

Удд:004.92

И 62

БАКАЛАВР. ПРИКЛАДНОЙ КУРС



Под общей редакцией  
Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничной

# ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

УЧЕБНИК и ПРАКТИКУМ



СООТВЕТСТВУЕТ  
ПРОГРАММАМ  
ВЕДУЩИХ НАУЧНО-  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ШКОЛ

УМО ВО рекомендует

**Юрайт**  
издательство  
biblio-online.ru

# **ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

**УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ  
ДЛЯ ПРИКЛАДНОГО БАКАЛАВРИАТА**

Под общей редакцией  
**Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничновой**

*Рекомендовано Учебно–методическим отделом  
высшего образования в качестве учебника и практикума  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по инженерно–техническим направлениям*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)**

**Москва • Юрайт • 2019**

**Ответственные редакторы:**

**Анамова Рушана Ришатовна** — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики факультета прикладной механики Московского авиационного института (национального исследовательского университета);

**Леонова Светлана Александровна** — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики факультета прикладной механики Московского авиационного института (национального исследовательского университета);

**Пшеничнова Наталья Вадимовна** — доцент кафедры инженерной графики факультета прикладной механики Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

**Рецензенты:**

**Иванов Г. С.** — доктор технических наук, профессор кафедры начертательной геометрии и черчения Московского государственного университета леса;

**Синицын С. А.** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики Московского государственного университета путей сообщения Императора Николая II.

И62

**Инженерная и компьютерная графика** : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / под общ. ред. Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничновой. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 246 с. — Серия : Бакалавр. Прикладной курс.

ISBN 978-5-9916-8262-6

В учебнике изложены основные правила выполнения и оформления чертежей. Рассмотрены виды изображений, методы выполнения геометрических построений, изображения разрезов и построения сечений геометрических тел. Приведены основные сведения об аксонометрических проекциях и изображениях соединений деталей на чертеже. Освещены стадии разработки изделий и сборочных чертежей, виды конструкторской документации, а также правила выполнения схем. Изложены основы проектирования в САПР «КОМПАС-3D»: методы двухмерного и трехмерного моделирования детали и сборочной единицы, построение ассоциативного чертежа детали. Рассмотрены особенности оформления конструкторской документации в электронном виде. Приведены методические указания по выполнению и оформлению курсовой работы по дисциплине. Изложение учебного материала сопровождается большим количеством примеров. В конце каждого параграфа приведены вопросы и задания для самоконтроля, а также упражнения для самостоятельной работы.

Содержание учебника соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

*Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям.*

УДК 004.92(075.8)

ББК 85.15я73



Delphi Law Company

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

АТУ ҒЫЛЫМИ КІТАПХАНАСЫ

ISBN 978-5-9916-8262-6

ӘКУЛУҚ КОРЫ

© Коллектив авторов, 2016

© ООО «Издательство Юрайт», 2019

344425

# Оглавление

Авторский коллектив .....	6
Предисловие .....	8
Введение .....	12
<b>Глава 1. Основные правила оформления чертежей и геометрические построения .....</b>	<b>16</b>
1.1. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД .....	16
1.1.1. Форматы .....	17
1.1.2. Масштабы .....	17
1.1.3. Линии .....	19
1.1.4. Шрифты .....	19
1.1.5. Основная надпись .....	21
1.1.6. Нанесение размеров .....	21
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	24
<i>Упражнения</i> .....	25
1.2. Геометрические построения на чертежах .....	26
1.2.1. Деление отрезков на равные части. Построение правильных многоугольников .....	26
1.2.2. Построение сопряжений .....	28
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	35
<i>Упражнения</i> .....	35
<i>Задание 1</i> .....	37
<b>Глава 2. Изображения .....</b>	<b>40</b>
2.1. Основные положения .....	40
2.2. Виды .....	42
2.2.1. Основные сведения .....	42
2.2.2. Нахождение проекций точек на изображениях геометрических тел .....	43
2.2.3. Нанесение размеров, определяющих форму геометрического тела. Построение третьего вида по двум заданным .....	51
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	57
<i>Упражнения</i> .....	57
2.3. Разрезы .....	58
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	62
<i>Упражнения</i> .....	62

2.4. Сечения .....	64
2.4.1. Основные сведения.....	64
2.4.2. Построение сечений геометрических тел .....	65
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	71
<i>Упражнения</i> .....	71
2.5. Аксонометрические проекции .....	75
2.5.1. Основные сведения.....	75
2.5.2. Прямоугольная изометрическая проекция (изометрия) .....	76
2.5.3. Диметрические проекции .....	77
2.5.4. Аксонометрическое изображение окружностей, лежащих в плоскостях, параллельных плоскостям проекций .....	78
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	81
<i>Упражнения</i> .....	81
<i>Задание 2</i> .....	81
<b>Глава 3. Изображение соединений деталей на чертеже .....</b>	<b>90</b>
3.1. Виды соединений.....	90
3.2. Изображение резьбовых соединений.....	91
3.2.1. Общие сведения.....	91
3.2.2. Изображение и обозначение метрической резьбы и соединения резьбой.....	94
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	97
<i>Упражнения</i> .....	97
3.3. Изображение неразъемных соединений .....	98
3.3.1. Паяные и клееные соединения.....	98
3.3.2. Сварные соединения .....	98
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	102
<i>Упражнения</i> .....	102
<i>Задание 3</i> .....	103
<b>Глава 4. Конструкторская документация сборочных единиц.....</b>	<b>107</b>
4.1. Основные понятия об изделии.....	107
4.2. Стадии разработки изделий и виды конструкторской документации .....	108
4.3. Правила разработки чертежей (эскизов) деталей.....	109
4.3.1. Построение изображения на эскизе детали.....	110
4.3.2. Нанесение размеров точеной детали на эскизе детали .....	114
4.3.3. Нанесение знаков шероховатости на чертеже (эскизе) детали .....	118
4.3.4. Заполнение основной надписи. Выбор материала.....	119
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	123
<i>Упражнения</i> .....	124
4.4. Разработка сборочных чертежей .....	125
4.4.1. Содержание сборочных чертежей, изображение, нанесение размеров .....	125
4.4.2. Спецификация .....	126
4.4.3. Схема деления изделия на составные части .....	130

<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	139
<i>Упражнения</i> .....	139
<i>Задание 4</i> .....	140
<b>Глава 5. Правила выполнения схем</b> .....	<b>152</b>
5.1. Общие сведения.....	152
5.2. Правила выполнения электрических схем .....	155
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	158
<i>Упражнения</i> .....	158
<i>Задание 5</i> .....	159
<b>Глава 6. Компьютерная графика</b> .....	<b>164</b>
6.1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования .....	164
6.2. Проектирование в САПР «КОМПАС-3D» .....	167
6.2.1. Основные сведения о САПР «КОМПАС-3D» .....	167
6.2.2. Двухмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D» .....	171
6.2.3. Трехмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D» .....	177
6.2.4. Создание чертежей по 3D-модели в САПР «КОМПАС-3D» .....	188
6.2.5. Моделирование некоторых типов деталей .....	194
6.2.6. Моделирование сборочной единицы .....	201
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	210
<i>Упражнения</i> .....	210
<i>Задание 6</i> .....	211
<b>Глава 7. Курсовая работа по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика»</b> .....	<b>219</b>
7.1. Общие требования к выполнению курсовой работы .....	219
7.2. Порядок выполнения и защиты курсовой работы .....	223
7.3. Тематика курсовых работ.....	224
<b>Тесты</b> .....	<b>226</b>
<b>Ответы к тестам</b> .....	<b>244</b>
<b>Список рекомендуемой литературы</b> .....	<b>245</b>

## Авторский коллектив

**Анамова Рушана Ришатовна** — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (отв. ред.; гл. 1: 1.2 (совместно с Т. И. Миролюбовой); гл. 2: 2.1—2.5 (совместно с Е. А. Кожуховой и Т. И. Миролюбовой); гл. 3: 3.1—3.3 (совместно с С. А. Леоновой); гл. 4: 4.1—4.4 (совместно с С. А. Леоновой и Г. К. Хотиной); гл. 5; гл. 6: 6.1 (совместно с А. В. Рипецким); тестовые задания (совместно с С. А. Леоновой));

