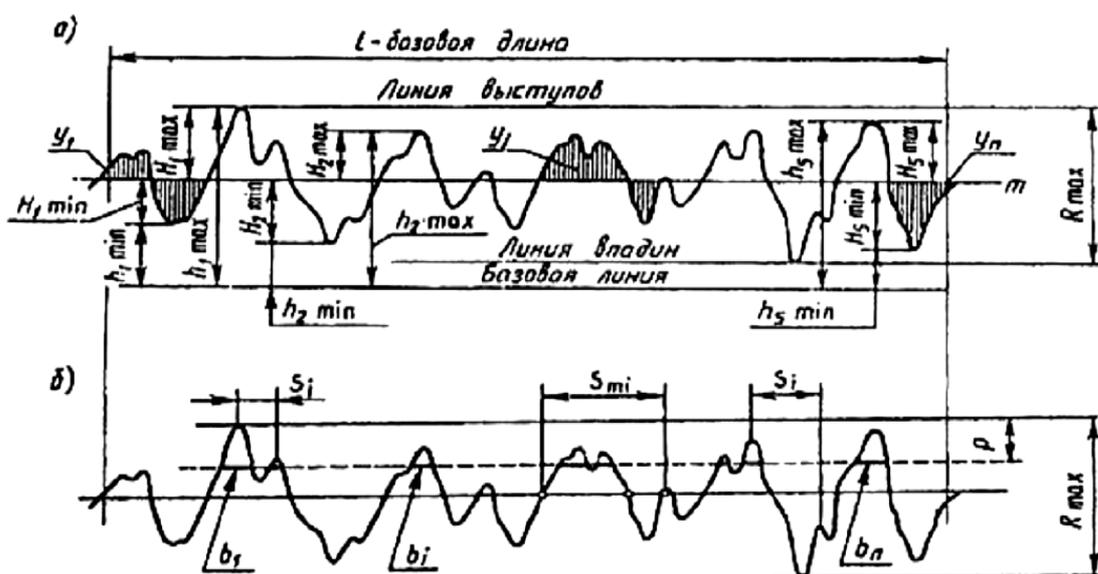


Рис. 29. Профилограммы поверхности детали с обозначением измеряемых параметров

ГОСТ 2.309 – 73 и 2789 – 73 устанавливают правила обозначения на чертеже шероховатости всех обрабатываемых поверхностей изделия независимо от методов их образования, кроме поверхностей, указание шероховатостей которых не обусловлено требованиями конструкции.

Согласно ГОСТ 2789-73 требования к шероховатости поверхности должны быть обоснованы и установлены с учетом функционального назначения поверхности. Если требований к шероховатости поверхности не установлено, она не подлежит контролю.

Шероховатость поверхности оценивают количественно и качественно.

Количественная оценка состоит в определении степени шероховатости одному из приведенных ниже параметров.

Качественная оценка шероховатости заключается в сравнении ее с образцами.

На рис. 29 показано многократно увеличенная профилограмма

неровностей поверхности на некотором ее участке – базовой длине  $l$ , полученная сечением поверхности нормальной к ней плоскостью.

Базовой называется длина участка поверхности  $l$ , характеризующая шероховатость поверхности и используемая для количественного определения ее параметров.

Для оценки качества поверхности ГОСТ 2789-73 устанавливает следующие параметры:

Высотные параметры:

$Ra$  – среднее арифметическое отклонение профиля, т.е. – среднее арифметическое значение ординат  $y_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i ;$$

$Rz$  – средняя высота неровностей профиля по 10 точкам, т.е. – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right) ;$$

$R_{max}$  – наибольшая высота профиля.

Шаговые параметры:

$S$  – средний шаг неровностей профиля по вершинам;

$S_m$  – средний шаг неровностей профиля по средней линии;

В большинстве случаев используют высотные параметры  $Ra$  и  $Rz$ , причем параметр  $Ra$  является предпочтительным. На учебных чертежах и эскизах обычно ограничиваются указанием одного из высотных параметров  $Ra$  или  $Rz$ , выбирая числовые величины шероховатости в микрометрах (мкм) из таблиц.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 30. Если требуется указать только параметр шероховатости, полка не отрисовывается. В 2003 году в ГОСТ 2.309 – 73 была внесена редакция №3, согласно которой параметр шероховатости указывается под полкой.

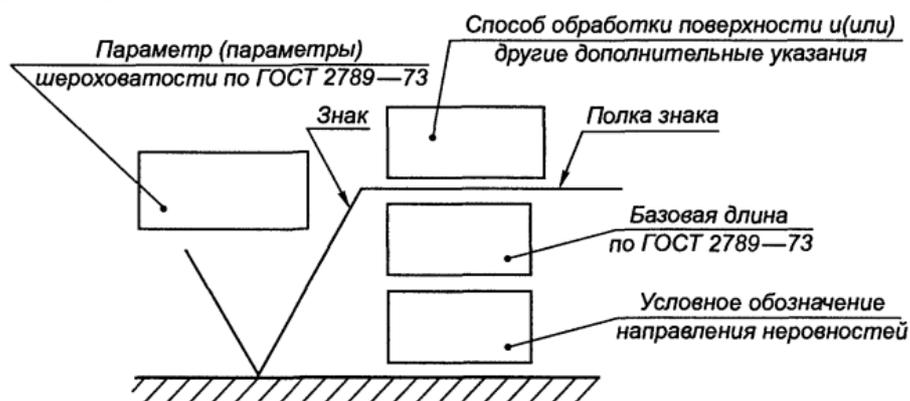


Рис. 30. Структура обозначения шероховатости

Если способ обработки поверхности не устанавливается, в обозначении применяют знак шероховатости, изображенный на рис. 31а; если поверхность изделия образуется ее резанием (например, точением) – знак, изображенный на рис. 31б; при формообразовании изделия без удаления материала (литье, штамповка) – знак, изображенный на рис. 31в.

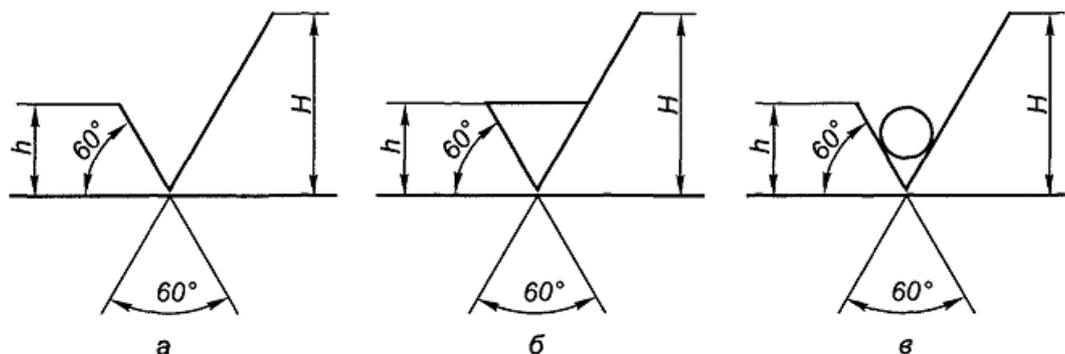


Рис. 31. Знаки шероховатости поверхности полученной: без указания способа получения поверхности (а), резанием (б), литьем (в)

Обозначение шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях или полках линий-выносок. При недостатке места можно располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию. Примеры нанесения шероховатости приведены на рис. 32 (рис. 32б – с учетом редакции №3).

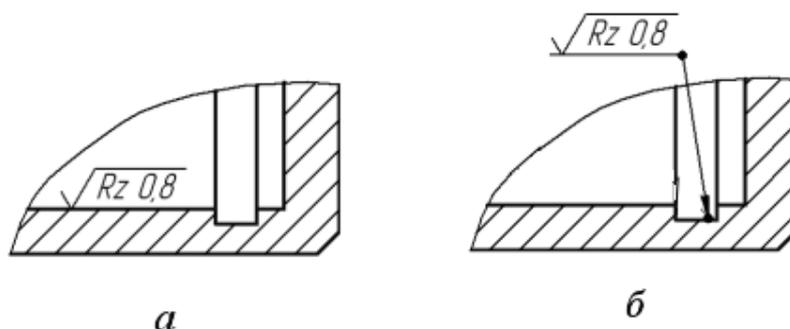


Рис. 32. Простановка знака шероховатости (согласно редакции №3): на линии контура (а) и полке линии-выноски (б)

При одинаковой шероховатости поверхности всего изделия знак шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа. Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхности изделия, в скобках можно помещать в правом верхнем углу чертежа (рис. 33а). Это будет говорить о том, что все поверхности, на изображении которых не нанесены соответствующие обозначения, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением в скобках. Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия – отверстий, зубьев и т.д. наносят один раз.

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, шлицев и т.п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной окружности (рис. 33б). Обозначение шероховатости

поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам его изображения или условно на выносной линии для указания размера резьбы, либо на размерной линии, либо ее продолжении (рис. 33в).

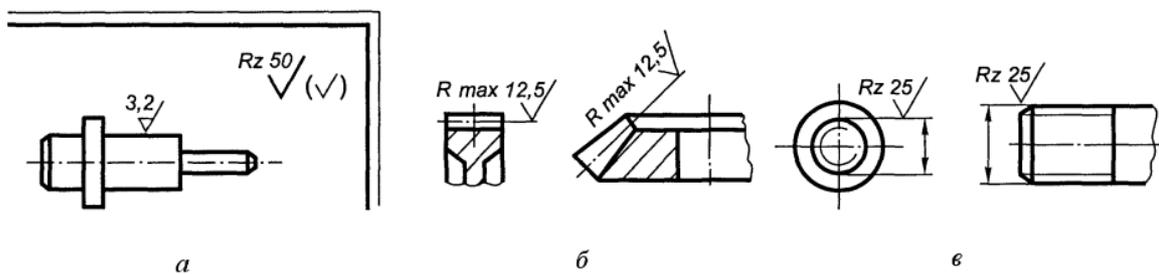


Рис. 33. Простановка знака шероховатости: для всего изделия (а), на зубчатое колесо (б), резьбу (в)

Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (рис. 34).

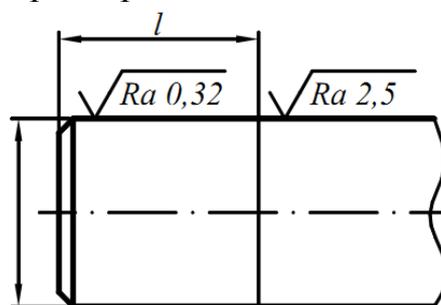


Рис. 34. Простановка шероховатости на разные участки одной поверхности

При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений, например

$$\sqrt{Rz 50}$$

При указании наименьшего значения параметра шероховатости после обозначения параметра следует указывать «min», например:

$$\sqrt{Rz 50 \text{ min}}$$

Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности, например:

$$\sqrt{\text{Полировать}} Ra 0,025$$

Для простановки шероховатости поверхности в КОМПАС надо выполнить следующие действия:

- Перейти на панель инструментов «Обозначения»;
- Выбрать на ней кнопку «Шероховатость»;
- В появившейся панели свойств выбрать тип значка шероховатости и

указать курсором линию на объекте, к которой этот значок будет относиться (рис. 34);

- Перейти в окно «Текст» и заполнить требуемые поля (параметр, способ обработки и т.д.);
- Если невозможно поместить знак шероховатости на нужной линии, можно создать полку-выноску, перейдя для этого на вкладку «Параметры».

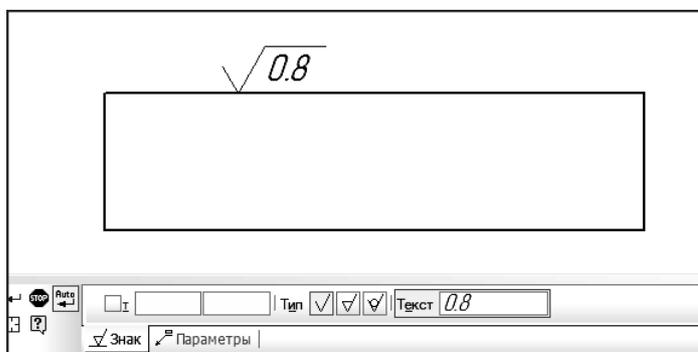


Рис. 34. Вид панели свойств при простановке шероховатости в КОМПАС

При простановке значка неуказанной шероховатости в правом верхнем углу чертежа надо выбрать меню «Вставка» и выбрать в ней опцию «Неуказанная шероховатость». В появившемся окне (рис. 35) надо выбрать тип значка и ввести требуемый параметр шероховатости.

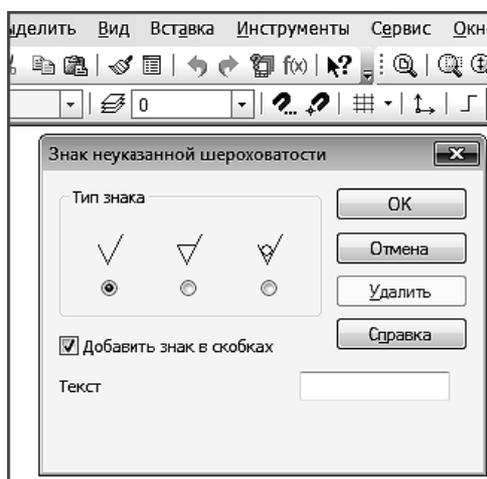


Рис. 35. Простановка значка неуказанной шероховатости

### 3.5 ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ НАДПИСЕЙ, ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И ТАБЛИЦ.

Кроме изображения с размерами и допусками чертеж может содержать:

- Текстовую часть, состоящую из технических требований или технических характеристик;
- Надписи с обозначением изображения, а также относящиеся к отдельным

элементам изделия;

- Таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями и т.д.

Поэтому необходимо придерживаться нижеуказанных требований ГОСТ 2.316 – 68.

Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В надписях на чертежах не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых. Текст на поле чертежа и в таблицах должен быть расположен параллельно основной надписи. Около изображений на полках линий-выносок наносят только краткие надписи – например, число отверстий и т.д.

Линию-выноску, пересекающую контур изображения заканчивают точкой (рис. 36а). Линию-выноску, отводимую от линий видимого и невидимого контуров, а также от линий обозначающих поверхности, заканчивают стрелкой (рис. 36б). На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни точки, ни стрелки.

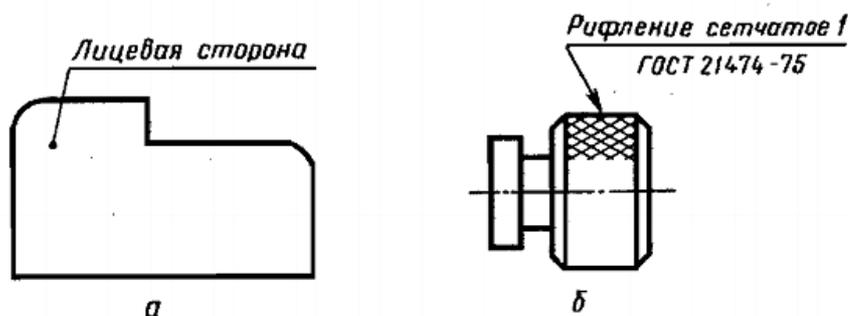


Рис. 36. Примеры нанесения линий-выносок

Линии-выноски не должны пересекаться между собой, быть непараллельными линиям штриховки, и по возможности не пересекать размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись. Допускается проводить от одной полки несколько линий-выносок. Надпись на полке не должна содержать более двух строк.

Текстовую часть размещают над основной надписью. Недопустимо размещать между ними таблицы и изображения. Таблицы параметров размещают в поле чертежа по соответствующим стандартам. Все другие таблицы размещают в свободном поле справа от изображения или под ним в соответствии с ГОСТ 2.105 – 95.

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе близкие по смыслу требования в следующем порядке:

- Требования, предъявляемые к материалу, заготовке, условиям обработки, свойствам материала и т.п.;
- Размеры и предельные отклонения;
- Требования к качеству поверхностей, покрытиям;
- Зазоры, взаимное расположение элементов конструкции;

- Требования к настройке и регулировке изделий;
- Условия и способы испытания;
- Указания о маркировании и клеймении;
- Правила транспортирования хранения;

Заголовок «Технические требования» не пишут. Нумерация позиций должна быть сквозной, каждый пункт записывается с красной строки.

При выполнении чертежа на двух и более листах текстовую часть размещают только на первом листе. Для обозначения на чертежах видов, сечений и т.д. применяют прописные буквы латинского алфавита, которые присваивают в алфавитном порядке. Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают непосредственно после надписи относящейся к изображению: А – А (1 : 1) или Б (2 : 1).

В КОМПАС для введения текста и создания таблиц на панели инструментов «Обозначения» предусмотрены кнопки «Ввод текста» и «Ввод таблицы». Пользуясь панелью свойств, можно кроме цифр и букв вводить специальные символы, спецзнаки, индексы и т.д.

## 4 РЕЗЬБЫ И КРЕПЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

### 4.1 КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗЬБ

Резьбовые соединения относятся к группе разъемных соединений. Такие соединения могут быть неподвижными (фиксирующими положение соединяемых деталей относительно друг друга) или подвижными, в которых задается передвижение одной детали относительно другой

По назначению резьбы делятся на крепежные (в неподвижном соединении) и ходовые, или кинематические (в подвижном соединении).

Резьба может быть нарезана на деталях с различной формой поверхности (как цилиндрической, так и конической) и называется соответственно цилиндрической и конической резьбой.