**Леонова Светлана Александровна** — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (отв. ред.; гл. 1: 1.1; гл. 3: 3.1—3.3 (совместно с Р. Р. Анамовой), задание 3; гл. 4: 4.1—4.4 (совместно с Р. Р. Анамовой и Г. К. Хотиной), задание 4 (совместно с Г. К. Хотиной); гл. 6: задание 6; тестовые задания (совместно с Р. Р. Анамовой));

**Пшеничнова Наталия Вадимовна** — доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (отв. ред.; гл. 2: задание 2; гл. 6: 6.2 (совместно с А. В. Рипецким), задание 6 (совместно с С. А. Леоновой));

**Миролюбова Татьяна Игоревна** — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 1: 1.2 (совместно с Р. Р. Анамовой); гл. 2: 2.5 (совместно с Р. Р. Анамовой и Е. А. Кожуховой));

**Кожухова Елена Андреевна** — доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 2: 2.1—2.5 (совместно с Р. Р. Анамовой и Т. И. Миролюбовой));

**Рипецкий Андрей Владимирович** — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 6: 6.1—6.2 (совместно с Р. Р. Анамовой и Н. В. Пшеничновой));

**Хвесюк Татьяна Михайловна** — доцент, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 7);

**Хотина Галина Константиновна** — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 4: 4.1–4.4 (совместно с Р. Р. Анамовой и С. А. Леоновой), задание 4 (совместно с С. А. Леоновой)).

## Предисловие

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» тесно связана с предметом «Геометрия», который изучается в средних общеобразовательных учебных заведениях. Названный вузовский курс призван расширить и углубить знания, полученные школьниками для решения основных геометрических задач, а также способствовать развитию пространственного воображения обучающихся.

Следует отметить, что процесс освоения правил выполнения чертежей происходит на протяжении всего периода обучения в техническом вузе: этот процесс начинается с изучения дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», затем продолжается при освоении ряда общеинженерных и специальных дисциплин, а также при выполнении курсовых и дипломных проектов. Знания, полученные при изучении курса «Инженерная и компьютерная графика», служат базой для изучения таких дисциплин, как «Детали машин», «Теория механизмов и машин», «Системы автоматизированного проектирования».

*Целью* дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» является формирование у студентов необходимых знаний, умений и навыков разработки конструкторской документации (как вручную, так и с применением современных систем автоматизированного проектирования) для дальнейшего применения их в учебной и профессиональной деятельности.

*Задачи* дисциплины:

- изучение основных правил составления и чтения чертежей;
- изучение требований ЕСКД к оформлению конструкторской документации;
- обучение работе со справочной литературой и нормативной документацией (ГОСТами);
- овладение первичными навыками применения современных САД-программ для автоматизации инженерно-графических работ (на примере САПР «КОМПАС-3D»).

Предлагаемый учебник поможет студентам овладеть следующими компетенциями:

### **знаниями**

- теоретических основ построения изображений предметов на плоскости;
- методов построения изображений предметов на чертежах;
- правил оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД;
- методов и средств компьютерной графики для построения 3D-моделей деталей и их чертежей;

### **умениями**

- выполнять изображения предметов на чертежах по правилам проецирования и в соответствии с ЕСКД;
- читать форму элементов детали по ее чертежу;
- составлять комплекты технической документации в соответствии с государственными стандартами и техническими условиями;
- решать прямую и обратную задачи проектирования с применением методов и средств компьютерной графики;

### **навыками**

- выполнения чертежей в соответствии с правилами ЕСКД;
- работы в системах трехмерного моделирования (на примере САПР «КОМПАС-3D»).

К особенностям настоящего учебника относится практическая направленность изложенного материала. Теоретические вопросы освещаются кратко и сопровождаются подробным описанием методики выполнения практических заданий на соответствующую тему. Пошагово разобрано выполнение графических заданий. С целью закрепления знаний, умений и навыков после каждого параграфа приводятся вопросы и задания для самоконтроля и упражнения, в конце каждой главы – графические задания для самостоятельной работы.

Преимущества данного учебника:

- большой объем графических заданий к каждой теме, что позволяет использовать его преподавателям для подготовки к практическим занятиям и обучающимся при дистанционном изучении курса;
- связь изложенного теоретического материала с автоматизированным проектированием изделий.

Настоящий учебник содержит графические задания для выполнения как с помощью карандаша и линейки (традиционным способом), так и с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР). Это обусловлено тем, что авторы при написании учебника ставили перед собой цель показать не только преимущество использования САПР при выполнении проектно-конструкторских работ, но и необходимость соблюдения правил ЕСКД

независимо от способа выполнения конструкторской документации (вручную или на компьютере).

Учебник может быть использован при изучении учебного предмета «Черчение» в средних общеобразовательных учреждениях и на подготовительных отделениях вузов, при изучении учебных дисциплин «Инженерная графика» и «Инженерная и компьютерная графика» в учреждениях среднего и высшего профессионального образования, а также при индивидуальном дистанционном изучении указанных курсов. Изложение материала в учебнике рассчитано на читателя без начальной чертежно-графической подготовки.

Структура и содержание настоящего учебника соответствует рабочей программе дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» для большинства инженерно-технических специальностей. Логика подачи изложения учебного материала традиционная: в каждой главе сначала рассматриваются основные теоретические положения и примеры выполнения графических заданий, затем приводятся вопросы для самоконтроля и задания для самостоятельной работы. Такой подход позволяет достичь лучших результатов в обучении за счет закрепления изученного материала в процессе самостоятельного выполнения заданий студентами.

Учебник содержит семь глав. В первой главе изложены общие сведения о правилах выполнения чертежей, знание которых необходимо для оформления всех видов конструкторской документации, а также методика выполнения геометрических построений на чертеже. Во второй главе рассмотрено построение изображений на чертежах с помощью метода прямоугольного проецирования, а также правила выполнения наглядных изображений (аксонометрия). Третья и четвертая главы содержат сведения, необходимые для чтения и выполнения чертежей и эскизов деталей и сборочных единиц. В пятой главе приведены общие сведения о схемах и правилах выполнения электрических схем. Шестая глава посвящена компьютерной графике и содержит основные сведения о выполнении чертежей и трехмерных моделей в САПР «КОМПАС-3D V15». В седьмой главе рассматривается методика выполнения курсовой работы по дисциплине.

Следует отметить, что курсовая работа является нетрадиционной формой задания для инженерно-графических дисциплин, однако многолетний опыт авторов данного учебника, преподающих дисциплины «Инженерная графика» и «Инженерная и компьютерная графика» в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) — МАИ (НИУ), показывает, что такая форма задания способствует развитию у студентов

навыков работы со справочной литературой, умения анализировать и логически последовательно излагать свои мысли.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам: *Геннадию Сергеевичу Иванову*, доктору технических наук, профессору кафедры «Инженерная графика» Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана и *Сергею Александровичу Синицыну*, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» кафедры Московского государственного университета путей сообщения Императора Николая II, — за ценные замечания по содержанию рукописи.

Особую благодарность авторы выражают *Анжелике Александровне Гетьман* — редактору издательства «Юрайт» за высокопрофессиональную работу.

Авторы желают читателям успехов в освоении дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» и надеются на то, что настоящий учебник им в этом поможет. Авторы с признательностью примут замечания и предложения читателей по улучшению учебника, которые просят направлять по адресу электронной почты: [anapova.rushana@yandex.ru](mailto:anapova.rushana@yandex.ru).

## Введение

*Графика* — один из древнейших языков человеческой культуры, дошедший до наших дней. Такое «долгожитие» стало возможно благодаря уникальности и универсальности графического языка. Его уникальность — лаконичность и простота — состоит в минимальном составе знаковой системы: по сути, это только два знака — точка и линия. Этот «языковой бином», собственно, и обуславливает универсальность графики как способа передачи информации, используемого в различных сферах человеческой деятельности с древнейших времен (зادолго до создания письменности: рисунки на стенах пещер и камнях, позднее — на бересте, коже, папирусе, пергаменте, бумаге и др.) до настоящего времени. Таковым — уникальным и универсальным — графический язык является и в представлении научно-технической информации.

Сегодня инженерное образование не мыслится без освоения инженерно-графических дисциплин, развитие которых в России имеет свою, надо сказать, небезынтересную историю. Очень кратко осветим ее основные вехи.

Вообще говоря, изначально «двигателем» для развития «инженерного графического языка» в Древней Руси, к слову, как и во всем мире, являлось строительство, удовлетворяющее базовую потребность человека, — потребность в жилище. До наших дней дошли изображения планов городов Киевской Руси XI—XIII вв. В Русском царстве в XVI в. чертежи выполнялись для нужд картографии, строительства, промышленности и военного дела. О развитии российского градостроительства в XVII в. свидетельствует Годунов чертеж Москвы, созданный при Борисе Годунове в 1613 г.

Началом широкого профессионального обучения черчению в России принято считать Петровскую эпоху. В начале XVIII в. в России развиваются кораблестроение, горнорудная промышленность, машиностроение и др., что потребовало наличия специалистов, профессионально владеющих умениями и навыками выполнения чертежей. По указу Петра I от 31 января 1714 г. вводится преподавание черчения в специальных учебных заведениях: «...*Послатъ во все губернии по несколько человек из школ математических, чтоб*

*учить дворянских детей цифири и геометрии, и положить штраф такой, что не вольно будет жениться, пока сему не выучится*». Вскоре появляются первые учебники по черчению и геометрии: «Приемы циркуля и линейки, или Избраннейшее начало во математических искусствах» (СПб., 1709. 364 с.; перевод с австрийского Я. В. Брюса<sup>1</sup>)<sup>2</sup> и «Практическая геометрия» С. И. Назарова<sup>3</sup> (СПб., 1760). Этим периодом датируются первые чертежи заводских сооружений, где изображения выполнялись в двух видах. Сохранился чертеж 22-весельного шлюпа, выполненный Петром I в 1719 г.

К активному развитию инженерной графики привело развитие машиностроительного производства в XIX в. Серийное производство потребовало обеспечения взаимозаменяемости деталей, расширения объема информации, которую содержит чертеж, повышения точности и полноты чертежа. С появлением во второй половине XX в. электронно-вычислительных машин получил развитие новый инструмент выполнения чертежей — компьютер. Компьютерная графика значительно ускорила процессы изготовления чертежей и, как следствие, снизила временные затраты на проектирование и себестоимость изделия.

В настоящее время неотъемлемой частью инженерно-технического образования в России является дисциплина «Инженерная и компьютерная графика», изучающая правила выполнения и чтения чертежей, а также основные принципы и средства автоматизированного проектирования чертежей.

Курс «Инженерная и компьютерная графика» является «преемником» дисциплины «Начертательная геометрия», поскольку базируется на методах проецирования предмета на плоскость, описанных в начертательной геометрии. В то же время данный курс есть продолжение дисциплины «Инженерная графика», так как учит применять современные инструменты проектирования для выполнения чертежей по правилам инженерной графики.

Современная организация производства и высокие темпы технического прогресса требуют от инженерно-технических работников предприятий (конструкторов и технологов) глубоких разносторонних знаний, умений и навыков владения системами автоматизированного проектирования. В связи с этим перед курсом «Инже-

---

<sup>1</sup> *Яков Вилимович Брюс* (1670–1735) — русский государственный деятель, военный, дипломат, инженер и ученый, один из ближайших сподвижников Петра I.

<sup>2</sup> Это была первая книга в России, напечатанная гражданским шрифтом. Приложение «Как делать на горизонтальном месте солнечные часы» написана Петром I.

<sup>3</sup> *Степан Иванович Назаров* (1727–?) — российский инженер-прапорщик (позднее титулярный советник) и преподаватель математики Сухопутного шляхетного кадетского корпуса.

нерная и компьютерная графика» поставлены новые задачи — ознакомить обучающихся не только с правилами выполнения чертежей, но и с основами трехмерного моделирования, особенностями оформления конструкторской документации в электронном виде.

*Объект* дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» — изображения окружающих нас предметов на плоскости. Чтобы воплотить любую конструкторскую или дизайнерскую идею, необходимо отобразить ее на бумажном листе или на экране компьютера. Причем сделать это необходимо так, чтобы любой исполнитель смог по изображению на бумажном листе или на экране компьютера представить данную идею и реализовать ее. Для этого были разработаны правила и методы выполнения изображений, а также международные, государственные и отраслевые стандарты, которые являются *предметом* изучения в курсе «Инженерная и компьютерная графика».

Примитивы (точки, линии), которыми пользуются при изучении дисциплины «Инженерной и компьютерной графики», помогают создать на бумаге или на экране компьютера образ того объекта, который был задуман. От слова «образ» произошло понятие «изображение».

Изображение предмета на определенном носителе информации (бумаге, кальке и т.п.), выполненное с учетом требований, позволяющих однозначно определить размеры и форму этого предмета, называется *чертежом* (др.-русск. *чьртежь* — отметка, грань; план)<sup>1</sup>.

При выполнении чертежей сложных изделий недостаточно иметь изображения предмета. Необходимы комментарии, поясняющие состав изделия, названия входящих в него частей (деталей или сборочных единиц). Это обеспечивается так называемыми *текстовыми документами*, т.е. документами, содержащими не графическое изображение, а текст. Чертежи и текстовые документы объединены в одно понятие — *конструкторская документация*.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении курса «Инженерная и компьютерная графика», необходимы при изучении других учебных дисциплин, а также в последующей инженерной деятельности. Знание инженерной графики позволяет инженеру выполнять и читать чертежи (как знание азбуки и грамматики позволяет человеку читать и писать), а знание компьютерной графики — сократить время выполнения чертежей. Изучение данной дисциплины также развивает пространственное представление и логическое мышление.

В заключение отметим следующее. Предлагаемый учебник рассчитан на читателей без специальной подготовки. Однако знания,

<sup>1</sup> *Срезневский И. И.* Словарь древнерусского языка : в 3 т. Т. 3. М. : Книга, 1989.

умения и навыки, полученные при изучении школьного курса «Геометрия», курса «Начертательная геометрия» (как правило, предшествует дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» в учебных планах технических специальностей/направлений подготовки), будут весьма полезны при освоении дисциплины.

Как показывает практика, наиболее сложными при освоении курса «Инженерная и компьютерная графика» являются темы «Построение сопряжений», «Изображение резьбовых соединений» и «Разработка сборочных чертежей». Авторы рекомендуют читателям выполнять упражнения и задания к указанным темам для закрепления материала.

Тема «Трехмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D»» освещена в учебнике в ограниченном объеме, поскольку возможности программного комплекса «КОМПАС-3D» намного шире, чем объем данной книги. Авторами ставилась задача «дать старт» обучающимся, заинтересовать их и побудить к дальнейшему самостоятельному освоению новых инструментов, модулей и приложений систем автоматизированного проектирования.

Для выполнения представленных в учебнике графических заданий на компьютере требуется установка САПР «КОМПАС-3D». Данная САПР разработана отечественной компанией «АСКОН» и является универсальной системой автоматизированного проектирования, которая находит применение при решении различных задач авиа-, машино- и приборостроения, строительства на профильных предприятиях названных отраслей промышленности. Бесплатную учебную версию данного программного продукта можно скачать на официальном сайте производителя: [ascon.ru](http://ascon.ru).

Для проведения зачетов и экзаменов по курсу «Инженерная и компьютерная графика» рекомендованы задания, содержащие несколько теоретических вопросов и одно практическое (графическое) задание. Также возможно применение представленных в учебнике тестовых заданий для промежуточного (рубежного) контроля знаний студентов по дисциплине.

Перечень рассмотренных тем и возможные ограничения в объеме изложения учебного материала обусловлены содержанием рабочей программы дисциплины для большинства технических специальностей.