В зависимости от расположения поверхности резьба может быть наружной или внутренней.

В зависимости от формы профиля различают резьбу треугольную, трапецевидную, прямоугольную, круглую, специальную.

Треугольная резьба подразделяется на метрическую, трубную, коническую дюймовую, трапецевидная резьба – на трапецеидальную, упорную, упорную усиленную.

Профили резьбы характеризуются следующими особенностями:

- Метрическая резьба имеет профиль в виде равностороннего треугольника с углом при вершине  $60^\circ$ ;
- Трубная резьба имеет профиль в виде равнобедренного треугольника с углом при вершине  $55^\circ$ ;
- Коническая дюймовая резьба с углом профиля  $60^\circ$  имеет профиль в виде равностороннего треугольника;
- Трапецеидальная резьба имеет профиль в виде равнобочной трапеции с углом  $30^\circ$  между боковыми сторонами;
- Упорная резьба имеет профиль в виде неравнобочной трапеции с углом наклона рабочей стороны  $3^\circ$  и нерабочей  $45^\circ$ .

По величине шага различают резьбу крупную, мелкую, специальную.

По числу заходов резьбы делят на однозаходные и многозаходные.

По направлению винтовой линии различают резьбу правую и левую.

К основным элементам резьбы по ГОСТ 11708-82 относят:

Профиль резьбы – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через её ось (рис. 37);

Угол профиля  $\alpha$  – угол между боковыми сторонами профиля. Наиболее распространённая крепёжная метрическая резьба имеет угол профиля  $60^\circ$  с притупленными выступами и впадинами;

Наружный диаметр резьбы  $d$  – это диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг выступов наружной или впадин внутренней резьбы.

Этот диаметр для большинства резьб является определяющим и входит в условное обозначение резьбы;

Внутренний диаметр резьбы  $d_1$  – это диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг выступов внутренней или впадин наружной резьбы;

Средний диаметр резьбы  $d_2$  – диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы;

Шаг резьбы  $P$  – расстояние между одноимёнными точками соседних витков резьбы в направлении, параллельном оси резьбы (вершинами, впадинами, точками на боковых сторонах). Для метрической резьбы шаг может быть крупным, тогда в обозначении резьбы его не указывают, или мелким. Мелкий шаг имеет несколько значений, поэтому в обозначении резьбы его нужно указывать. Каждому диаметру метрической резьбы соответствует единственный крупный шаг и несколько мелких шагов;

Ход резьбы  $t$  – расстояние между одноимёнными точками профиля, принадлежащими одной и той же винтовой линии, в направлении, параллельном оси резьбы. Другими словами, ход резьбы есть величина осевого перемещения винта (гайки) за один оборот. В однозаходной резьбе ход равен шагу резьбы, а для многозаходной резьбы ход  $t$  равен произведению шага  $P$  на число заходов  $n \times P$ .

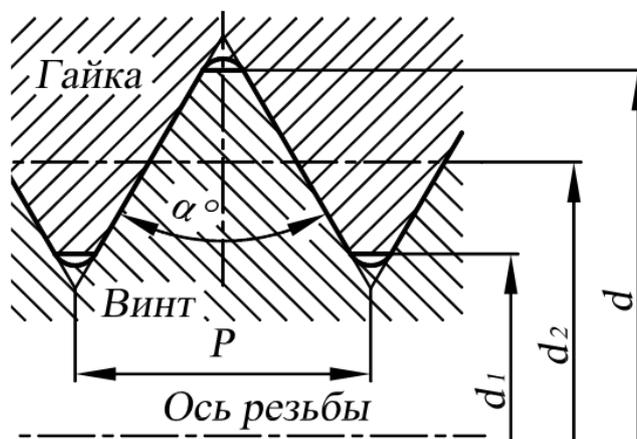


Рис. 37. Основные параметры резьбы

Резьбу можно изготовить: режущим инструментом (резцом, фрезой, метчиком, плашкой); накаткой – выдавливанием винтовых выступов за счет пластической деформации материала; литьем; прессованием и штамповкой.

## 4.2 ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ

В общем случае в обозначение резьбы входят:

- Условное обозначение резьбы;
- Номинальный размер в мм или дюймах;
- Размер шага;
- Буквы ЛН для левой резьбы;
- Буквенно-цифровое обозначение поля допуска или буквенное обозначение

класса точности;

- Цифровое значение или буквенное обозначение длины свинчивания, если оно отличается от нормальной.

Буквенные обозначения резьбы: М – метрическая цилиндрическая; Tr – трапецеидальная; S – упорная; G – трубная цилиндрическая и т.д.

В обозначениях метрической цилиндрической резьбы после буквы М указывают номинальный диаметр резьбы в мм, для мелкой резьбы – шаг в мм и поле допуска (рис. 38).

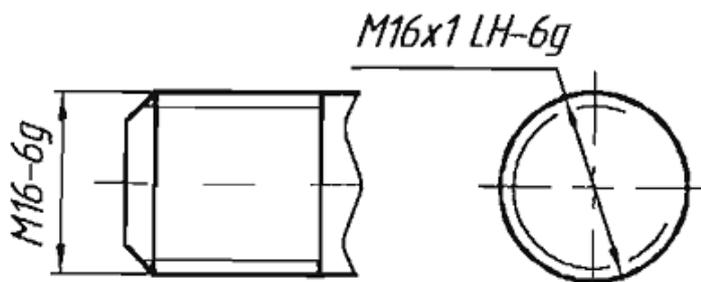


Рис. 38. Изображения внешней резьбы

При изображении резьбы на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.311 – 68 принята условность, когда винтовую линию заменяют двумя линиями – сплошной основной и тонкой (рис. 38).

Наружная резьба изображается сплошной основной линией по внешнему диаметру и сплошной тонкой – по внутреннему диаметру. При этом сплошную тонкую линию проводят на всей длине резьбы, включая фаску, на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии, но не более шага резьбы. На изображениях в плоскости, перпендикулярной оси стержня тонкую линию проводят на  $\frac{3}{4}$  окружности, причем эта линия может быть разомкнута в любом месте.

Расстояние между тонкой и сплошной линиями не должна быть больше шага резьбы. Штриховку в сечениях проводят до сплошной основной линии.

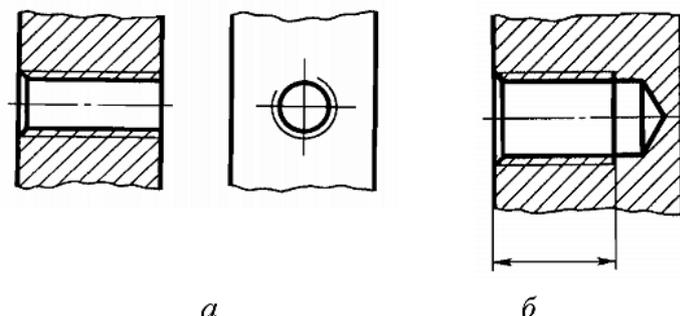


Рис. 39. Изображение внутренней резьбы для сквозного (а) и глухого (б) отверстий

Внутренняя резьба изображается сплошной основной линией по внутреннему диаметру и сплошной тонкой по наружному (рис. 39а), если отверстие не является сквозным, то резьбу изображают как на рис. 39б.

### 4.3 СТАНДАРТНЫЕ КРЕПЕЖНЫЕ ДЕТАЛИ С РЕЗЬБОЙ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЕ

Основными крепежными и соединительными деталями резьбовых соединений являются болты, винты, шпильки, гайки, шайбы, фитинги и стопорные устройства, предохраняющие деталь от самоотвинчивания.

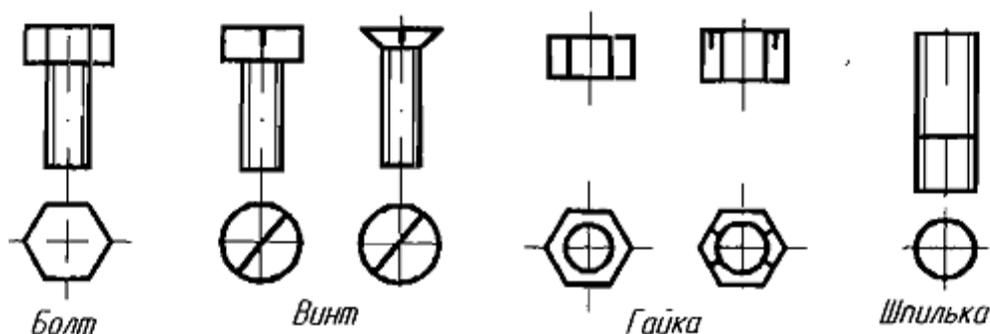


Рис. 40. Упрощенные изображения крепежных деталей

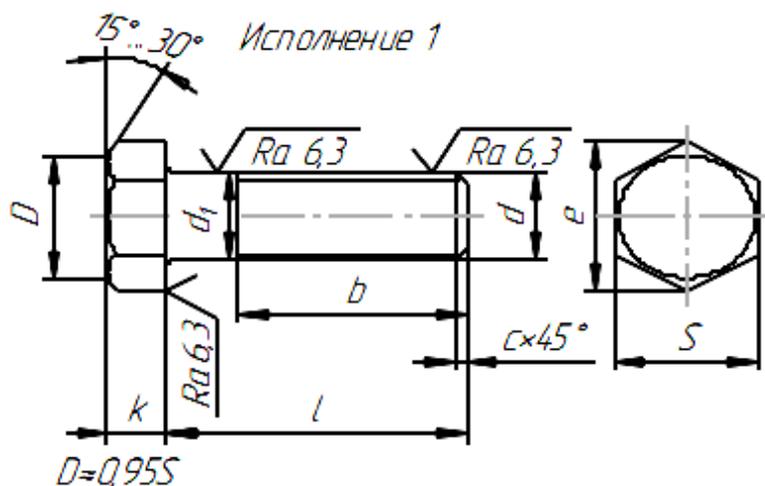


Рис. 41. Болт по ГОСТ 7798 - 70

Болт – цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом. Болты используются в комплекте с гайкой. Наиболее широко применяют болты с шестигранной головкой, повышенной, нормальной и грубой точности (классов точности А, В, С), с нормальной или уменьшенной головкой, с крупным или мелким шагом резьбы. Пример обозначения такого болта: Болт 3М12×1.25 – 6g×60.109.40Х.016 ГОСТ 7798 – 70. Где 3 – номер исполнения (в данном случае с двумя отверстиями в головке для стопорения проволокой), 12 – диаметр резьбы, 1.25 – шаг резьбы, 6g – поле допуска, 60 – длина болта, 109 – класс прочности, 40Х – материал, 016 – вид покрытия. Упрощенное изображение болта приведено на рис. 40. а болт в исполнении 1 – на рис. 41. Длина болта  $l$  определяется по формуле  $l = a + b + s + H + k$ , где  $a$  и  $b$  – толщины соединяемых деталей,  $s$  – толщина шайбы,  $H$  – высота гайки,  $k$  – запас резьбы болта на выходе из гайки.

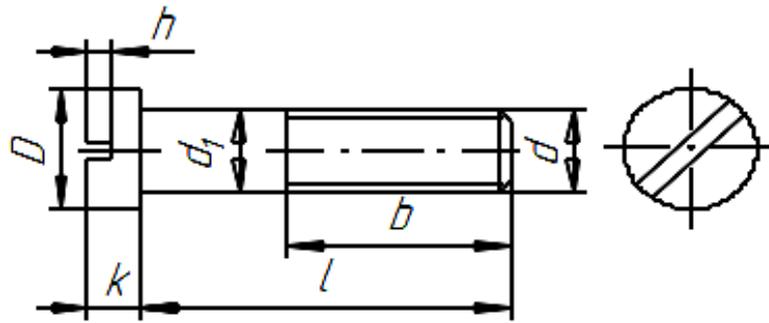


Рис. 42. Винт по ГОСТ 1491-80

Винт – цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом, которой он ввертывается в резьбовое отверстие одной из скрепляемых деталей. Иногда винт может не иметь головки. Винты подразделяют на крепежные и установочные. Крепежные винты в свою очередь делят на винты с цилиндрической, полукруглой, полупотайной и потайной головками. Пример обозначения крепежного винта: *Винт А. М8 – 6g×50.48 ГОСТ 1491 – 80*, где А – класс точности винта. Упрощенное изображение винта приведено на рис. 40, а изображение винта с цилиндрической головкой – на рис. 42. Длина винта рассчитывается по формуле  $l = l_1 + a + s$ ,  $l_1$  – глубина завинчивания винта,  $a$  – толщина присоединяемой детали,  $s$  – толщина шайбы.

Шпилька – цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах, причем одним концом она вкручивается в одну из скрепляемых деталей, а на другой навинчивается гайка. Пример обозначения шпильки: *Шпилька М16 – 6g×120.58 ГОСТ 22032 – 76*, где 120 – длина шпильки. Упрощенное изображение шпильки приведено на рис. 40. а полное на рис. 43. Посадочный конец шпильки  $l_1$  ввинчивается до отказа в одну из присоединяемых деталей и рассчитывается в зависимости от материала детали, а на второй конец навинчивается гайка. Длина шпильки без учета посадочного конца рассчитывается по формуле  $l = a + s + H + k$ , а потом из стандарта выбирают длину наиболее близкую к вычисленной.

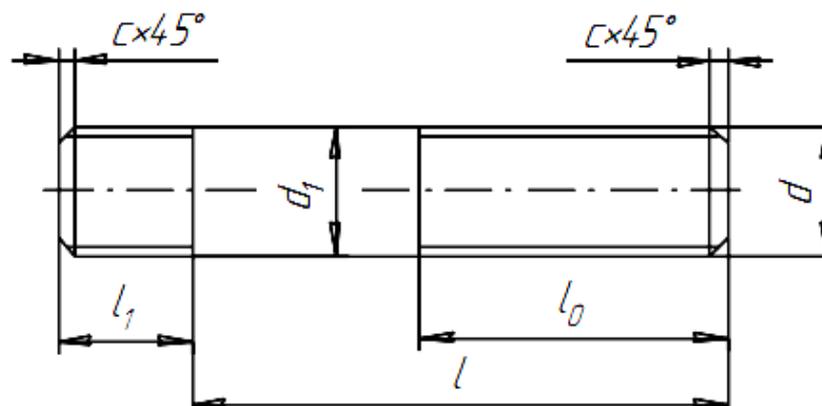


Рис. 43. Шпилька по ГОСТ 22032 - 76

Гайка – деталь с резьбовым отверстием, навертываемая на болт или шпильку и служащая для соединения скрепляемых при помощи болта либо

шпильки деталей соединения. В зависимости от назначения и условий эксплуатации бывают шестигранные, шестигранные прорезные, гайки-барашки, крыльчатые, колпачковые, квадратные и т.д. Также их делят по классу точности: повышенной (А), нормальной (В) и грубой (С). Пример обозначения гайки: *Гайка* М12 – 6Н.04 ГОСТ 2526 – 70, где 1 – исполнение (не пишут), резьба с крупным шагом (не пишут), класс прочности 04, без покрытия. Упрощенное изображение приведено на рис. 40, а изображение гайки в исполнении 1 на рис. 44

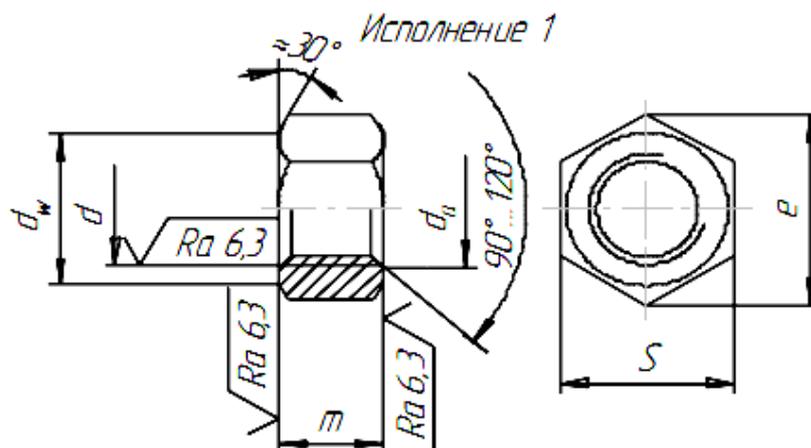


Рис. 44. Гайка по ГОСТ 2526 - 70

Шайба – кольцо, подкладываемое под гайку, а также головку винта или болта для предохранения поверхности детали от задира при затягивании гайки, для увеличения опорной поверхности и в некоторых случаях для стопорения. Различают шайбы круглые, квадратные, пружинные, стопорные, сферичные и др. Пример обозначения шайбы: *Шайба* А. 12.01. Ст3кп ГОСТ ..... , где А – класс точности шайбы, 12 – диаметр отверстия, 1 – толщина шайбы, Ст3кп – материал. На рис. 45 изображены круглые шайбы в первом и втором исполнении

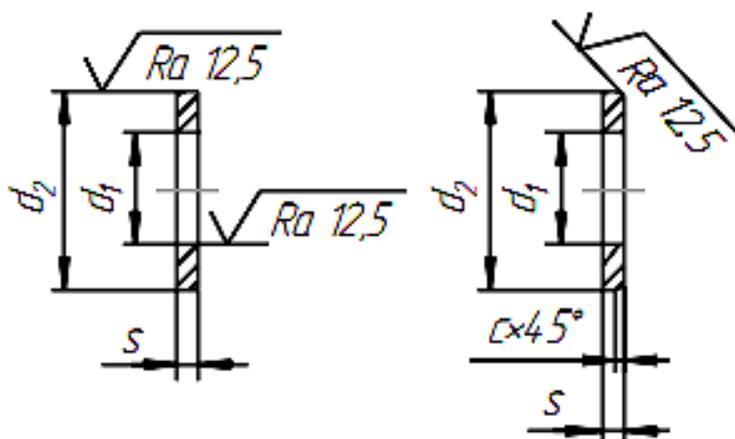


Рис. 45. Шайбы круглые

## 5 НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Среди неразъемных соединений можно выделить следующие их основные типы: сварка, пайка, склеивание и заклепочные соединения.