# Глава 1

## ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

---

В результате изучения данной главы студент должен:

**знать**

- перечень основных стандартов ЕСКД;
- размеры основных форматов для выполнения чертежей;
- типы линий и их изображение на чертежах;
- масштабы изображений на чертежах;
- правила нанесения размеров;
- правила заполнения основной надписи на чертеже;

**уметь**

- строить изображения предмета на плоскостях;
- выполнять надписи чертежным шрифтом;
- наносить размеры на чертеже;

**владеть**

- терминологическим аппаратом, необходимым при выполнении геометрических построений на чертежах и оформлении чертежей;
  - методами выполнения геометрических построений на чертежах.
- 

### 1.1. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД

Чертежи должны выполняться в соответствии с требованиями государственных стандартов (ГОСТов). В курсе «Инженерная и компьютерная графика» изучаются в основном ГОСТы, входящие в *Единую систему конструкторской документации (ЕСКД)*. На принадлежность стандарта к классу ЕСКД указывает первая цифра 2 в номере ГОСТа, которая отделяется от следующих цифр точкой, например:

*ГОСТ 2.301–68. Форматы.*

Первая цифра после точки является обозначением классификационной группы (в данном случае группа 3 – «Общие правила выполнения чертежей»). Следующие две цифры (01) – это порядко-

вый номер стандарта в группе. После тире указывается год регистрации стандарта (в данном случае это 1968 г.).

### 1.1.1. Форматы

Форматы листов чертежей и других документов, выполняемых на электронных или бумажных носителях, устанавливает ГОСТ 2.301—68. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной сплошной тонкой линией, и делятся на основные и дополнительные

Формат с размерами сторон  $841 \times 1189$  мм, площадь которого равна  $1 \text{ м}^2$ , и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за *основные*.

Обозначения и размеры сторон основных форматов указаны в табл. 1.1.

Таблица 1.1

#### Основные форматы

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	$841 \times 1189$
A1	$594 \times 841$
A2	$420 \times 594$
A3	$297 \times 420$
A4	$210 \times 297$

При необходимости допускается применять формат A5, имеющий размеры сторон  $148 \times 210$  мм.

Допускается применение *дополнительных* форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности, например  $A0 \times 2$ ,  $A4 \times 3$  и т.д.

Форматы могут располагаться как горизонтально, так и вертикально. Исключение составляет формат A4, который допускается использовать только в вертикальном положении (рис. 1.1, а).

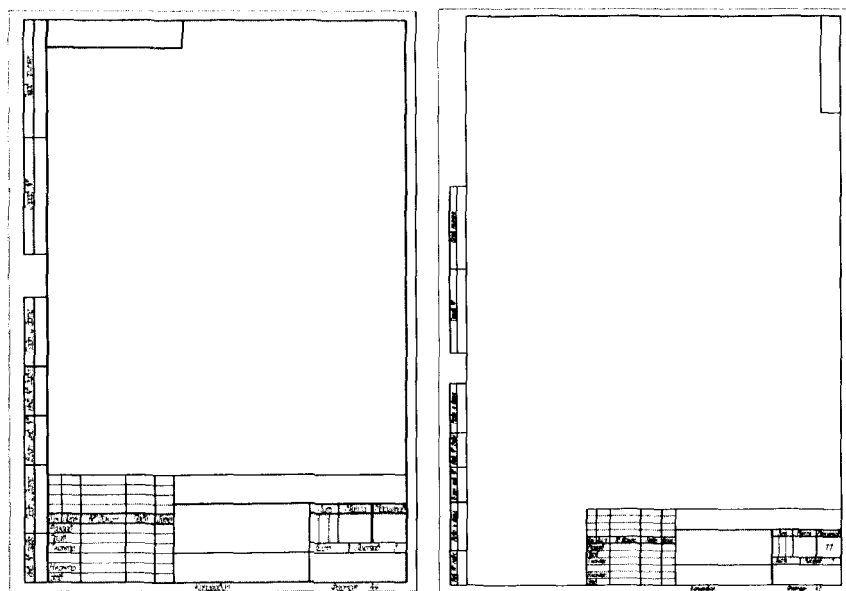
### 1.1.2. Масштабы

*Масштаб* — это отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.

АТУ ғылыми кітапханасы:

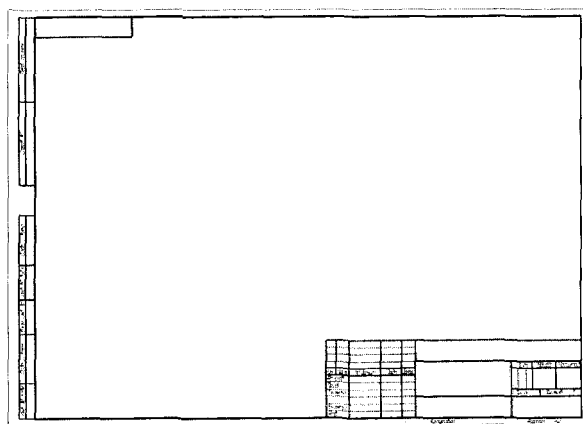
оқулық қоры

344425



*a*

*б*



*в*

**Рис. 1.1. Форматы:**

*a* — формат А4; *б* — формат А0—А3 (вертикальный);  
*в* — формат А0—А3 (горизонтальный)

Масштабы изображений и их обозначение на чертежах устанавливает ГОСТ 2.302—68:

- масштаб натуральной величины: 1 : 1;
- масштабы увеличения: 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1;

• масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50 и т.д.

При любом масштабе на чертеже изображаемых объектов наносятся только действительные размеры.

Масштаб указывается в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа по типу: 1:1; 1:2; 2:1 и т.п.

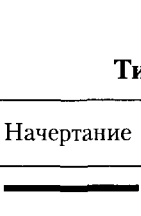
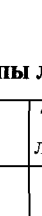

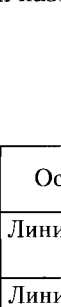
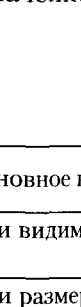
### 1.1.3. Линии

Начертания и основное назначение линий на чертежах устанавливает ГОСТ 2.303—68.

Наименование, начертание, толщина (рекомендованная для учебных чертежей) основных типов линий и их назначение приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Типы линий

Наименование	Начертание	Толщина линии, мм	Основное назначение
Сплошная толстая основная		0,8—1,0	Линии видимого контура
Сплошная тонкая		0,3—0,5	Линии размерные и выносные. Линии штриховки. Линии-выноски и полки линий-выносок
Сплошная волнистая		0,3—0,5	Линии обрыва. Линии разграничения вида и разреза
Штриховая		0,3—0,5	Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая		0,3—0,5	Линии осевые и центровые

### 1.1.4. Шрифты

Чертежные шрифты, применяемые на чертежах, устанавливает ГОСТ 2.304—81. Последний определяет четыре типа шрифта:

1) тип А без наклона;

$$d = h/14,$$

где  $d$  – толщина линии шрифта, мм;  $h$  – размер шрифта, определяемый высотой прописных букв, мм;

2) тип А с наклоном около  $75^\circ$ ;

$$d = h/14;$$

3) тип Б без наклона;

$$d = h/10;$$

4) тип Б с наклоном около  $75^\circ$ ;

$$d = h/10.$$

На учебных чертежах рекомендуется использовать шрифт типа Б с наклоном (для размерных чисел и всех надписей, за исключением обозначений чертежей) и шрифт типа Б без наклона (только для обозначений чертежей).

Рекомендуемые размеры шрифтов для учебных чертежей представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

### Размеры шрифтов и их назначение на учебных чертежах

Размер шрифта, мм	Назначение
10	Обозначение чертежа в основной надписи (прямой шрифт). Наименование чертежа (наклонный). Обозначение сечений и разрезов (А–А, Б–Б и т.д.)
7	Обозначение чертежа в дополнительной графе (прямой перевернутый). Нанесение технических требований. Указание масштаба. <i>Допускается</i> для обозначения сечений и разрезов (А–А, Б–Б и т.д.). Наименование чертежа (при большом количестве слов). Нумерация позиций на сборочных чертежах
5	Нанесение размерных чисел. Написание литеры «У» в основной надписи. Обозначение номера учебной группы в основной надписи. <i>Допускается</i> для нанесения технических требований на чертеже (при большом количестве таковых)
3,5	Указание фамилий студента и преподавателя в основной надписи

На учебном чертеже при написании любого символа (буквы, цифры или знака) рекомендуется использовать разметку (сетку) (рис. 1.2), которая представляет собой габаритный прямоугольник (если шрифт прямой) или параллелограмм (если шрифт наклонный) с параметрами  $h$ ,  $c$ ,  $b$ , где  $h$  – высота прописных букв, мм;  $c$  – высота строчных букв, мм;  $b$  – ширина символа, мм.

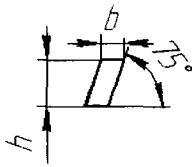


Рис. 1.2. Разметка для наклонного шрифта

Сетку рекомендуется выполнять сплошной тонкой линией и не стирать после написания символов.

### 1.1.5. Основная надпись

Каждый чертеж имеет основную надпись, помещаемую в правом нижнем углу формата (см. рис. 1.1). Для форматов А4 основная надпись по ширине занимает все внутреннее поле (см. рис. 1.1, а).

Формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в конструкторских документах, предусмотренных стандартами ЕСКД, устанавливает ГОСТ 2.104–2006 «Основные надписи».

Пример заполнения основной надписи приведен на рис. 1.3.

					041.023.003			
Изм	Лист	И докун.	Подп.	Дата	Деталь Е	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб	Иванов					У		1:1
Проб	Петров					Лист	Листов	1
Т.контр						зр.04-101Б		
И.контр								
Чтв	Петров							

Рис. 1.3. Пример заполнения основной надписи

Следует отметить, что в основной надписи чертежа обязательным является наличие подписи исполнителя.

### 1.1.6. Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на чертежах изделий всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.307—2011. Общее количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения, угловые – в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения. Для размеров, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения.

При нанесении линейных размеров на чертеже необходимо руководствоваться рядом нормальных линейных размеров, установленных ГОСТ 6636—69. Размеры на чертежах указываются с помощью размерных чисел, размерных и выносных линий (рис. 1.4).

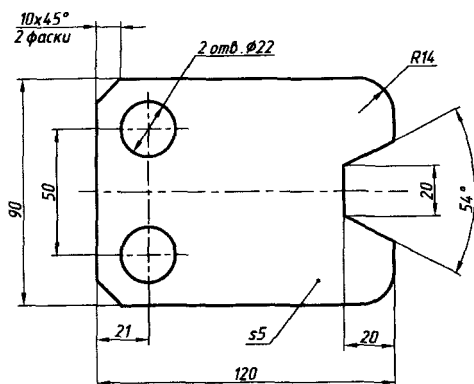


Рис. 1.4. Пример нанесения размеров на плоскую деталь

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелки. Длина стрелки — 5–6 мм, угол —  $15\text{--}20^\circ$  (рис. 1.5, а). При недостатке места стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом  $45^\circ$  к размерным линиям, или точками (рис. 1.5, б, в).

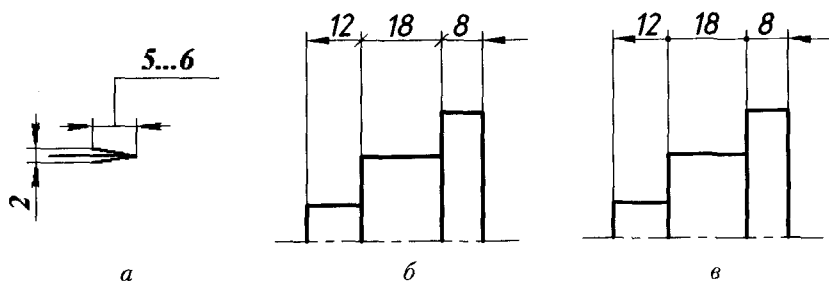


Рис. 1.5. Изображение стрелки на чертеже

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1–5 мм. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной линией и линией контура — 10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных линий какими-либо другими линиями.

Высота размерных чисел должна быть равна 5 мм. Шрифт наклонный. Размерное число следует размещать над размерной линией на высоте 1,5–2 мм вблизи ее середины или над полкой линии-выноски. Если размерные линии располагаются параллельно

или концентрично, то числа рекомендуется располагать в шахматном порядке.

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным. Допускается выносные линии выполнять наклонно (рис. 1.6). В этом случае размерная и выносные линии должны образовывать параллелограмм.

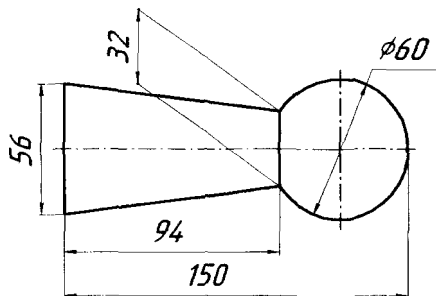



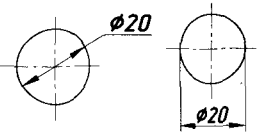

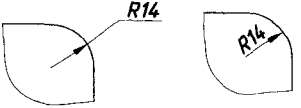
Рис. 1.6. Пример нанесения линейных размеров и диаметра




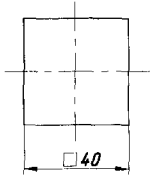

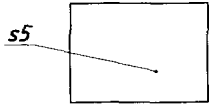
Размеры одинаковых отверстий наносят один раз, с указанием их количества (см. рис. 1.4). Размер угловых фасок (срезанная кромка под углом) наносят путем указания катета и угла. При наличии нескольких фасок указывают их количество (см. рис. 1.4).

Для облегчения понимания геометрической формы предмета, при нанесении размеров на его изображение применяют различные символы (табл. 1.4).

Таблица 1.4

### Применение символов при нанесении размеров

Наименование символа	Изображение символа	Примеры нанесения на чертежах
Диаметр	Высота знака равна высоте размерных чисел 	Окружность диаметром 20 мм 
Радиус	Высота знака равна высоте размерных чисел 	Радиус скругления — 14 мм 

Наименование символа	Изображение символа	Примеры нанесения на чертежах
Сфера (применяется в случае, если на изображении трудно отличить сферу от других поверхностей)		Полусфера радиусом 10 мм 
Квадрат		Квадрат со стороной 40 мм 
Толщина изделия (для деталей из листовых материалов)		Толщина пластины – 5 мм 

Размеры, наносимые на чертеже, подразделяются на исполнительные и справочные. *Исполнительные (рабочие) размеры* используют при изготовлении изделия и его приемке (контроле). *Справочные размеры* не подлежат выполнению по данному чертежу: они указываются для большего удобства пользования чертежом. Справочные размеры отмечаются знаком «звездочка» (\*). При наличии на чертеже справочных размеров в технических требованиях, расположенных над основной надписью на расстоянии не менее 10 мм, наклонным шрифтом размером 7 мм записывают: \* *Размер для справок* или \* *Размеры для справок*, если их несколько.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1.1. Какие основные форматы установлены ГОСТ 2.301–68? Как они образуются?

1.2. Заполните таблицу.

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	
A1	

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A2	
A3	
A4	

- 1.3. Где располагается основная надпись на формате А3 и А4?
- 1.4. Как образуются дополнительные форматы?
- 1.5. Что такое масштаб?
- 1.6. Перечислите типы масштабов согласно ГОСТ 2.302–68.
- 1.7. Где и как указываются масштабы изображения на чертеже?
- 1.8. Каким параметром определяется размер шрифта?
- 1.9. Какие размеры шрифта установлены ГОСТ 2.304–81?
- 1.10. Какой тип шрифта рекомендуется использовать на чертежах?
- 1.11. В каких случаях применяется прямой шрифт на учебных чертежах?
- 1.12. Какой размер шрифта используют при простановке размеров?
- 1.13. В каких единицах выражают линейные размеры на чертежах?
- 1.14. Покажите изображение стрелки (форму, размеры). Чем заменяются стрелки при недостатке места?
- 1.15. Как называются линии, с помощью которых наносятся размеры?
- 1.16. На сколько миллиметров должны выступать выносные линии за концы стрелок размерных линий?
- 1.17. Чему равно минимальное расстояние между изображением и размерной линией, а также между параллельными линиями?
- 1.18. Приведите примеры обозначений диаметра, радиуса, квадрата, сферы и толщины изделия. Укажите высоту и ширину каждого знака.
- 1.19. Как наносят размеры нескольких одинаковых отверстий и фасок? Приведите примеры.
- 1.20. Как рекомендуется проставлять размерные числа на параллельных размерных линиях?

## Упражнения

**Упражнение 1.1.** На рис. 1.7 дано изображение детали, где цифрами отмечены различные линии. В соответствии с рис. 1.7 заполните таблицу.