Сварка – это процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве либо пластическом деформировании, либо совместным действием того и другого. Сварка является процессом получения неразъемных соединений посредством местного нагрева и расплавления кромок, соединяемых поверхностей металлических деталей.

Сварной шов – затвердевший после расплавления металл, представляющий литую структуру с характерными особенностями, соединяющий свариваемые детали.

Совокупность деталей, соединенных сварным швом называется сварным соединением.

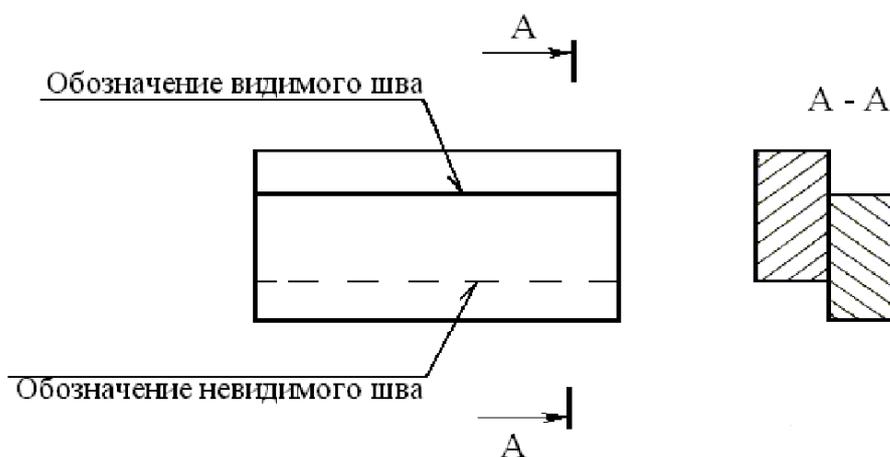


Рис. 46. Обозначение сварного шва

Преимуществами сварного соединения являются: экономия металла, снижение трудоемкости изготовления, уменьшение стоимости и увеличение качества и прочности соединения. Изображение сварных швов на чертежах стандартизованы в ГОСТ 2.312-72. Шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображают в соответствии с рисунком 46. От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. Шов сварного соединения условно изображают сплошной основной линией (видимый) или штриховой (невидимый)

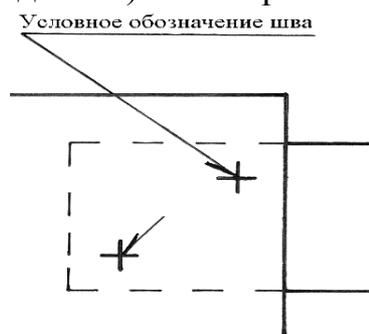


Рис.47. Обозначение точечной сварки

Видимую одиночную сварную точку условно изображают знаком «+», который выполняют сплошными основными линиями в соответствии с рисунком 47.

Паянием называется процесс образования неразъемного соединения материалов при помощи расплавленного металла или сплава, называемого припоем. От сварки паяние отличается тем, что кромки соединяемых деталей не расплавляются, а только нагреваются до температуры плавления припоя. Припои имеют более низкую температуру плавления, чем металлы, из которых изготовлены соединяемые детали. Припой расплавляется и затвердевает в зазорах между поверхностями соединяемых деталей.

Паяное соединение на чертежах изображают линией, толщина которой в два раза больше, чем линия обводки видимого контура, т.е.  $2s$ . К паяному соединению проводят выносную линию со стрелкой, в соответствии с рисунком 48 (а и б). Эту линию пересекают условным знаком пайки в виде символа «С». Для швов, выполненных по периметру, линию-выноску заканчивают окружностью диаметром 3...5 мм, от которой проводят полочку. Ее используют для обозначения номера пункта технических требований, в которых указывают марку припоя и требования к качеству шва.

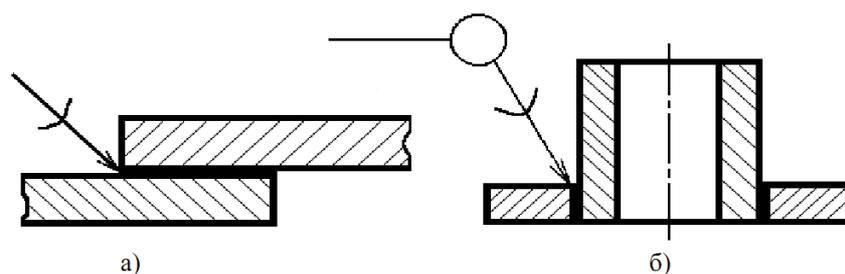


Рис. 48. Обозначение паяного соединения

Последнее время очень широкое распространение получили клееные соединения, пригодные для соединения деталей, выполненных из различных материалов – например пластмассы и металла, стекла и металла, пластмассы с пластмассой. Иногда склеивание оказывается единственным способом соединить две детали. Особенно широкое распространение этот способ получил в оптической промышленности, т.к. он незаменим при склеивании линз и при креплении линз в оправы.

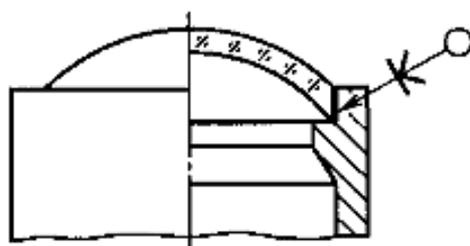


Рис. 49. Обозначение клееного шва

На чертежах клееное соединение обозначается, как и паяное, линией

толщиной  $2S$ , но выносную линию пересекают знаком склеивания в виде символа «К». На полке указывают марку клея, например «Клей БФ-2 ГОСТ...». Пример приведен на рис. 49.

В заклепочных соединениях функцию соединительных элементов выполняют заклепки – стержни круглого поперечного сечения с головками на концах. Непоставленные в соединение заклепки имеют по одной головке, которая называется закладкой, вторая головка образуется в процессе клепки, ее называют замыкающей. Головки заклепок могут быть различной формы.

В серийном и массовом производстве применяется механическая клепка, осуществляемая пневматическими молотками, клепальными машинами и прессами. Для установки заклепок в деталях сверлят или пробивают пуансоном отверстия. Диаметры отверстий под заклепку и длину выбирают по ГОСТ 10304-80, ГОСТ 14802-85.

Стандартом предусмотрено несколько типов заклепок нормальной точности общемашиностроительного применения (ГОСТ 10304-80), повышенной точности (ГОСТ 14803-85).

Наиболее распространенные типы заклепок по ГОСТ 2.313-82:

1. заклепки с полукруглой, плоской или скругленной головкой и такой же замыкающей головкой (рис.50а);
  - заклепки с полукруглой головкой – ГОСТ 10299-80;
  - заклепки с плоской головкой – ГОСТ 10303-80;
  - заклепки пустотелые со скругленной головкой – ГОСТ 12638-80;
  - заклепки пустотелые с плоской головкой – ГОСТ 12639-80;
  - заклепки пустотелые с полукруглой головкой – ГОСТ 12641-80;
  - заклепки полупустотелые с плоской головкой – ГОСТ 12642-80;
  - заклепки с полукруглой головкой (повышенной точности) - ГОСТ 14797-85;
  - заклепки с плосковыпуклой головкой (повышенной точности) – ГОСТ 14800-83;
  - заклепки с плоской головкой (повышенной точности) – ГОСТ 14801-85

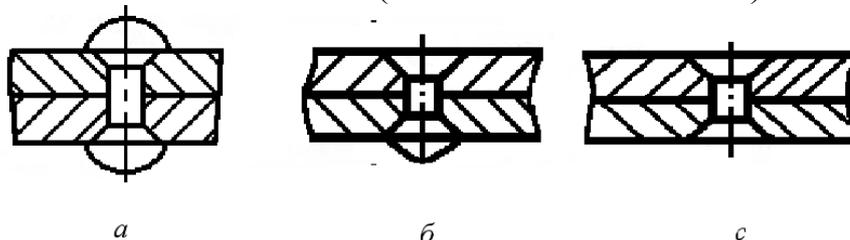


Рис. 50. Обозначение клепаного соединения при использовании заклепок различного типа: с круглой (а), скругленной (б) или плоской (в) головками

2. Заклепки с потайной головкой и полукруглой, плоской или скругленной замыкающей головкой (рис.50б):
  - заклепки с полукруглой низкой головкой – ГОСТ 10302-80;
  - заклепки пустотелые с потайной головкой – ГОСТ 12640-80;

- заклепки полупустотелые с потайной головкой – ГОСТ 12643-80;
  - заклепки пустотелые и полупустотелые – ГОСТ 12644-80.
3. Заклепки с потайной головкой и потайной замыкающей головкой (рис. 50в):
- заклепки с потайной головкой – ГОСТ 10300-80;
  - заклепки с полупотайной головкой – ГОСТ 10301-80.

Расстояние между осями двух соседних заклепок, измеренное параллельно кромке шва, называется шагом  $t$  заклепочного шва. В продольном разрезе заклепки не заштриховывают. При выполнении чертежей заклепочного соединения размещение заклепок указывают на виде условным знаком «+», а в разрезах показывают их только в начале и в конце соединения (рис.51).

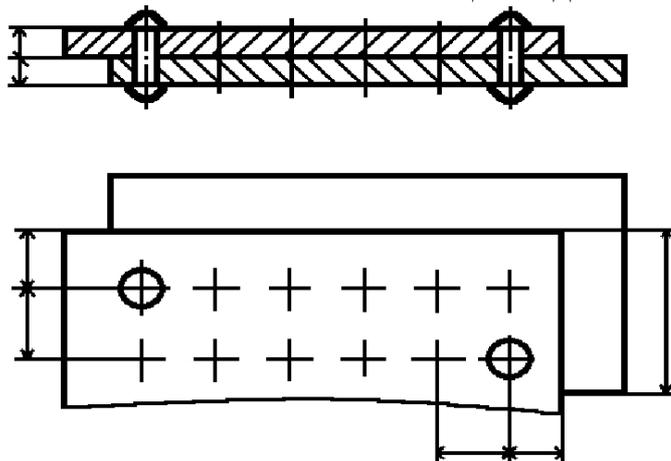


Рис. 51. Обозначение заклепок на чертеже

Пример условного обозначения заклепки: Заклепка  $C\ 2.8 \times 20.38.M3.03$  ГОСТ... где  $C$  – класс точности; 2 – вариант исполнения;  $d = 8$  - диаметр заклепки;  $l = 20$  – длина заклепки; 38 – группа материала;  $M3$  – марка материала в пределах группы; 03 – условное обозначение материала покрытия; ГОСТ – обозначение стандарта на конкретный вид заклепок.

## 6 КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЕТАЛЕЙ.

### 6.1 РАДИУСЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ И ГИБКИ. ФАСКИ.

Фаски – конические или плоские притупления острых кромок изделия – применяют для облегчения процессов сборки, предохранения рук от порезов острыми кромками, придания изделиям более красивого вида и т.д.

Галтели – скругления внешних и внутренних углов на деталях применяют для облегчения изготовления деталей литьем, штамповкой, повышения прочностных свойств осей и валов в местах перехода от одного диаметра к другому (рис.52а).

Радиусы закруглений и фасок для деталей изготовленных из металлов и пластмасс выбирают из 1-го и 2-го рядов размеров, определяемых ГОСТ 10948 – 64, причем предпочтителен 1-й ряд размеров. Способы нанесения на чертеже и размеры закруглений и фасок различных деталей показаны на рис. 52.

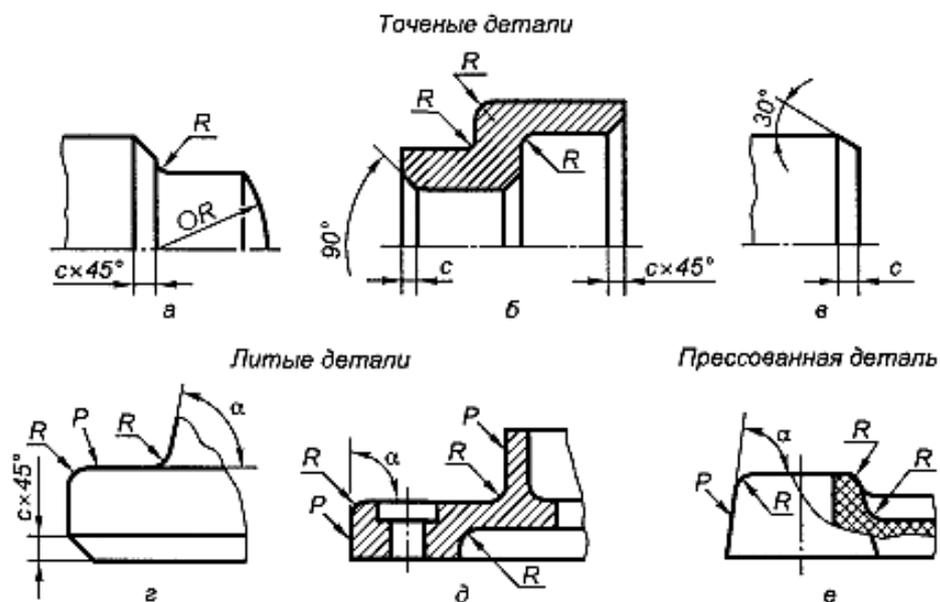


Рис. 52. Примеры нанесения на чертеж радиусов скруглений и фасок

Эти значения не обязательны для радиусов сгиба гнутых деталей, фасок на резьбе, радиусов проточек для выхода инструмента, фасок оптических деталей и т.д.

Как правило, фаски выполняются под углом 45°. Радиусы скругления, размер которых в масштабе чертежа меньше 1 мм не изображают, а наносят только размер, как на рис. 52б.

Наименьшие внутренние радиусы при гибке из листового проката определяют расчетом по предельной деформации сгибаемого материала.

В КОМПАС скругления и фаски вводятся с панели инструментов «Геометрия», которая содержит кнопки «Фаска» и «Скругление». При нажатии

появится панель свойств, в которой надо задать размеры фаски или скругления и способ их нанесения. После этого курсором надо выбрать отрезки, образующие снимаемую кромку.

## 6.2 КАНАВКИ И ПРОТОЧКИ

Проточки и канавки применяют в основном для установки в них стопорящих деталей (рис. 53а), уплотняющих прокладок, для «выхода» режущего инструмента (рис.53б), например, при нарезании резьбы, для обеспечения плотного прилегания торцевых поверхностей сопрягаемых изделий (53в).

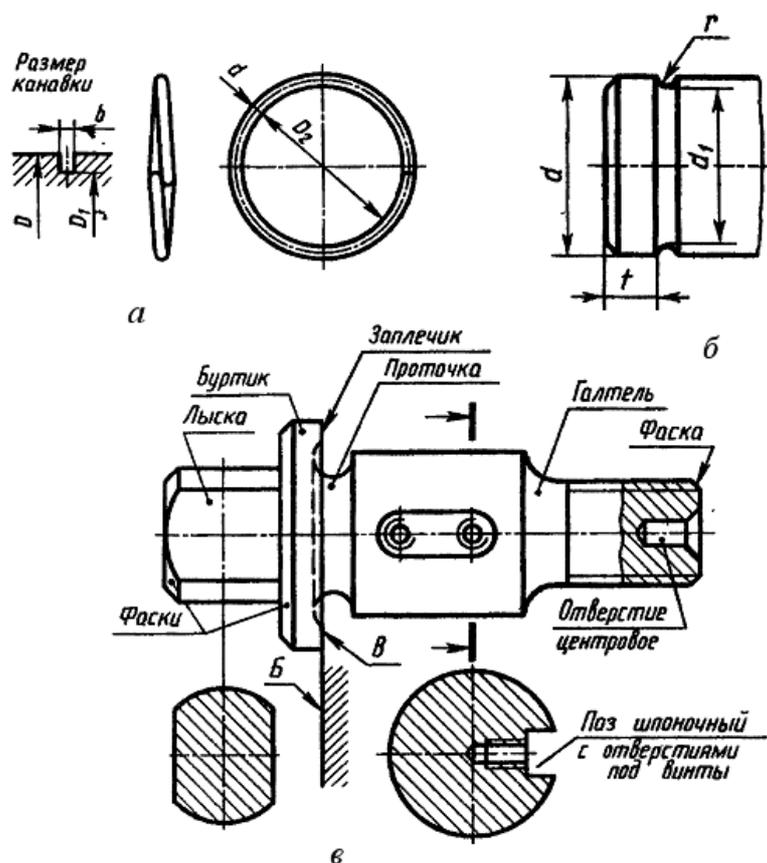


Рис. 53. Конструктивные элементы деталей: канавка (а); проточка (б); паз, лыска, запечник, галтель, буртик (в)

Как правило, на основном изображении проточки дают с упрощениями, а для детального их изображения используют выносное изображение.

Аналогичное назначение имеют пазы, буртики и лыски (плоские срезы на поверхности вращения).

Паз – углубление продолговатой формы, выполненное вдоль оси вращения изделия и ограниченное по бокам плоскими поверхностями.

Буртик – кольцевой выступ на деталях цилиндрической или конической формы. На осях и валах буртики служат для ограничения их осевого смещения

или увеличивают их площадь опоры на основание.

Лыска – плоский срез на цилиндрической, конической или сферической поверхности детали. Лыска используется при захвате детали, сверлении в ней отверстий или при присоединении к плоской поверхности другой детали. Если лыска наносится на вал с четырех сторон – такой конструктивный элемент называется «квадрат».

На рис. 53в лыска служит для предотвращения проворачивания детали при накручивании гайки на ее другой конец. Буртик здесь служит для ограничения перемещения детали вдоль ее оси. Паз с установленной в нем шпонкой не позволяет детали разворачиваться относительно ее оси.

### 6.3 РИФЛЕНИЯ

Рифления могут быть прямые (рис. 54а) и сетчатые (рис. 54б).

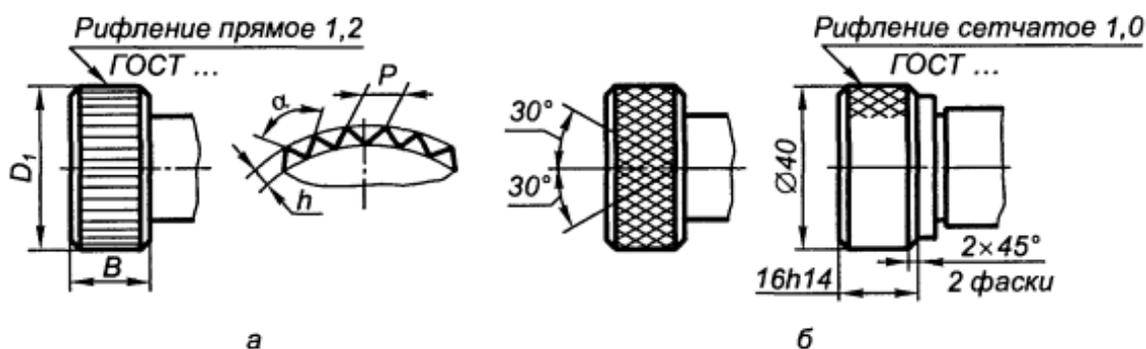


Рис. 54. Обозначение на чертеже рифлений: прямого (а) и сетчатого (б)

Прямые рифления наносят на участки цилиндрических поверхностей металлических изделий, подлежащих запрессовке в другие металлические или пластмассовые изделия. Прямые и сетчатые рифления наносят на детали типа ручек, фиксаторов, маховичков и других элементов ручного управления.

Форму и размер рифлений устанавливает ГОСТ 21474 – 75. Значение шага  $P$  рифления определяется диаметром и шириной накатываемой поверхности. Высота  $h$  профиля рифления составляет  $(0.25...0.7) \times P$  для деталей из стали, и  $(0.25...0.5) \times P$  для деталей изготовленных из сплавов или цветных металлов. Значения угла  $\alpha$  равно соответственно  $70^\circ$  и  $90^\circ$ . Пример обозначения прямого рифления с шагом  $P = 1$  мм – «Рифление прямое 1,0 ГОСТ .....»

## 7 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

### 7.1 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕРТЕЖАМ ДЕТАЛЕЙ

Основные требования к чертежам устанавливает ГОСТ 2.109 – 73. На рабочем чертеже изделия указывают требуемые размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхностей и другие данные, обеспечивающие необходимое качество изготовления и сборки изделия.

Изображения (виды, разрезы, сечения) должны определять геометрическую форму детали с исчерпывающей полнотой. Их число по возможности должно быть наименьшим.

В основной надписи указывается материал, из которого изготовлена деталь. В технических требованиях указываются используемые покрытия.

Деталь изображают с теми размерами, обозначениями шероховатости и другими допусками, которые она должна иметь перед сборкой. Форма, размеры, шероховатости поверхностей деталей, получаемые в результате обработки при сборке, указывают на сборочном чертеже.

Если при изготовлении изделия необходимо предусмотреть припуски на последующую обработку его элементов в процессе сборки, их размеры указывают на чертеже с предельными отклонениями или приводят размеры, которые эти элементы должны иметь после сборки, а в технических требованиях при этом делают запись типа – «*Размеры в скобках – после сборки*» (рис.55а).

Если ребро или кромку изделия надо сделать острой или скруглить – на чертеже надо поместить соответствующее указание.

Чертежи изделий с дополнительной обработкой или переделкой выполняют с учетом следующих требований:

- Изделие-заготовку изображают сплошными тонкими линиями, а поверхности, получаемые дополнительной обработкой – сплошными основными линиями;
- Наносят только те размеры, предельные отклонения и шероховатости, которые необходимы для дополнительной обработки (рис. 55б).

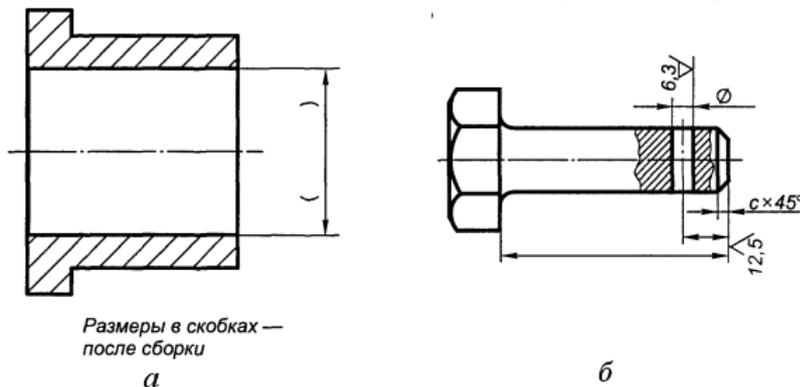


Рис. 55. Обозначение размеров с припуском (а) и для дополнительной обработки (б)

Если деталь получена гибкой из проката и размеры и форма её всех элементов определены на чертеже, то развертку не приводят. В ином случае приводят полную или частичную развертки. На изображении развертки наносят те размеры, которые невозможно указать на чертеже готовой детали. Развертку изображают сплошными основными линиями с нанесением линий сгиба, выполняемых штрихпунктирными тонкими линиями и указанием на полкевыноске «Линия сгиба». Над изображением развертки наносят знак  $\ominus$ . Допускается совмещать развертку с видом детали. В этом случае ее выполняют тонкими штрихпунктирными линиями и знак  $\ominus$  не наносят.

## 7.2 ЧЕРТЕЖИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

В связи со спецификой подготовки студентов по направлению 200400 «Оптехника» рассмотрим особенности выполнения чертежей оптических деталей.

При их разработке необходимо руководствоваться ГОСТ 2.412 – 81. Чертеж оптической детали кроме её изображения содержит все необходимые данные для выполнения полного производственного цикла, включающего выбор материала и требований к нему, все стадии его обработки, отделки детали и её контроля.

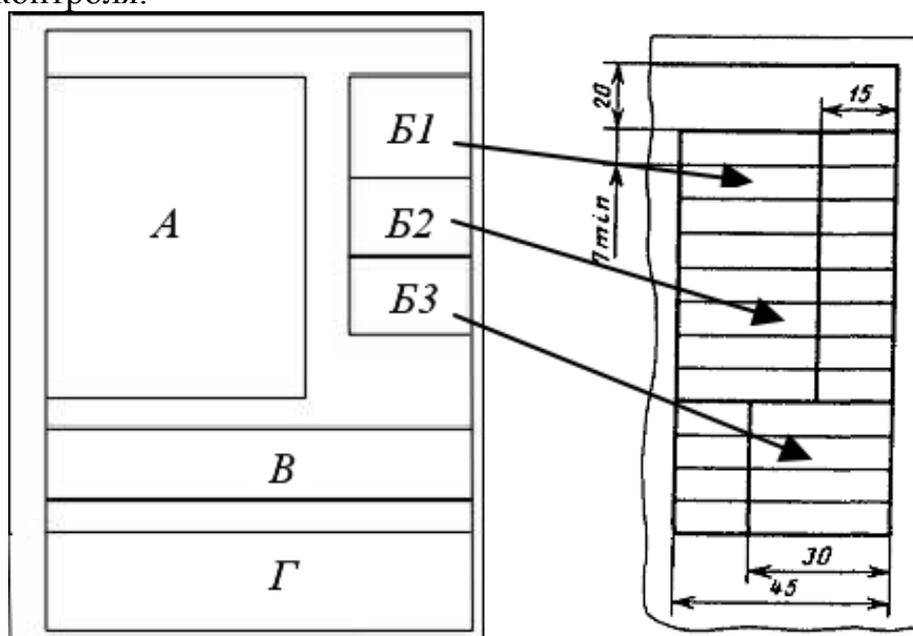


Рис. 56. Схема оформления чертежа оптической детали

Схема размещения элементов детали и требований к её изготовлению дана на рис. 56. Поле А предназначено для изображения детали, указания ее размеров, границ световых зон, требований к качеству поверхности. При изображении оптических деталей и сборочных единиц номера поверхностей отдельных деталей считают по ходу луча слева направо.

В правой части чертежа, в поле Б, размещают таблицу параметров, состоящую из трех частей. В части 1 указывают требования к материалу

детали: допуски на отклонение показателя преломления, дисперсии, однородности материала, его показателя ослабления и т.д.

В части 2 указывают требования к изготовлению детали – допуск на отклонения стрелки прогиба оптической поверхности, класс её чистоты и т.д.

В части 3 указывают расчетные данные для детали: фокусное расстояние, вершинные отрезки для линз, длину хода луча для призм, световые диаметры поверхностей.

Поле В предназначено для изложения сведений о типе и составе покрытий, отделке неоптических поверхностей детали.

Поле Г отводится под основную надпись.

В качестве примера рассмотрим чертежи двух наиболее часто встречающихся оптических деталей – линзы и призмы (рис. 57 и рис. 58).

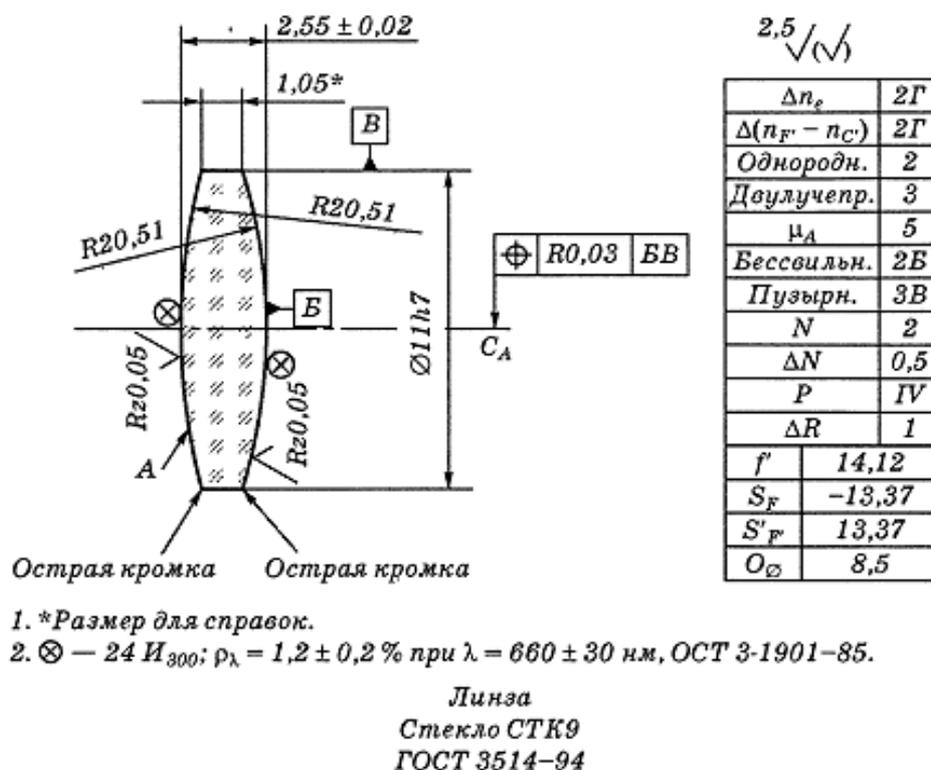


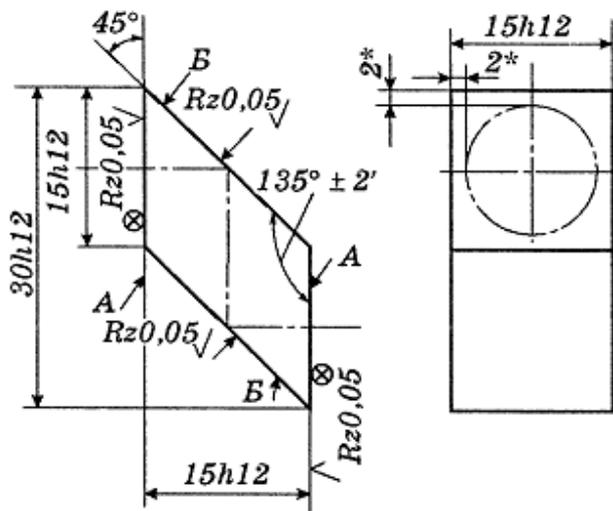
Рис. 57. Пример оформления чертежа линзы

Линзой называют деталь из оптически прозрачного, однородного материала, ограниченную двумя преломляющими поверхностями, из которых по крайней мере одна должна быть поверхностью вращения (например, сферой). На чертеже линзы принято указывать следующие конструктивные параметры:

- Полный диаметр линзы с допуском;
- Толщина линзы по оси с допуском;
- Толщина линзы по краю как справочный размер (этот параметр необходимо контролировать, чтобы избежать раскалывания линзы, если край будет очень тонким);
- Радиусы кривизны (без допуска, он указывается в таблице в виде параметров N и  $\Delta N$ );
- Шероховатость – для преломляющих поверхностей, работающих в

- видимой области, она определяется параметром Rz и равна 0.05 мкм;
- Децентрировку – несовпадение оптической и геометрической осей линзы. Децентрировка указывается посредством знака позиционного допуска  $\oplus$ . Значение допуска R0.03 говорит о том, что несовпадение осей в плоскости, содержащей центр кривизны поверхности, равно 30 мкм и поле допуска является круговым. Роль базы БВ здесь играют сферическая поверхность Б и цилиндрическая поверхность В. Они задают геометрическую ось, проходящую через центр кривизны поверхности Б и параллельную поверхности В. Эта ось также совпадает с осью оправки в которую устанавливаю линзу при контроле;
  - Фаски - их параметры зависят от назначения фасок. Фаски могут быть технологическим (для предотвращения выколов на стекле) и конструктивными (для крепления линзы). В нашем случае специально указано, что фаски не наносятся.

В технических требованиях указан тип и свойства покрытия, которое наносится на оптические поверхности. Это просветляющее покрытие, которое обозначается знаком  $\otimes$ . Запись 24И<sub>300</sub> говорит о том, что в качестве покрытия взят фтористый магний (его обозначение – 24), способ нанесения – испарение в вакууме (обозначение – И) при температуре 300 °С. Далее указано, что после нанесения такого покрытия от поверхности линзы должно отражаться около 1.2% падающего на нее света с длиной волны 660 нм.



1. \*Размер для справок.
2. Фаски на ребрах  $0,2^{+0,3} \times 45^\circ$ .  
Фаска на углах  $0,5^{+0,3} \times 45^\circ$ .
3.  $\otimes$  24 И<sub>300</sub>,  $\rho_{\text{max}} (l = 540 \pm 50 \text{ нм}) = 1,2 \pm 0,2\%$  по ОСТ 3-1901-85.
4. Покрытие матовых поверхностей: ЭМХС-543 черная ТУ 6-10-1669-78.

$2,5/\sqrt{\lambda}$	
$\Delta n_e$	5Г
$\Delta(n_F - n_C)$	5Г
Однородн.	1
Двулучепр.	3
$\mu_A$	1
Бессвильн.	1
Пузырн.	3А
$N_A$	3
$\Delta N_A$	0,5
$N_B$	1
$\Delta N_B$	0,3
P	II
$\epsilon$	12"
$\delta_{45^\circ}$	1'
$\pi$	3'
$\theta$	—
l	30
O <sub>2</sub>	11

Призма-ромб  
Стекло К8  
ГОСТ 3514-94

Рис. 58. Пример оформления чертежа призмы

На рис. 58 изображен чертеж призмы. На чертеже необходимо указать линейные и угловые размеры с допусками, шероховатость рабочих поверхностей, обозначить отражающие (Б) и преломляющие рабочие поверхности (А) призмы. Штрихпунктирную линию используют, чтобы показать траекторию движения светового пучка в призме (вид спереди) и обозначить диаметр светового пучка (вид слева). В качестве размеров для справок указывают расстояние от ребра призмы до светового диаметра – этот размер важен для выбора размера крепежного элемента призмы.

В отличие от линзы параметры технологических фасок призмы не указывают не на ее изображение, а технических требованиях. Если на призму наносят конструктивную фаску, ее параметры указывают на изображении.