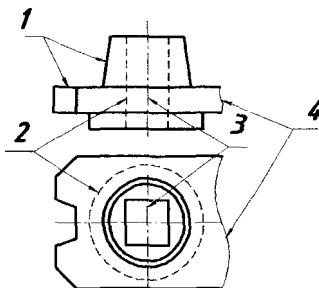


Рис. 1.7. К упражнению 1.1

Номер линии на рис. 1.7	Название линии	Назначение линии на рис. 1.7	Толщина обводки, мм
1			
2			
3			
4			

**Упражнение 1.2.** Нанесите необходимые размеры на изображение детали, приведенное на рис. 1.8, и укажите ее толщину (5 мм).

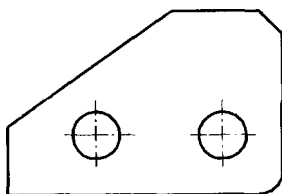


Рис. 1.8. К упражнению 1.2

## 1.2. Геометрические построения на чертежах

### 1.2.1. Деление отрезков на равные части.

#### Построение правильных многоугольников

**Деление отрезка на две равные части.** При делении отрезка пополам с помощью линейки неизбежны погрешности. Для точного нахождения середины отрезка рекомендуется применять деление отрезка пополам с помощью циркуля (рис. 1.9).

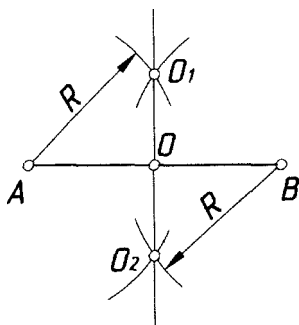


Рис. 1.9. Построение срединного перпендикуляра к отрезку

Выполняют данное построение следующим образом. Из концов отрезка  $AB$ , как из центров, проводятся дуги окружностей одного радиуса  $R$  (радиус может быть произвольным, но больше, чем половина отрезка). Дуги пересекаются в двух точках ( $O_1$  и  $O_2$ ). Точки пересечения  $O_1$  и  $O_2$  соединяются прямой линией, которая являет-

ся срединным перпендикуляром к отрезку. Точка пересечения срединного перпендикуляра с отрезком (точка  $O$ ) делит отрезок  $AB$  на две равные части ( $AO = OB$ ).

**Построение правильного пятиугольника.** Для построения правильного пятиугольника необходимо разделить окружность на пять равных частей (рис. 1.10).

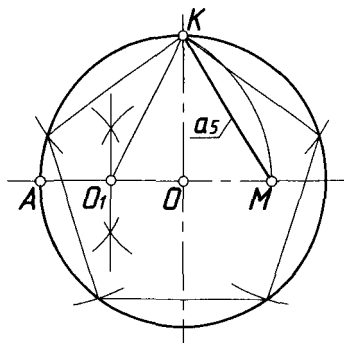


Рис. 1.10. Построение правильного пятиугольника

Алгоритм построения правильного пятиугольника следующий:

- 1) делим радиус окружности  $AO$  пополам:  $AO_1 = O_1O$ ;
- 2) соединяем середину радиуса с точкой пересечения окружности и осевой линии  $K$ ;

3) проводим дугу радиусом  $O_1K$  до пересечения с осевой линией окружности в точке  $M$ ;

4) отрезок  $KM$  является стороной правильного пятиугольника. Замеряем длину отрезка  $KM$  циркулем и делаем с его помощью засечки на окружности. Точки пересечения засечек с окружностью — вершины правильного пятиугольника.

**Построение правильного шестиугольника** демонстрируется на рис. 1.11.

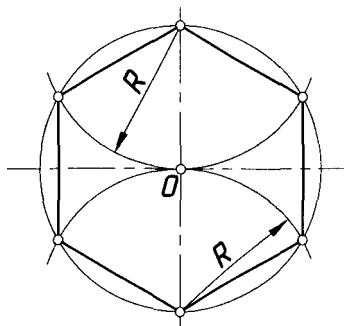


Рис. 1.11. Построение правильного шестиугольника

Сторона правильного шестиугольника равна радиусу описанной около него окружности. Устанавливаем раствор циркуля равным радиусу описанной окружности  $R$  и из противоположных концов одного из диаметров окружности описываем дуги.

### 1.2.2. Построение сопряжений

Часто при изображении на чертеже контура детали приходится выполнять плавный переход одной линии в другую (плавный переход между прямыми линиями или окружностями) для выполнения конструктивных и технологических требований. Плавный переход одной линии в другую называют *сопряжением*.

Для построения сопряжений необходимо определить:

- *центры сопряжений* (центры, из которых проводят дуги);
- *точки касания/точки сопряжения* (точки, в которых одна линия переходит в другую);
- *радиус сопряжения* (если он не задан).

Рассмотрим основные типы сопряжений.

#### 1.2.2.1. Сопряжение (касание) прямой и окружности

**Построение прямой, касательной к окружности.** При построении сопряжения прямой и окружности используется известный признак касания этих линий: прямая, касательная к окружности, составляет прямой угол с радиусом, проведенным в точку касания (рис. 1.12).

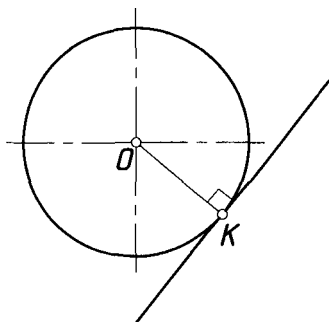
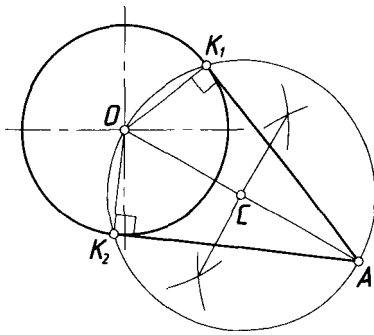


Рис. 1.12. Касание прямой и окружности:

$K$  — точка касания

Для проведения касательной к окружности через точку  $A$ , лежащую вне окружности, необходимо:

- 1) соединить заданную точку  $A$  (рис. 1.13) с центром окружности  $O$ ;
- 2) отрезок  $OA$  разделить пополам ( $OC = CA$ , см. рис. 1.7) и провести вспомогательную окружность радиусом  $CO$  (или  $CA$ );



**Рис. 1.13. Построение касательной прямой к окружности**

3) точку  $K_1$  (или  $K_2$ , поскольку задача имеет два решения) соединить с точкой  $A$ .

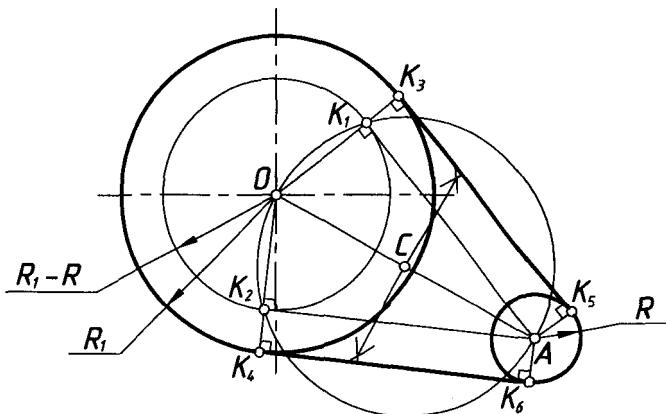
Линия  $AK_1$  (или  $AK_2$ ) является касательной к заданной окружности. Точки  $K_1$  и  $K_2$  — точки касания.

Следует отметить, что рис. 1.13 иллюстрирует также один из способов точного графического построения двух перпендикулярных прямых (касательной и радиуса).

**Построение прямой, касательной к двум окружностям.** Обращаем внимание читателя на то, что задачу построения прямой, касательной к двум окружностям, можно рассматривать как обобщенный случай предыдущей задачи (построение касательной из точки к окружности). Сходство этих задач прослеживается из рис. 1.13 и 1.14.

**Внешнее касание двух окружностей.** При внешнем касании (см. рис. 1.14) обе окружности лежат по одну сторону от прямой.