Таблица параметров призмы подобна таблице параметров линзы за некоторыми исключениями. Области Б1 для этих двух деталей абсолютно одинаковы, а области Б2 и Б3 имеют следующие отличия:

- Допуски  $N$  и  $\Delta N$  для призмы определяют отклонение от плоскости ее рабочих поверхностей (а не отклонений радиуса кривизны);
- Призма имеет преломляющие и отражающие поверхности, допуски на которые различны. Чтобы отличать их, за знаком допуска ставят нижний индекс, обозначение которого соответствует обозначению этой поверхности на изображении. Например, запись  $N_A$  говорит о том, что этот допуск относится к поверхности А;
- Для призмы в таблице надо указать следующие данные:  $\varepsilon$  - разрешающая способность призмы;  $\delta_{45^\circ}$  - разность углов в  $45^\circ$  (определяет клиновидность развертки призмы);  $\pi$  - пирамидальность призмы (непараллельность ребер призмы);
- В поле Б3 указывают только световой диаметр и длину хода луча в призме.

### 7.3 ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

В зубчатой передаче движение передается с помощью зацепления пары зубчатых колес, меньшее из которых называется шестерней, большее – колесом. Термин «зубчатое колесо» относится как к шестерне, так и к колесу.

Зубчатые передачи подразделяются в зависимости от:

- Расположения геометрических осей валов с зубчатыми колесами на цилиндрические (при параллельных осях), конические (при пересекающихся осях) и винтовые (при скрещивающихся осях). Реечную передачу рассматривают как частный случай цилиндрической зубчатой передачи с колесом, диаметр которого равен бесконечности;
- Расположения зубьев на ободке колеса: прямозубые, косозубые и шевронные;
- Формы профиля зуба – эвольвентные, циклоидальные и с зацеплением Новикова;

- Взаимного расположения колес – с внешним или внутренним зацеплением;
- Числа ступеней передачи – одно- и многоступенчатые;
- Характера движения валов – рядовые и планетарные.

Преимущественное применение имеют прямозубые цилиндрические и конические передачи с эвольвентными зубьями.

Выполнение чертежей зубчатых колес проводится по условным изображениям в соответствии с ГОСТ 2.402 – 68 ЕСКД. Зубья колес вычерчивают в осевых разрезах и сечениях, зубья зубчатых реек – в поперечных. В остальных случаях зубья не вычерчивают, ограничивая изображение окружностью по диаметру выступов (рис. 59а). При необходимости зуб может быть показан на выносном элементе.

Для выполнения чертежа зубчатой передачи необходим геометрический расчет сопряженной пары колес. У пары зубчатых колес, находящихся в зацеплении, катящихся одна по другой без скольжения, имеются две сопряженные окружности, которые называют делительными. На чертеже делительные окружности проводят штрихпунктирной линией, а диаметр их обозначают буквой  $d$ . Окружности и образующие выступов зубьев показывают сплошными линиями, в том числе и в зоне зацепления (рис. 59б). В продольных осевых разрезах зубчатых элементов зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают их нерассеченными.

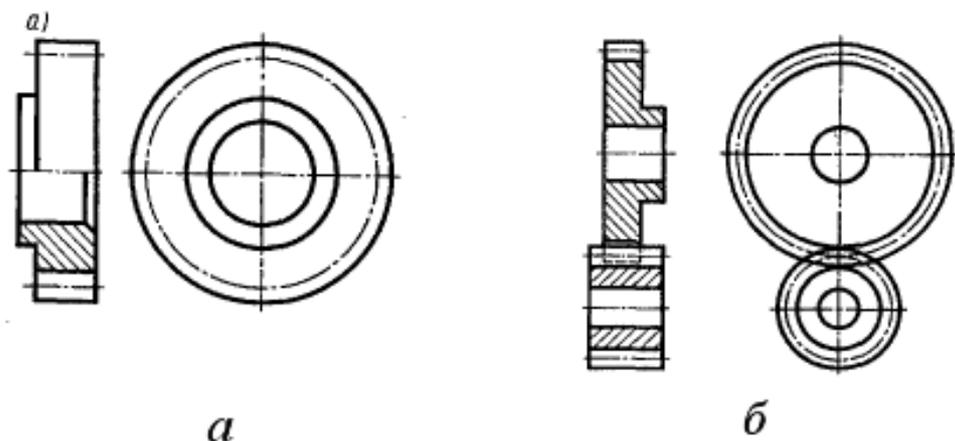


Рис. 59. Обозначение на чертеже: зубчатого колеса (а) и зубчатого соединения (б)

Расстояние между одноименными профильными поверхностями соседних зубьев, измеренное в миллиметрах по дуге делительной окружности, называют шагом зацепления. Шаг обозначают буквой  $P_t$ . Шаг равен длине делительной окружности, деленной на число зубьев. Число зубьев на чертеже обозначается буквой  $Z$ . Длина делительной окружности равна величине шага, умноженной на число зубьев  $\pi d = P_t Z$ . Диаметр делительной окружности  $d = (P_t / \pi) Z$ . Отношение  $m = P_t / \pi = d / Z$  называют модулем зубчатого колеса.

К элементам зубчатого колеса относят (рис. 60):

- $d_a$  - окружность вершин, проходящая через вершины головок зубьев. Обозначается на чертеже сплошной основной линией;

- $d_f$  - окружность впадин, обозначается на чертеже сплошной тонкой линией;
- $d_b$  – диаметр отверстия для вала;
- $h$  – высота зуба;
- $h_a$  – высота головки зуба;
- $h_f$  – высота ножки зуба;
- $S$  – толщина зуба;
- $B$  – ширина зубчатого венца;
- $b$  – ширина паза под шпонку;
- $t$  – глубина паза под шпонку.

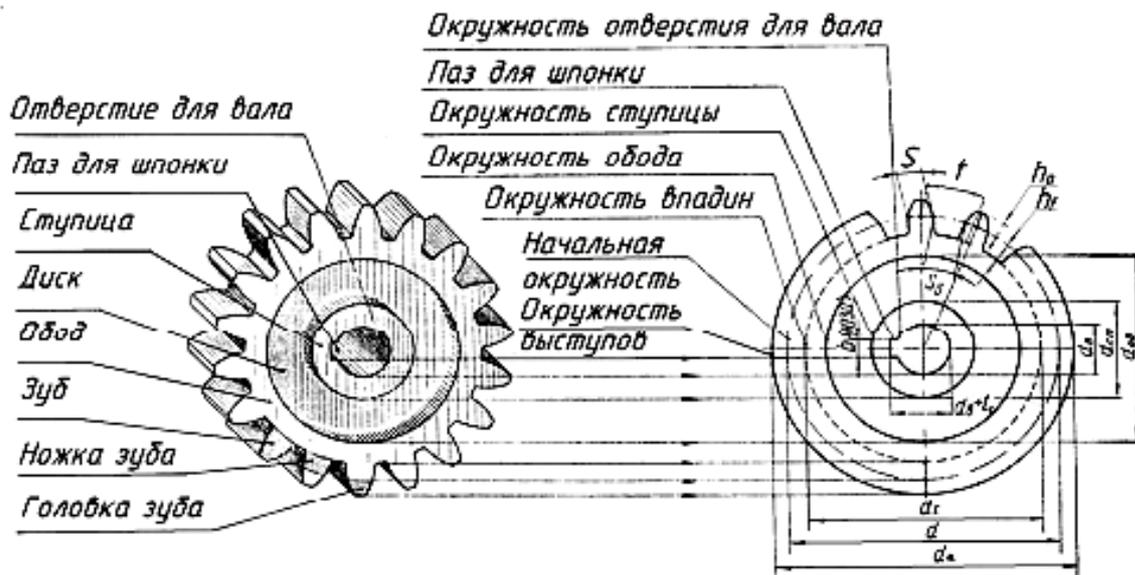


Рис. 60. Основные элементы и параметры зубчатого колеса

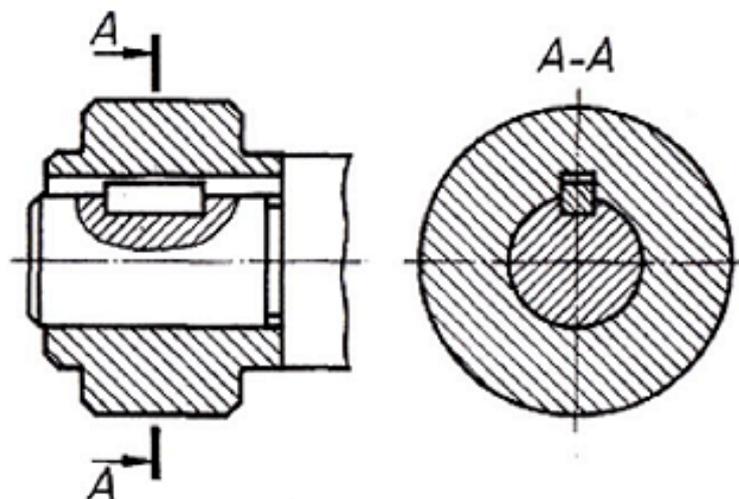


Рис. 61. Шпоночное соединение

Передача вращающего момента от вала на зубчатое колесо осуществляется с помощью шпоночного соединения, которое осуществляется посредством шпонки, которая устанавливается в шпоночный паз вала и входит в шпоночную канавку присоединяемой детали (рис. 61). Шпоночные пазы прорезают в

соответствии с формой шпонки, которая может быть призматической со скругленными или нескругленными торцами (ГОСТ 23360-78), сегментной (ГОСТ 24071-80) или клиновидной (ГОСТ 24068-80). Размеры шпонок и шпоночных канавок на валу и зубчатом колесе зависят от диаметра вала.

Пример условного обозначения призматической шпонки: *Шпонка 2 14×9×80 ГОСТ 23360-78*, где 2 – вариант исполнения (без скругления); шириной  $b = 14$  мм, высотой  $h = 9$  мм и длиной  $l = 80$  мм.

Также для соединения зубчатого колеса с валом может быть использовано шлицевое соединение, которое обладает большей прочностью по сравнению со шпоночным соединением, передает большие крутящие моменты, обеспечивает хорошее центрирование и легкость перемещения колеса вдоль оси вала. Наибольшее распространение имеют шлицы с прямоугольным, эвольвентным и треугольным профилем зубьев. Наиболее широко применяется первый тип шлицев (рис. 62).

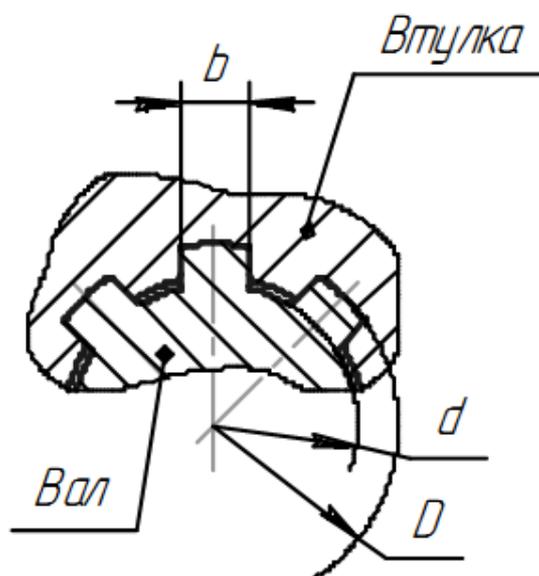


Рис. 62. Шлицевое соединение с прямоугольным профилем зубьев и центрированием по внешнему диаметру

Размеры прямобочных шлицевых соединений установлены ГОСТ 1139—80, предусматривающим три исполнения — 1, 2, 3 и три серии соединения — легкую, среднюю и тяжелую.

Основные параметры: число зубьев  $z$ , внутренний диаметр  $d$ , наружный  $D$ , ширина зуба  $b$  (рис. 62), Для легкой и средней серии  $z = 6, 8, 10$ , для тяжелой — 10, 16 и 20.

Поверхности зубьев вала и втулки могут соприкасаться (центрироваться) по внешнему диаметру  $D$ , по внутреннему диаметру  $d$  и боковым сторонам зубьев.

Условное обозначение шлицевого соединения должно содержать: поверхность центрирования; число зубьев  $z$  и размеры соединения  $b, d, D$ ; допуски на упомянутые размеры. Например:  $d-8 \times 36(H7/e8) \times 40(H12/a11) \times 7(D9/f8)$ , где буква  $d$  говорит о том, что центрирование будет проводиться по внутреннему диаметру, число зубьев  $z =$

8, а посадки на размеры  $d$ ,  $D$  и  $b$  соответственно  $H7/e8$ ,  $H12/a11$ ,  $D9/f8$ .

Правила выполнения чертежей зубчатых колес с указанием параметров зубчатого венца указаны в ГОСТ 2.403 – 75 ЕСКД. На изображении указывают диаметр вершин зубьев, ширину венца, размеры фасок или радиусы притуплений на кромках зубьев, шероховатости боковых поверхностей зубьев (рис. 63).

На поле чертежа в правом верхнем углу помещают таблицу параметров зубчатого венца, состоящую из трех частей, отделенных друг от друга основными сплошными линиями: первая часть – основные данные; вторая часть – данные для контроля; третья часть – справочные данные.

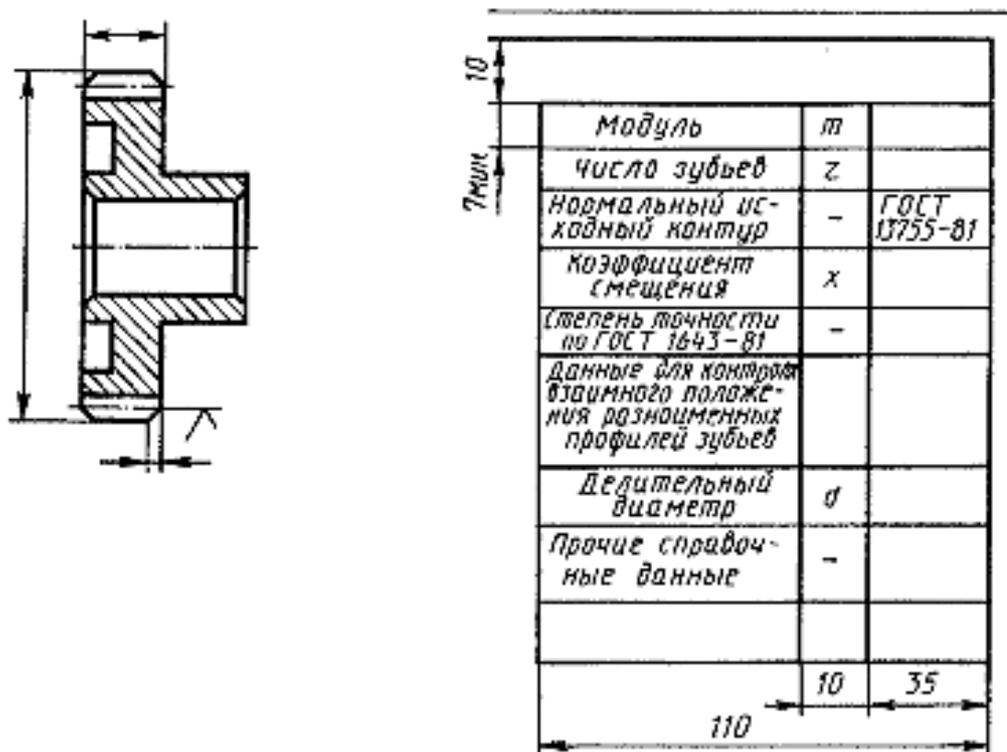


Рис. 63. Оформление чертежа зубчатого колеса

В первой части таблицы указывают: модуль  $m$  зубчатого колеса (выбирается из стандартного ряда); число зубьев  $z$ ; угол наклона  $\beta$  линии зуба косозубых и шевронных колес; нормальный исходный контур колеса (стандартный – с указанием соответствующего стандарта, нестандартный – с указанием его параметров – угла профиля  $\alpha$ , коэффициента высоты головки  $h$ , коэффициента толщины зуба  $s$ ); коэффициент смещения зубчатого колеса  $\xi$  и его степень точности.

Вторая часть таблицы содержит данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев.

В третьей части указывают геометрические параметры зубчатого колеса: его делительный диаметр  $d$ ; шаг зацепления  $p_a$ ; осевой шаг  $p_x$ ; ход зуба  $p_z$ ; обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса.

Если имеется два или более зубчатых венца (например, у вала-шестерни),

каждый зубчатый венец обозначают прописной буквой русского алфавита, а в таблицу вводят число столбцов, равное числу венцов. Если эти венцы разного типа (например, цилиндрический и конический), то каждому из них будет соответствовать своя таблица параметров.

## 8 ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА И СБОРОЧНЫЕ

### 8.1 ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА

Чертеж общего вида поясняет конструкцию изделия и принципы его работы и является основой для разработки рабочей документации – рабочих чертежей деталей и сборочных чертежей самого изделия и входящих в него сборочных единиц. Чертеж общего вида должен содержать:

- Изображение (виды, разрезы, сечения и т.д.), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы;
- Наименования и обозначения тех частей, для которых требуется указать различные данные (технические характеристики, число, материал, принцип работы и т.д.) или которые необходимы для пояснения чертежа общего вида, описания принципа работы изделия, его состава и т.д.;
- Размеры и другие данные, которые необходимо указывать на изображении;
- Схему (если она требуется, но не оформляется отдельным документом);
- Технические характеристики изделия.

Чертеж выполняется в соответствии с ГОСТ 2.109 – 73 и ГОСТ 2.305 – 68. Изделие на чертеже изображают в рабочем положении. Главное изображение обычно выполняется как фронтальный или сложный разрез, либо как соединение половины главного вида и половины фронтального разреза.

Необходимость других изображений на чертеже определяется особенностями конструкции изделия и формой его деталей. Основные изображения изделия размещают в проекционной связи с главным видом. Ими могут быть как различные виды изделия, так и разрезы. Мелкие конструктивные элементы с помощью дополнительных видов, сечений или выносных элементов выполняют в увеличенном масштабе. Также допускается изображать соседние изделия, сопрягаемые с конструируемым (обстановку). Для изображения обстановки используют тонкие контурные линии.

На чертежах общего вида наносят габаритные и присоединительные размеры. Габаритные размеры определяют расстояние между точками изделия по трем координатным осям. Присоединительные размеры определяют координаты и размеры элементов или составных частей изделия, с помощью которых оно присоединяется к другим изделиям, работающим с ним в комплексе.

Номера позиций деталей, материалов или сборочных единиц изделия указывают на полках линий-выносок. Линию-выноску заканчивают точкой или стрелкой на чертеже. Стрелку обычно применяют, когда размер элемента слишком мал (например, для изображения пружины из тонкой проволоки). Линии-выноски не должны пересекаться с размерными и другими выносными линиями и быть параллельными линиям штриховки.

Номера позиций указывают на тех изображениях, где соответствующие составные части изделия проецируются как видимые. Их располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения, стараясь группировать их в колонку либо строчку. Нумерацию начинают с главной детали (например, корпуса). Номера элементов сборочных единиц на чертеже общего вида не указывают.

Если в устройство входят несколько одинаковых деталей, то линию-выноски с номером делают только к одной из них, а число этих деталей указывают в соответствующей графе таблицы изделий. Также допускается применять двойную полку.

Перечень составных частей изделия оформляют в виде таблицы, которую изображают на листе с изображением изделия или на отдельных листах формата А4. Рекомендуется следующий порядок записи составных частей: заимствованные изделия; покупные; вновь разработанные.

Пример схемы оформления чертежа общего вида и таблицы с перечнем составных изделий приведены на рис. 64 и рис. 65.

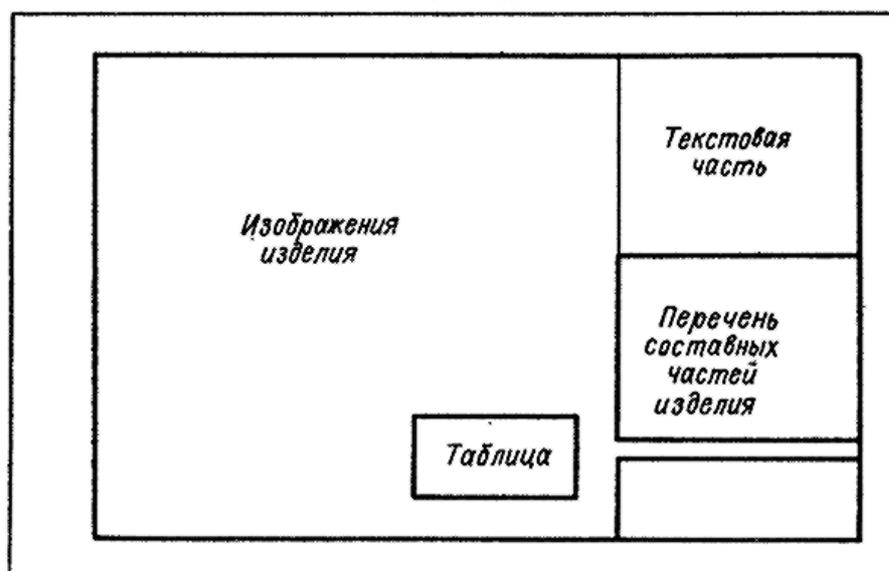


Рис. 64. Схема оформления чертежа общего вида

185						
8	33	60	10	12	42	
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса	Наименование и марка материала	Доп. указания

Рис. 65. Параметры таблицы с перечнем составных деталей

## 8.2 СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

На основании чертежа общего вида в соответствии с ГОСТ 2.109 – 73 разрабатывают чертежи деталей, сборочный чертеж со спецификацией, монтажный, габаритный и упаковочный чертежи.

Сборочный чертеж (код – СБ) содержит изображение сборочной единицы и данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Сборочной единицей называют изделие, составные части которого соединены на предприятии-изготовителе сборочными операциями: склейкой, сваркой, свинчиванием и т. д.

Число сборочных чертежей должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства изделия. Он должен содержать:

- Изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающие возможность его сборки и контроля;
- Размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, определяемые по этому чертежу;
- Указания о характере сопряжения составных частей изделия и способах его осуществления, а также указания о выполнении неразъемных соединений;
- Номера позиций составных частей, входящих в сборочную единицу;
- Габаритные размеры изделия;
- Установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- Технические характеристики.

Перемещающиеся части изделия изображают в крайнем или промежуточном положении тонкой штрихпунктирной с двумя точками линией и с указанием соответствующих размеров. Сплошной тонкой линией отмечают расположение соседних изделий – обстановку. Над основной надписью приводят техническую характеристику изделия. К сборочному чертежу разрабатывают спецификацию на листах формата А4.

Как правило, сборочные чертежи выполняют с упрощениями, допускаемыми стандартами ЕСКД. На сборочных чертежах не показывают:

- Фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатку, насечку и другие мелкие элементы;
- Зазоры;
- Крышки, щиты, кожухи и другие защитные детали;
- Части изделия и их элементы, частично закрытые расположенными впереди частями;
- Надписи на табличках, шкалах, и т. д.

Смежные детали в разрезах и сечениях выделяют разной по направлению или плотности штриховкой, одинаковой для каждой детали на всех изображениях, или сдвигают линии штриховки в одном сечении по отношению к другому.

Не рассекают и не штрихуют в продольных разрезах такие детали как валы, оси, стержни, шарики, болты и т.д. Контуры, расположенные за винтовой

пружиной, изображенной сечениями витков, изображают до зоны, определяемой осевыми линиями сечений витков. Составные части, оформленные самостоятельным сборочным чертежом, на разрезах изображают нерассеченными.

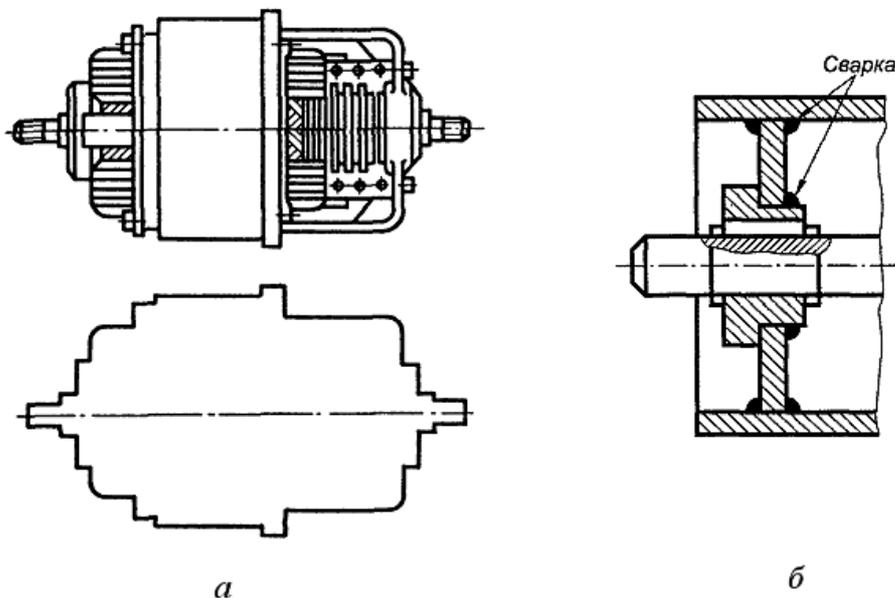


Рис. 66. Упрощенное контурное изображение (а) и штриховка деталей с неразъемным соединением (б)

На сборочных чертежах применяют следующие способы упрощения изображений:

- В разрезах показывают нерассеченными составные части изделия, на которые оформлены отдельные сборочные чертежи;
- Типовые, покупные и другие широко применяемые изделия выполняют внешними очертаниями (рис. 66а). Также допускается при наличии в изделии нескольких одинаковых частей выполнять изображение только одной такой части, а остальные показывать упрощенно в виде внешнего контура;

Сварные, паяные и клееные изделия в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, показывая границы соединения деталей изделия сплошными основными линиями (рис. 66б).

Номера позиций на поле сборочного чертежа должны соответствовать порядку записи составных частей в спецификации. Сквозной нумерации подлежат все составные части изделия в следующем порядке: сначала обозначают сборочные единицы, затем детали, стандартные изделия и материалы. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Полки располагают параллельно основной надписи вне контура изображения и группируют в колонки и строчки. Линии выноски не должны пересекать изображения других составных частей изделия, пересекаться между собой и пересекать выносные и размерные линии.

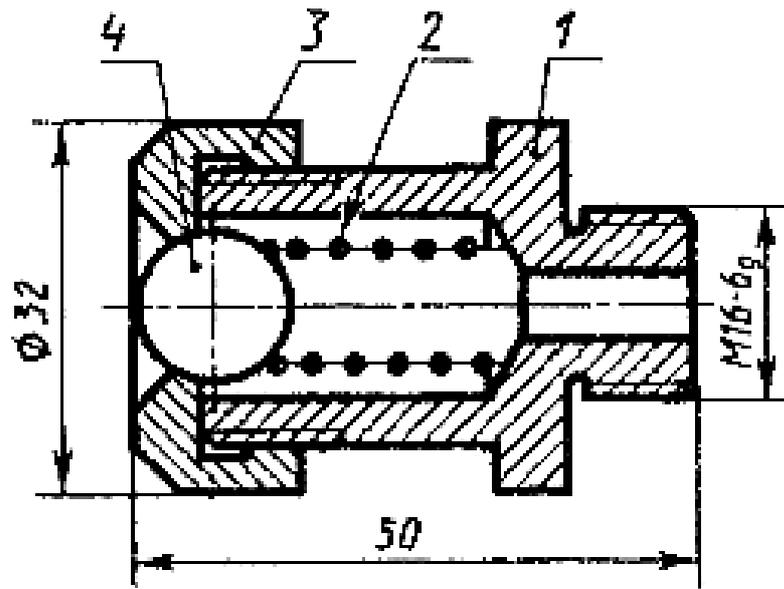


Рис. 67. Сборочный чертеж клапана

На сборочном чертеже указывают габаритные, установочные, присоединительные и другие справочные размеры. Пример сборочного чертежа приведен на рис. 67.

### 8.3 СПЕЦИФИКАЦИЯ

В соответствии с ГОСТ 2.108 – 68 спецификация определяет состав сборочной единицы и необходима для изготовления и комплектования конструкторских документов, а также планирования запуска в производства указанного изделия.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
6	6	8	70	63	10	22

Рис. 68. Размеры ячеек спецификации

Спецификацию составляют на каждую сборочную единицу и выполняют на отдельных листах формата А4 с основной надписью по форме 2 для первого

листа и по форме 2а для последующих. Элементы таблицы спецификации показаны на рис. 68, а примеры основной надписи – на рис. 69.

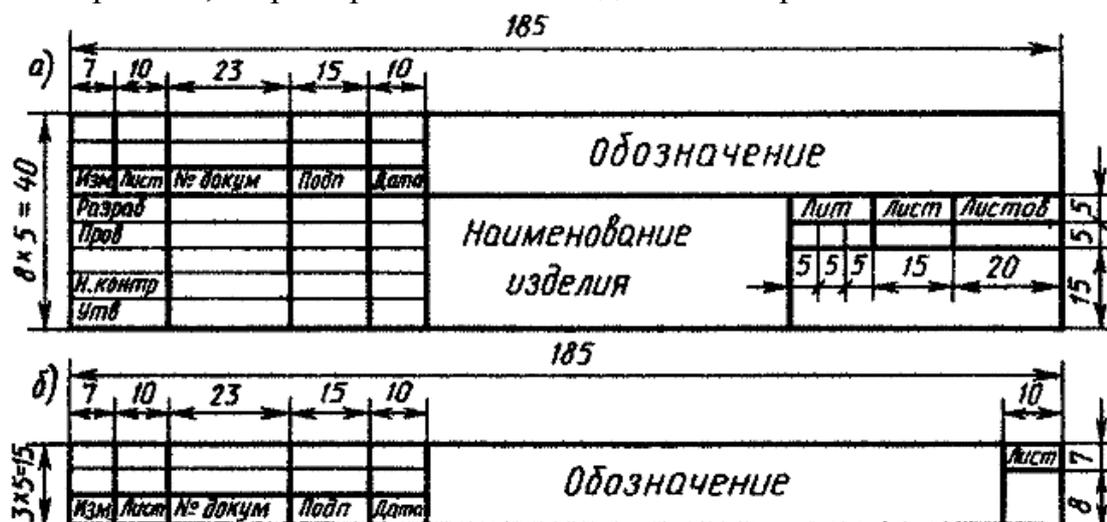


Рис. 69. Основная надпись: а) первого листа спецификации, б) последующих листов

Для сборочного чертежа формата А4 допускается размещать спецификацию над основной надписью, сохраняя ее форму и порядок заполнения.

Спецификация в общем случае включает в себя следующие разделы: документация; комплексы; сборочные единицы; детали; стандартные изделия; прочие изделия; материалы.

В раздел «Документация» вносят основной комплект конструкторских документов для изделия, кроме самой спецификации, ведомости эксплуатационных документов и т. д.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в изделие.

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, примененные по государственным, республиканским, отраслевым стандартам и стандартам предприятий. В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий, объединяемых по функциональному назначению (винты крепежные, подшипники и т. д.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований (например, болты, винты, гайки, шпильки и т. д.), в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах обозначения – в порядке возрастания основных параметров (например, длины или диаметра).

В разделе «Материалы» - материалы, непосредственно входящие в изделие. Записывают их в такой последовательности: металлы черные; металлы цветные; провода, шнуры, пластмассы (см. ГОСТ 2.108 – 68).

В графе «Формат» спецификации указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе «Обозначения». Если документ выполнен на нескольких листах, то в ней проставляют «звездочку» а в графе

«Примечания» перечисляют форматы листов в порядке возрастания.

Форм. Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечан.
			<u>Документация</u>		
A1		АБВГ. Х Х Х Х Х Х. 300. СБ	Сборочный чертеж		
			<u>Сборочные единицы</u>		
A2	1	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х. СБ	Корпус цилиндра	1	
			<u>Детали</u>		
A3	2	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Плунжер	1	
A4	3	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Крышка цилиндра	1	
A4	4	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Кольцо подманжетное	1	
A4	5	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Кольцо плунжера	1	
A4	6	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Шайба	1	
A4	7	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Втулка специальная	1	
A4	8	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Пробка	1	
A4	9	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Планка	1	
A3	10	АБВГ. Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Пружина	1	
			<u>Стандартные изделия</u>		
	11		Масленка 1.1 Ц6 ГОСТ 19853 - 74	1	
	12		Кольцо 075-080-25-2-4 ГОСТ 9833 - 73	1	
	13		Кольцо 108-112-25-2-4 ГОСТ 9833 - 73	2	
	14		Манжета 85 × 110 ГОСТ 14896 - 84	1	
<b>АБВГ. Х Х Х Х Х Х. 300</b>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разраб.	Ильин				
Проб.	Алексеев				
И.к.контр.	Мурабин				
Утв.	Полова				
			<b>Цилиндр тормоза</b>		
			<b>Предприятие</b>		
			Литер	Лист	Листов
				1	2

Рис. 70. Пример заполненной спецификации

В графе «Зона» указывают зону, в которой находится номер позиции элемента изделия (если чертеж разбит на зоны).

В графе «Поз» указывают порядковые номера составных элементов изделия.

В графе «Обозначения» в разделе «Документация» указывают обозначение записываемых документов, в разделах «Сборочные единицы» и «Детали» - обозначения основных конструкторских документов (их коды).

В графе «Наименование» в разделе «Документация» указывают только наименование документов (Сборочный чертеж, Технические условия и т. д.). В разделах «Сборочные единицы» и «Детали» - их наименование в соответствии с наименованиями их чертежей. В разделах «Стандартные изделия» и

«Материалы» записывают наименования и обозначения в соответствии со стандартами на них.

В графе «Кол» указывают количество экземпляров элемента на одно изделие. Пример заполненной спецификации приведен на рис. 70.