На рис. 1.14 изображены малая окружность радиусом  $R$  с центром в точке  $A$  и большая окружность радиусом  $R_1$  с центром в точ-



**Рис. 1.14. Построение внешней касательной к двум окружностям**

ке  $O$ . Чтобы построить внешнюю касательную к этим окружностям, необходимо выполнить следующие действия:

1) через центр  $O$  большей окружности провести вспомогательную окружность радиусом  $(R_1 - R)$ ;

2) построить касательные к вспомогательной окружности из точки  $A$  (центр малой окружности). Точки  $K_1$  и  $K_2$  — точки касания прямых и окружности (заметим, что задача имеет два решения);

3) точки  $K_1$  и  $K_2$  соединить с центром  $O$  и продолжить эти линии до пересечения с окружностью радиусом  $R_1$ . Точки пересечения  $K_3$  и  $K_4$  являются точками касания (сопряжения);

4) через точку  $A$  провести радиусы, параллельные линиям  $OK_3$  и  $OK_4$ . Точки пересечения этих радиусов с малой окружностью — точки  $K_5$  и  $K_6$  являются точками касания (сопряжения);

5) соединив точки  $K_4$  и  $K_6$ , а также  $K_3$  и  $K_5$ , получить искомые касательные.

**Внутреннее касание двух окружностей** (окружности лежат по разные стороны от прямой, рис. 1.15) выполняется по аналогии с внешним касанием, с той лишь разницей, что через центр  $O$  большей окружности проводится вспомогательная окружность радиусом  $R_1 + R$ . На рис. 1.15 изображено два возможных решения задачи.

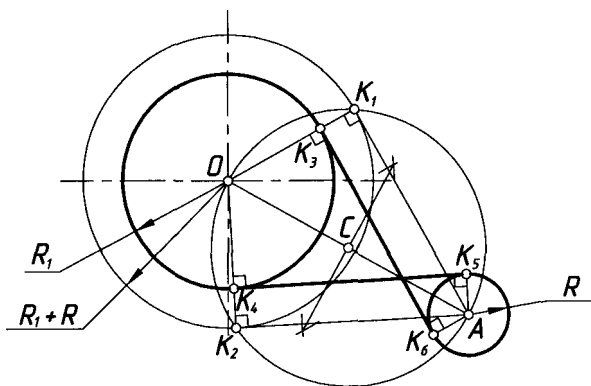


Рис. 1.15. Построение внутренней касательной к двум окружностям

**Сопряжение пересекающихся прямых дугой окружности заданным радиусом.** Построение (рис. 1.16) сводится к построению окружности радиусом  $R$ , касающейся одновременно обеих заданных линий.

Для нахождения центра этой окружности проводим две вспомогательные прямые, параллельные заданным, на расстоянии  $R$  от каждой из них. Точка пересечения этих прямых является центром  $O$  дуги сопряжения. Перпендикуляры, опущенные из центра  $O$  на заданные прямые, определяют точки сопряжения (касания)  $K_1$  и  $K_2$ .

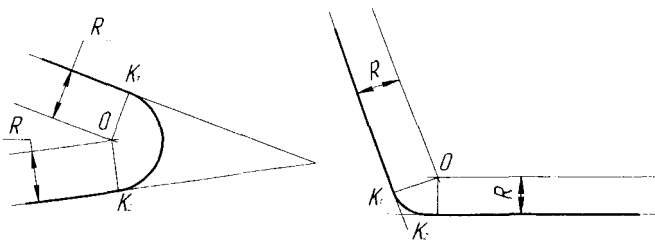


Рис. 1.16. Сопряжение пересекающихся прямых дуг окружности

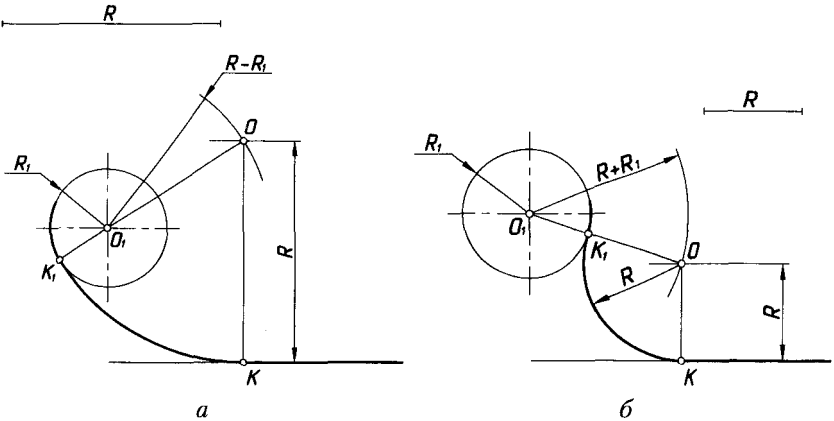


Рис. 1.17. Построение сопряжения окружности и прямой дугой заданным радиусом  $R$ :

$a$  – внутреннее касание;  $b$  – внешнее касание

### Сопряжение окружности и прямой дугой заданным радиусом.

Примеры построения сопряжений окружности и прямой дугой заданным радиусом  $R$  приведены на рис. 1.17.

#### 1.2.2.2. Сопряжение (касание) окружностей

Различают внешнее (рис. 1.18,  $a$ ) и внутреннее (рис. 1.18,  $b$ ) касания окружностей.

Основные свойства касающихся окружностей:

- 1) точка касания  $K$  лежит на линии, соединяющей центры касающихся окружностей (линии центров);
- 2) при внешнем касании расстояние между центрами касающихся окружностей

$$|O_1O_2| = R_1 + R_2;$$

при внутреннем касании

$$|O_1O_2| = R_1 - R_2.$$

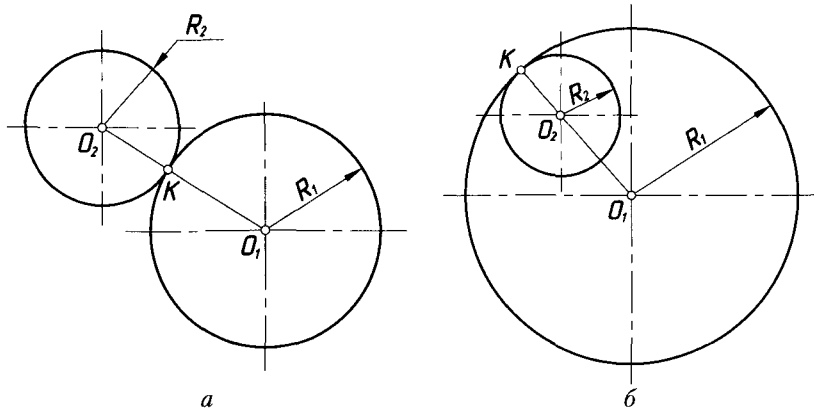


Рис. 1.18. Касание двух окружностей:

*a* — внешнее касание; *b* — внутреннее касание

### Сопряжение двух окружностей дугой заданным радиусом

**Внешнее касание.** При внешнем касании (рис. 1.19) из центров  $O_1$  и  $O_2$  проводят две вспомогательные окружности радиусами  $R_1 + R$  и  $R_2 + R$ , где  $R$  — радиус заданной дуги. Точка пересечения вспомогательных окружностей — точка  $O$  является центром сопрягающей дуги. Для определения местоположения точек касания  $K_1$  и  $K_2$  проводят две линии центров  $OO_1$  и  $OO_2$ .

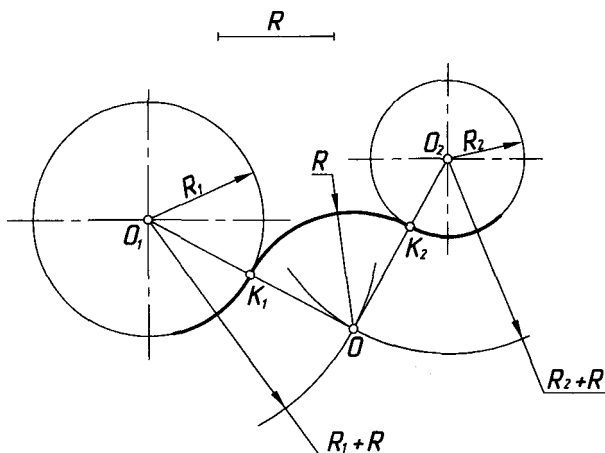


Рис. 1.19. Сопряжение двух окружностей при внешнем касании

**Внутреннее касание.** При внутреннем касании (рис. 1.20) вспомогательные окружности из центров данных окружностей проводятся радиусами  $R - R_1$  и  $R - R_2$ .