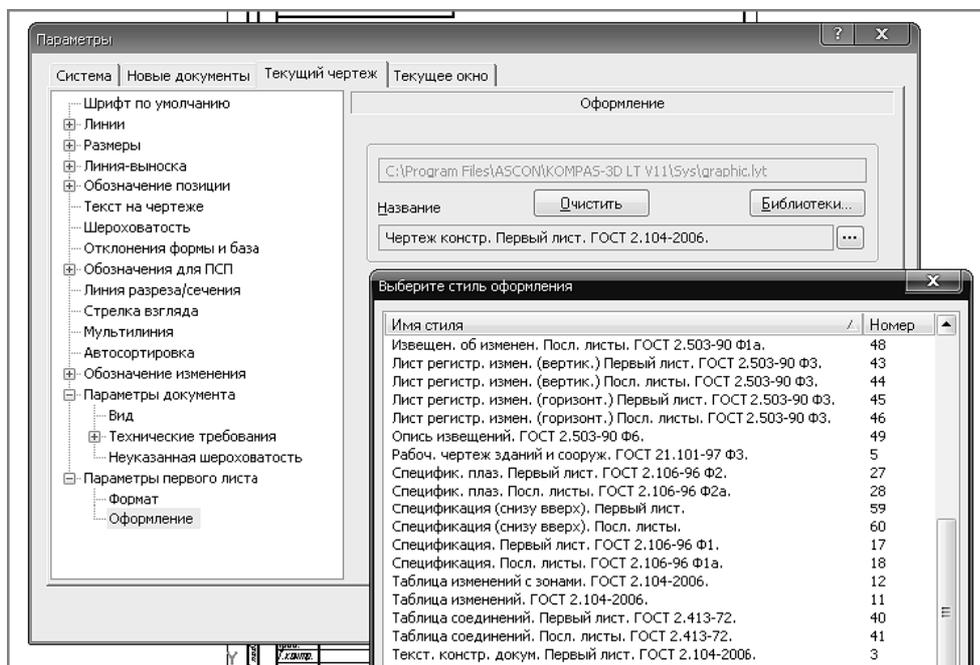


Рис. 71. Окно выбора стиля оформления документа в САПР КОМПАС

В КОМПАС-Light для создания спецификации надо выбрать документ «Чертеж», затем обратиться к меню «Сервис» и найти в нем команду «Параметры». Откроется окно «Параметры» (рис. 71) в котором надо выполнить следующие действия:

- Выбрать вкладку «Текущий чертеж»;
- В дереве его параметров (слева) выбрать «Параметры первого листа» → «Оформление»;
- Открыть меню стилей (нажатием на кнопку слева от «Чертеж конструкторский. Первый лист»);
- Выбрать стиль «Спецификация. Первый лист».

Заполнение спецификации осуществляется подобно заполнению штампа основной надписи на чертеже. Надо привести курсор мыши на нужную строку спецификации и дважды нажать левую кнопку мыши. После этого можно вводить текст. Для форматирования текста используется вкладка «Формат» панели свойств. Для добавления специальных символов используется вкладка «Вставка».

## 9 ОСНОВЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В КОМПАС И СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ

### 9.1 СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ

Твердотельное моделирование является единственным средством, которое обеспечивает полное, однозначное описание геометрической формы трехмерного изделия. Формирование трехмерной модели начинается с создания эскиза – плоской фигуры, на основе которой образуется объемное тело. Эскиз может располагаться в одной из ортогональных плоскостей системы координат, на плоской грани существующего трехмерного тела, или на вспомогательной плоскости, положение которой задано пользователем.

В КОМПАС эскиз создается средствами, аналогичными используемым при создании чертежа. Для примера создадим две твердотельные модели – оправы и линзы. После запуска КОМПАС выберем пункт «Создать» и тип документа «Деталь».

Начнем с создания оправы. После открытия нового документа в рабочем окне необходимо курсором выбрать одну из ортогональных плоскостей системы координат (рис. 72), в котором будет создаваться эскиз. Далее в панели «Текущее состояние» надо нажать кнопку «Эскиз» для перехода в выбранную плоскость – после этого активизируется уже знакомые панели инструментов «Геометрия», «Размеры», «Обозначения», «Редактирование» и т.д.

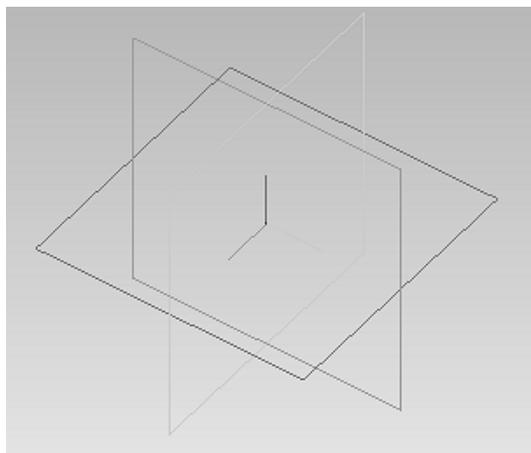


Рис. 72. Рабочий стол САПР КОМПАС при создании твердотельной модели

Сначала создадим заготовку оправы – цилиндр. Для этого в выбранной плоскости (пусть это будет плоскость XOY) нарисуем окружность диаметром 70 мм (рис. 73). После еще раз нажмем кнопку «Эскиз» для выхода из режима редактирования эскиза (обозначение эскиза появится в «дереве» детали слева от рабочего окна) и включим панель «Редактирование детали». Для создания 3D модели использовать четыре операции: выдавливание, вращение, кинематическую операцию и операцию по сечениям (рис. 74). В пределах

данной работы рассмотрим только первые две.

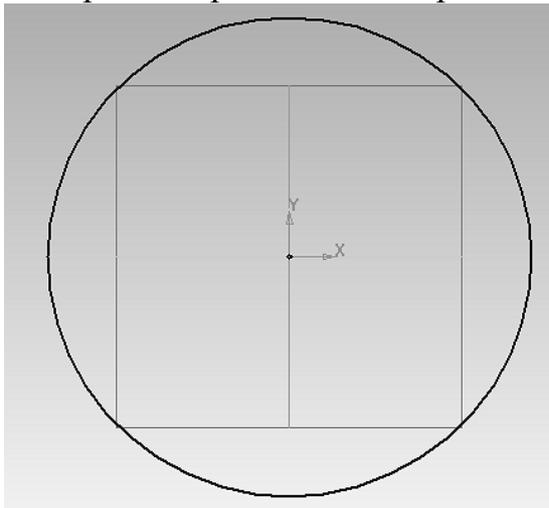


Рис. 73. Эскиз оправы



Рис. 74. Панель выбора способа построения модели

Воспользуемся операцией выдавливания: в появившейся панели свойств (рис. 75) укажем глубину выдавливания (длину оправы) 30 мм и нажмем кнопку «Создать». Результат операции приведен на рис. 76.

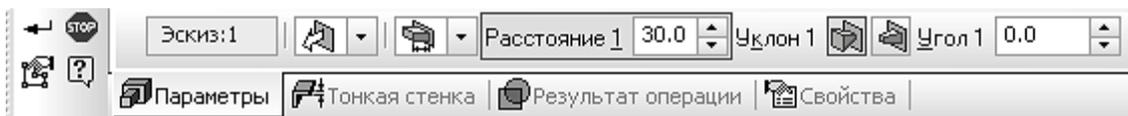


Рис. 75. Панель свойств операции выдавливания

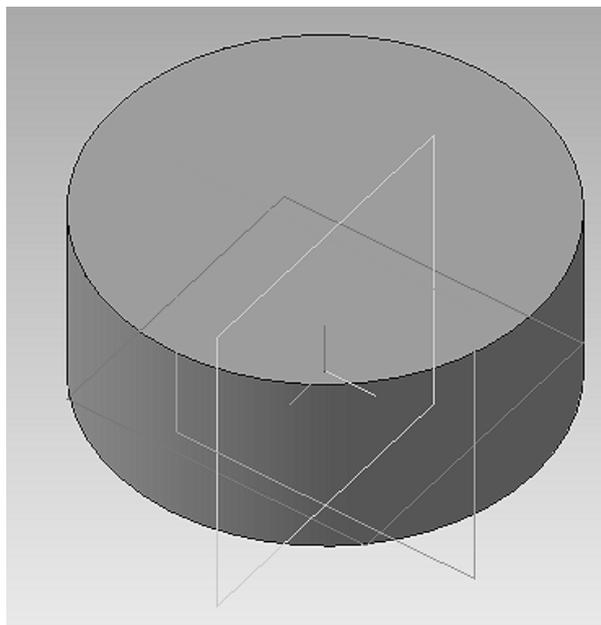


Рис. 76. Заготовка модели оправы

Теперь выполним посадочное гнездо под линзу. Для этого в качестве плоскости эскиза воспользуемся торцевой поверхностью нашей заготовки.

Наведем на нее курсор и нажмем левую кнопку мыши. Если все сделано правильно, эта поверхность окрасится в зеленый цвет. Теперь нажмем кнопку «Эскиз» и войдем в режим его создания, чтобы нарисовать окружность диаметром 60 мм (рис. 77). После завершения создания эскиза надо опять нажать кнопку «Эскиз».

Для удаления материала перейдем на панель инструментов «Редактирование детали» и нажмем кнопку «Вырезать выдавливанием» (операцию вырезания подобно операции построения модели можно проводить четырьмя способами). В панели свойств укажем глубину выдавливания – 20 мм и нажмем кнопку «Создать». Результат операции вырезания приведен на рис. 78.

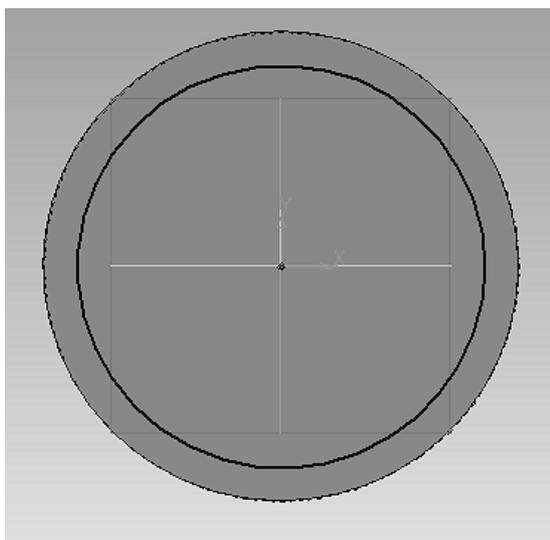


Рис. 77. Эскиз, нанесенный на плоскую грань оправы

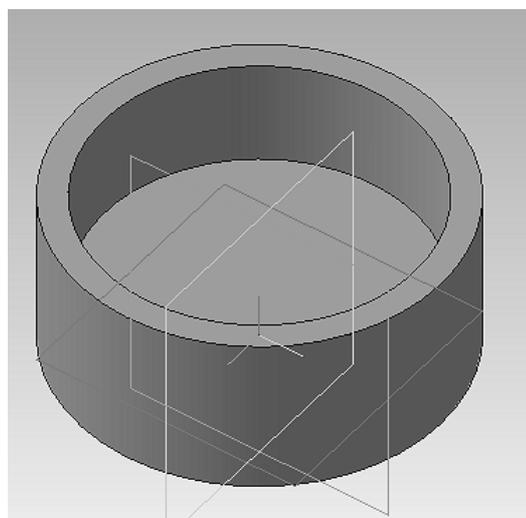


Рис. 78. Результат операции выдавливания

Аналогичным способом прорежем в оправе световое отверстие диаметром 55 мм. Плоскостью его эскиза будет дно предыдущего выреза. В панели свойств, так как отверстие будет сквозное, надо указать «через все» (рис. 79). Изображение модели после этой операции приведено на рис. 80.

Теперь создадим проточку на внутренней поверхности посадочного гнезда оправы. Для этого необходимо воспользоваться операцией «вырезать вращением». Создадим новый эскиз в плоскости, перпендикулярной плоскости, в которой создавались наши первые эскизы (например, в плоскости ZOY). Выбрав нужную плоскость и нажав кнопку «Эскиз» выполним некоторые вспомогательные построения – через начало координат проведем вспомогательные горизонтальную и вертикальную линии. После, отступив влево на 10 мм, построим вторую вертикальную вспомогательную линию (рис. 81). Нажмем кнопку «Прямоугольник» и построим прямоугольник шириной 3 мм и высотой 33 мм так, чтобы его правый нижний угол совпал с точкой пересечения горизонтальной и второй вертикальной вспомогательных линий. Для определения оси вращения нажмем кнопку «Отрезок», выберем стиль линии «Осевая» и соединим отрезком точки пересечения вспомогательных

вертикальных и горизонтальных линий (рис. 81).

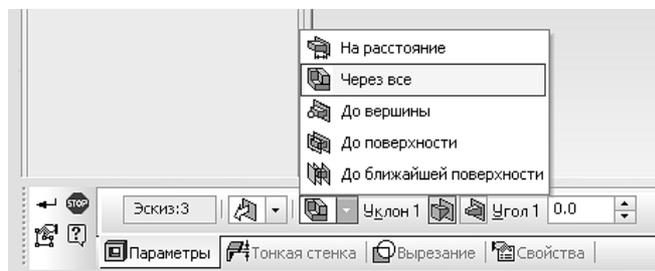


Рис. 79. Панель свойств операции «Вырезать выдавливанием»

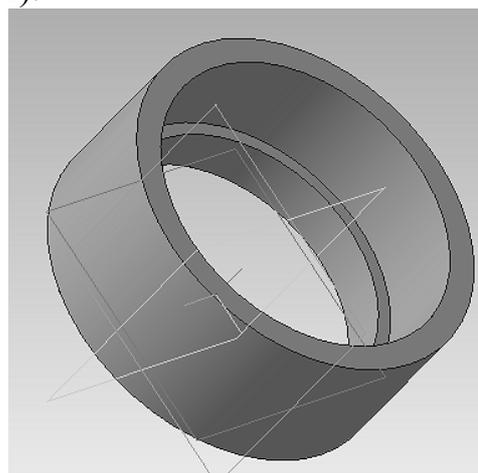


Рис. 80. Модель оправы после применения операции вырезания

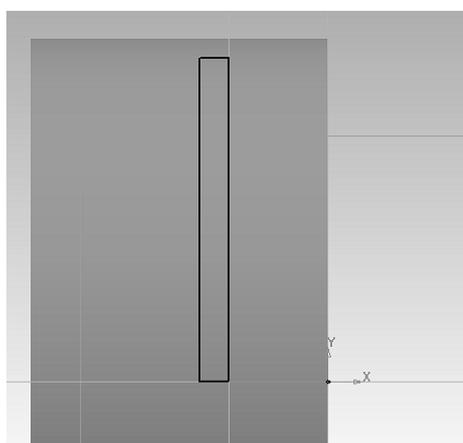


Рис. 81. Эскиз проточки

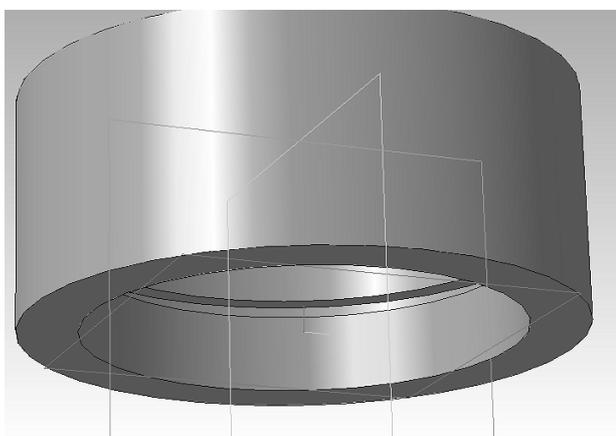


Рис. 82. Завершенная модель оправы

После этого нажмем кнопку «Вырезать вращением» и выберем курсором эскиз (прямоугольник), вращение которого вокруг заданной оси вырежет нужную нам проточку, и в панели свойств зададим угол поворота эскиза ( $360^\circ$ ). Результат представлен на рис. 82.

Модели, имеющие ось симметрии, удобнее создавать с помощью операции вращения. Рассмотрим это на примере модели двояковыпуклой линзы. Как и в предыдущем случае выберем плоскость для построения эскиза и нажмем кнопку «Эскиз». Сначала построим горизонтальную ось вращения (симметрии), которая будет проходить через начало системы координат. Потом – половинку сечения линзы с конструктивными параметрами: радиус кривизны первой поверхности  $R1 = 80$  мм; радиус кривизны второй поверхности  $R2 = 100$  мм; толщина по оси  $d = 15$  мм; высота  $h = 30$  мм (рис. 83).

Построение такого эскиза желательно выполнять в следующем порядке:

- На выбранной для создания эскиза плоскости через начало системы координат надо провести две вспомогательные прямые – горизонтальную и вертикальную;

- Параллельно вертикальной прямой построить вторую на расстоянии 15 мм;
- Включить привязку «пересечение»;
- Нажать кнопку «Окружность» и из всплывающего меню выбрать команду «Окружность касательная к одной прямой». Курсором сначала указать левую вертикальную прямую и потом ее точку пересечения с горизонтальной прямой. КОМПАС предложит построить две окружности касательные к этой прямой (слева и справа) – нужно выбрать курсором окружность, расположенную справа. В панели свойств задать радиус окружности (80 мм) и нажать кнопку «Создать»;
- Аналогично построить окружность, касательную правой вертикальной линии радиусом 100 мм и расположенную слева от нее;
- Построить горизонтальную вспомогательную линию параллельную осевой на расстоянии 30 мм от нее;
- Через точки пересечения этой линии и радиусов построить горизонтальный отрезок, ограничивающий контур линзы сверху;
- Аналогично соединить отрезком точки пересечения осевой горизонтальной линии и радиусов, но назначить стиль отрезка «осевая»;
- Перейти на панель инструментов «Редактирование» и нажать кнопку «Усечь кривую». Указывая курсором, удалить все лишние участки радиусов, не относящиеся к контуру линзы;

После нажать кнопку «Эскиз» для выхода из режима создания эскиза и в панели «Редактирование детали» нажать кнопку «Операция вращения» - будет построена модель линзы (рис. 84).

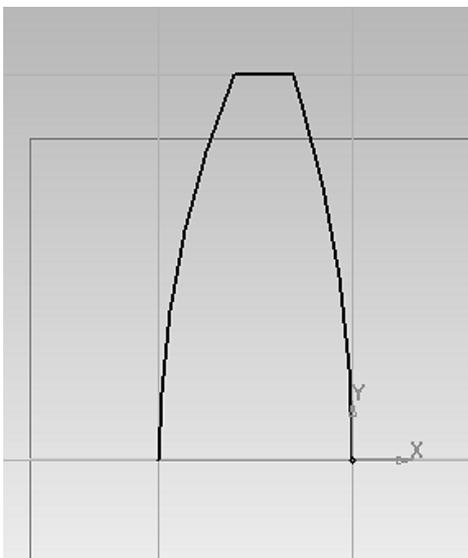


Рис. 83. Эскиз линзы

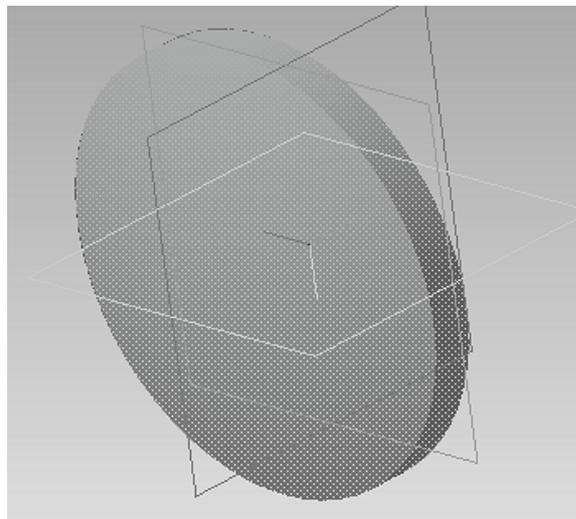


Рис. 84. Модель линзы

## 9.2 СОЗДАНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ НА БАЗЕ 3D МОДЕЛИ

В КОМПАС возможно на базе уже созданной 3D модели изделия создать

его полный комплект 2D чертежей, причем создание видов, разрезов, выносных элементов в этом случае почти на 100 % автоматизировано и требует минимум затрат времени и усилий. КОМПАС Light может автоматически создавать только разрезы и сечения.

В качестве примера рассмотрим создание ассоциативного чертежа оправы, созданной в предыдущем разделе. Для этого закроем нашу твердотельную модель и откроем новый документ «Чертеж». Задав параметры листа, перейдем на панель инструментов «Ассоциативные виды» и нажмем кнопку «Стандартные виды». В появившемся окне выберем файл, содержащий нужную нам твердотельную модель. Тогда программа предложит нам создать три стандартных вида: спереди, слева и сверху (рис. 85). В панели свойств внизу можно задать масштаб чертежа.

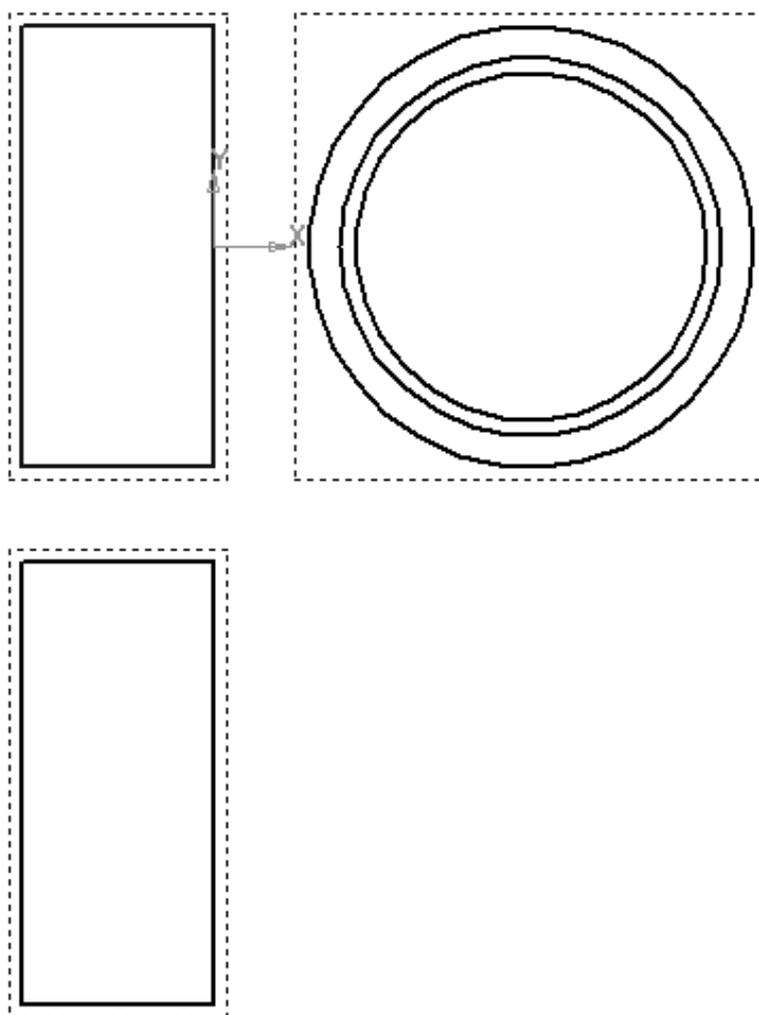


Рис. 85. Три стандартных вида ассоциативного чертежа, полученных из твердотельной модели

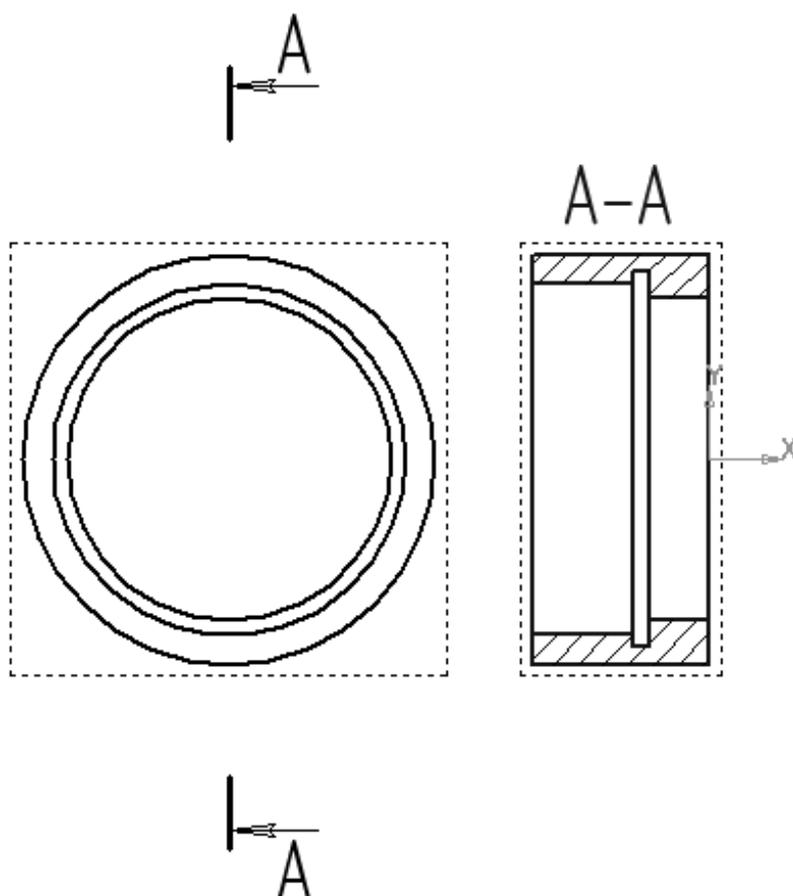


Рис. 86. Построение разреза в ассоциативном чертеже

Виды спереди и сверху не информативны, поэтому удалим их и заменим разрезом. Для удаления вида надо привести курсор на пунктирную рамку вида, и нажать левую кнопку мыши – вид станет зеленого цвета. Нажав Delete его можно удалить.

Для построения разреза надо сделать оставшийся вид активным – дважды щелкнуть по нему левой кнопкой мыши (он станет синего цвета). Теперь можно на панели «Обозначения» нажать кнопку «Линия разреза» и построить ее. Тогда программа автоматически предложит построить проекционной связанный с видом разрез, положение которого указывается курсором мыши (рис. 86). Аналогичным способом могут быть созданы «Вид по стрелке» (сначала необходимо построить стрелку взгляда, которая находится на панели инструментов «Обозначения»), местный вид (необходимо тонкой замкнутой линией выделить изображаемый участок нужного вида), выносной элемент (строится автоматически после указания на чертеже выносного элемента), местный разрез (для построения необходимо указать на соседнем виде с помощью вспомогательной линии глубину, на который выполняется разрез).

Остается только добавить осевые линии, проставить размеры и допуски (рис.87). Простановку осевых можно упростить, если воспользоваться для этого командами «Обозначение центра окружности» и «Осевая по двум точкам» из панели инструментом «Обозначения».

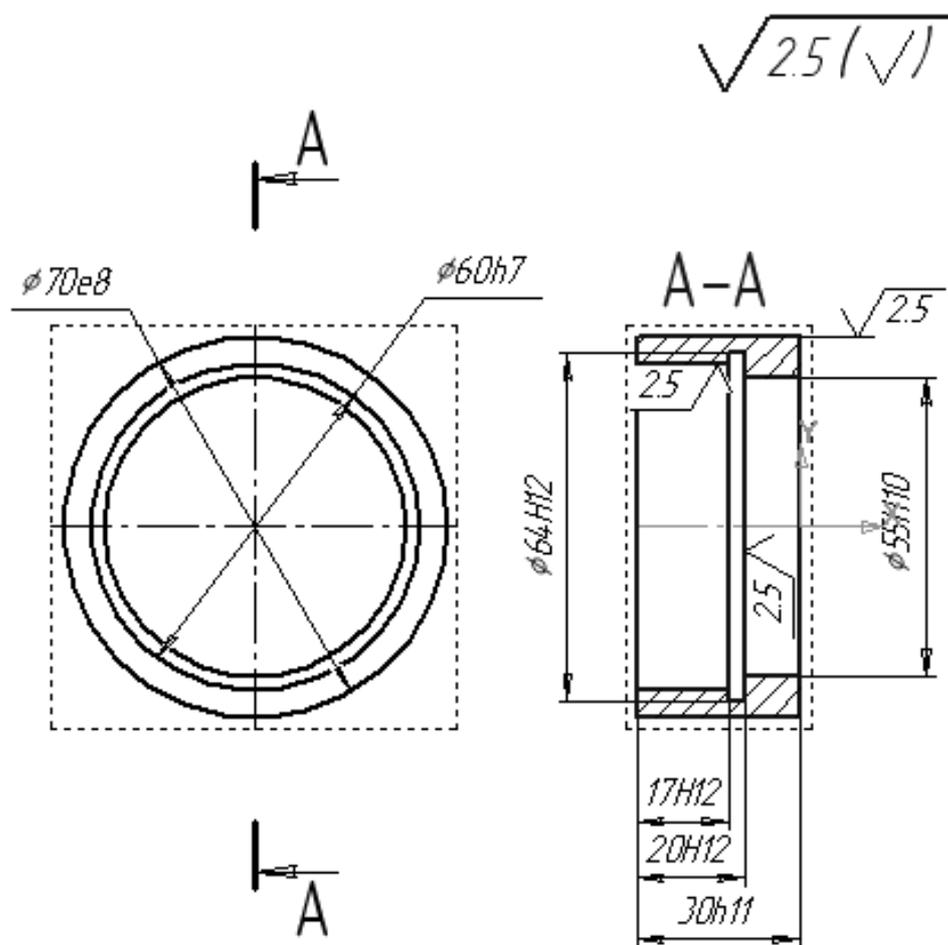


Рис. 87 Оформленный ассоциативный чертеж

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1998. – 423 с.;
2. Большаков В.П. Инженерная и компьютерная графика. Практикум. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004 – 592 с.;
3. Большаков В.П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС -3D. Практикум. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010 – 496 с.;
4. Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС 3D V8. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 544 с.;
5. ГОСТы. Единая система конструкторской документации. – М.: Изд-во стандартов, 2004;
6. Краснов М.Н., Барышев Н.Ф. Руководство для выполнения заданий по инженерной и компьютерной графике. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2008 – 116 с.;
7. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2007. – 579 с.;
8. Леонова Л.М., Чигрик Н.Н., Татаурова В.П. Зубчатые передачи. Элементы расчета и конструирования: Методические указания. – Омск.: ОмГТУ, 2005. – 45 с.;
9. Припадчев А.Д. Неразъемные соединения: Методические указания к выполнению практического задания по дисциплине «Инженерная графика». – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003.– 40 с.;
10. Сборочные чертежи: учеб. пособие /Ю.Я. Фершалов, Л.П. Цыганкова, И.Н. Мельникова и др.; – Дальневосточный государственный технический университет – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 142 с.;
11. Тихонов С.И., Шагиева Т.А. Разъемные соединения деталей машин: Справочно-методическое пособие. – Псков.: Изд-во ППИ, 2006 – 68 с.;
12. Талалай П.Г. КОМПАС 3D на примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 592 с.;
13. Толстоба Н.Д., Цуканов А.А. Проектирование узлов оптических приборов: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУИТМО, 2002 – 128 с.;
14. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Инженерная графика: Справочные материалы. – М.: ВЛАДОС, 2003 – 216 с.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

---

## КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Кафедра Компьютеризации и проектирования оптических приборов (первоначальное название «Кафедра военных оптических приборов», позднее - «Специальных оптических приборов») была основана в 1939 году. Она была призвана подготавливать инженеров по проектированию военных оптических приборов.

Возглавил кафедру известный специалист в области военных оптико-механических приборов профессор К.Е. Солодилов. На кафедру из Государственного оптического института пришли работать профессора Резунов М.А. и Цуккерман С.Т. Под их руководством на кафедре проводилась также и научно-исследовательская работа. Были разработаны, например, конструкции новых прицелов: пулеметного ПП1, авиационного АСП, ракурсного курсового.

В послевоенный период времени до 1970 года кафедру возглавлял проф. С.Т. Цуккерман, с 1971 по 1984 гг. заведовал кафедрой проф. Сухопаров С.А. (бывший главный инженер ЦКБ фирмы ЛОМО), в 1985 –90 гг. руководил кафедрой заслуженный деятель науки и техники проф. Зверев В.А.. С 1990 кафедрой заведует их ученик проф. Латыев С.М.

Выпускники кафедры всегда славились как хорошие конструктора, благодаря сильной проектно-конструкторской научно-педагогической школе, созданной Солодиловым К.Е., Цуккерманом С.Т., Резуновым М.А., Кулагиным В.В., Сухопаровым С.А.. Сотрудниками школы написано около двадцати монографий, учебных пособий и справочников по проектированию оптических приборов, ставших настольными книгами студентов и инженерно-технических работников оптической промышленности.

Основные научные направления работы кафедры связаны с разработкой теоретических основ конструирования оптических приборов, их точностного расчета и юстировки, автоматизацией функционирования приборов и их проектирования, а также с созданием автоматизированных измерительных фотоэлектрических приборов.

На кафедре были разработаны подобные приборы различного назначения:

- Стенд для контроля прецизионных муфт;
- Телевизионный дальномер;
- Стенд для контроля надежности биноклей;
- Фотоэлектрический автоколлиматор;
- Цифровой индикатор перемещений.

По результатам научных исследований аспирантами и сотрудниками кафедры были защищены десятки кандидатских и докторских диссертаций.

В настоящее время кафедра отошла от подготовки студентов только по военным оптическим приборам и имеет три специализации выпускников:

- «Специальные оптические приборы» – по которой подготавливаются инженеры (магистры) по разработке, юстировке, контролю и обслуживанию оптической техники военного назначения, а также космическим и гражданским приборам, которые эксплуатируются в специальных условиях или имеют особые характеристики;
- «Сборка, юстировка, испытание и контроль оптических приборов» - подготовка инженеров (бакалавров) по производству и эксплуатации оптических приборов.
- «Метрология и сертификация оптико-электронных приборов» - подготовка инженеров (бакалавров) для метрологических служб и организаций осуществляющих сертификацию продукции.

Студенты, обучающиеся на кафедре, имеют усиленную подготовку по использованию средств автоматизированного конструирования, контролю, юстировке и испытанию приборов, вопросам обеспечения точности их функционирования.

На кафедре имеются следующие учебные лаборатории: Компьютерный класс; Конструкторский класс; Приборов технического зрения; Военных приборов; Оптических приборов; Контроля и юстировки приборов, метрологии и сертификации оптико-электронных приборов. Ряд учебных занятий по военным и космическим приборам проводится в лабораториях базовых кафедр при ГОИ и ЛОМО.

По учебной и научной работе кафедра имеет многолетнее сотрудничество с Техническим университетом Ильменау (Германия), благодаря которому наиболее успевающие студенты, аспиранты и сотрудники кафедры стажировались в лабораториях этого университета.

В настоящее время штатное расписание кафедры состоит из 12-ти ставок профессорско-преподавательского состава (три профессора и девять доцентов) и трех инженеров. На кафедре обучается восемь аспирантов и магистрантов.

Иванов Александр Николаевич  
Ежова Ксения Викторовна  
Зленко Андрей Николаевич

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОПТИКО-  
ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ В САПР КОМПАС

Учебное пособие

В авторской редакции

Дизайн

Верстка

Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО

Зав. РИО

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 50 экз.

Отпечатано на ризографе

А.Н. Иванов

А.Н. Иванов

Н.Ф. Гусарова

**Редакционно-издательский отдел**  
Санкт-Петербургского национального  
исследовательского университета  
информационных технологий, механики  
и оптики  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