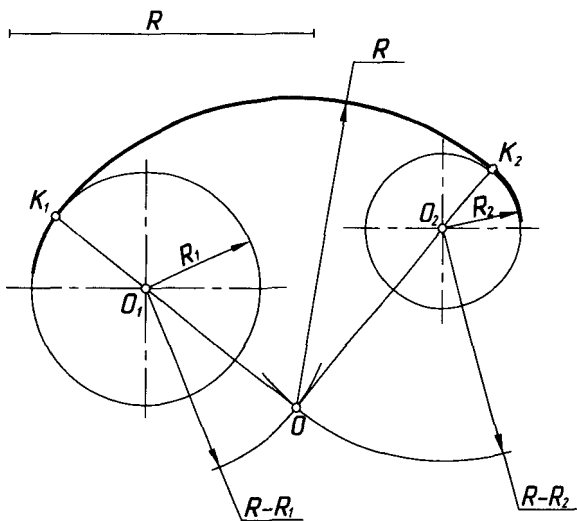


Рис. 1.20. Сопряжение двух окружностей при внутреннем касании

**Внешне-внутреннее касание.** Построение внешне-внутреннего касания окружностей дугой заданным радиусом  $R$  показано на рис. 1.21.

Построение сопряжений дугой окружности радиусом  $R_x$ , определяемым построением, рассмотрим на следующем примере.

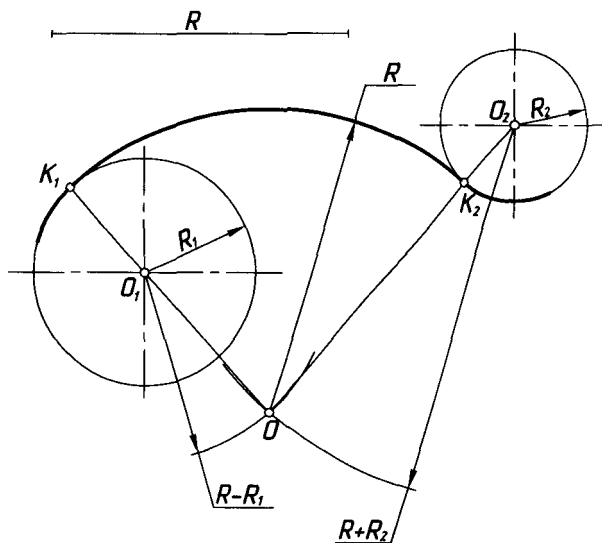
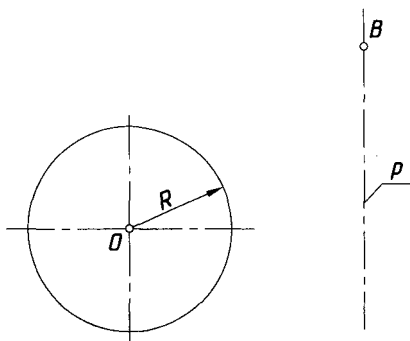


Рис. 1.21. Внешне-внутреннее касание окружностей дугой заданным радиусом  $R$

**Пример 1.1.** Постройте сопряжения дугой окружности радиусом  $R_x$ , определяемым построением. На рис. 1.22 приведены исходные данные для построения:

- окружность (или дуга) известным радиусом  $R$  с центром в точке  $O$ ;
- точка  $B$ , через которую проходит дуга сопряжения с первоначально неизвестным радиусом  $R_x$ ;
- линия  $p$ , на которой находится центр сопрягающей дуги.



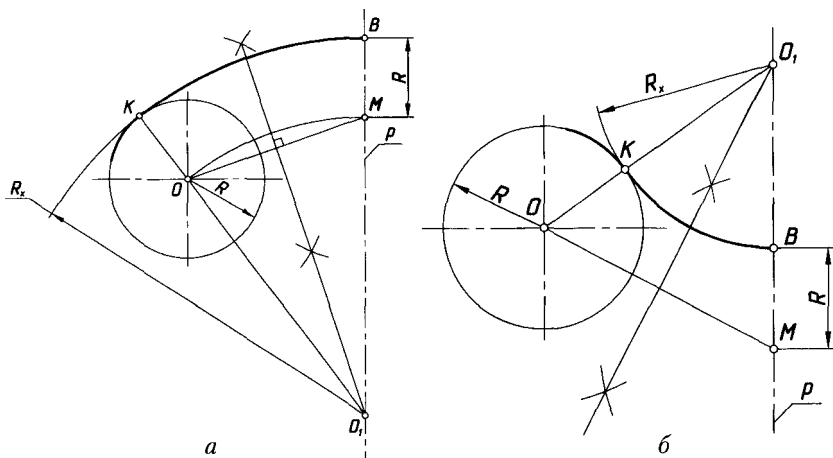
**Рис. 1.22. Исходные данные к примеру 1.1**

*Решение.* Решим задачу способом вспомогательной окружности, concentric with the sought one (рис. 1.23).

При внутреннем касании заданной и искомой окружности (рис. 1.23, а) радиус вспомогательной окружности меньше радиуса искомой на величину  $R$ , при внешнем (рис. 1.23, б) — больше на эту величину.

Выполняем построения, действуя в таком порядке:

- 1) отмечаем точку  $M$  (на расстоянии  $R$  от точки  $B$ );



**Рис. 1.23. Сопряжение дугой окружности радиусом  $R_x$  способом вспомогательной concentric окружности:**

*a* — внутреннее касание; *б* — внешнее касание

2) соединяем точки  $M$  и  $O$  и, рассматривая отрезок  $|OM|$  как хорду вспомогательной окружности, проводим перпендикуляр через его середину до пересечения с линией  $p$  в точке  $O_1$ ;

3) проводим линию центров  $O_1O$  и определяем точку  $K$  касания заданной и искомой окружностей;  $|O_1K| = R_x$ .

## Вопросы и задания для самоконтроля

1.21. Что такое сопряжение?

1.22. Перечислите типы сопряжений.

1.23. Как трактуется термин «внешнее касание окружностей»?

1.24. Дайте определение термина «внутреннее касание окружностей».

## Упражнения

**Упражнение 1.3.** С помощью циркуля разделите отрезок произвольной длины на две равные части.

**Упражнение 1.4.** Постройте правильные пятиугольник и шестиугольник, вписанные в окружность радиусом 25 мм.

**Упражнение 1.5.** От точки  $A$  постройте прямую, касательную к окружности. Исходные данные приведены на рис. 1.24.

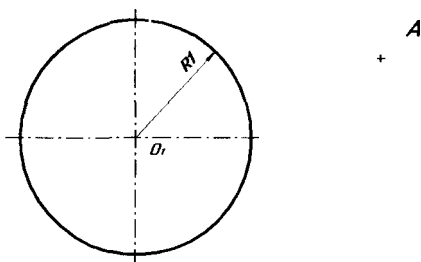


Рис. 1.24. Исходные данные к упражнению 1.5

**Упражнение 1.6.** Постройте сопряжение двух окружностей прямой:

1) внешнее касание к окружностям радиусами  $R_1$  и  $R_2$ ;

2) внутреннее касание к окружностям радиусами  $R_1$  и  $R_3$ .

Исходные данные приведены на рис. 1.25.

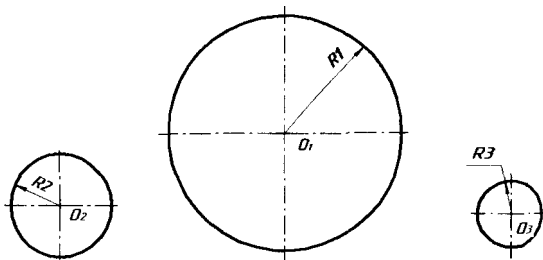


Рис. 1.25. Исходные данные к упражнению 1.6

**Упражнение 1.7.** Определите построением точку касания двух окружностей, приведенных на рис. 1.26:

- 1) внутреннее касание окружностей радиусами  $R_1$  и  $R_2$ ;
- 2) внешнее касание окружностей радиусами  $R_1$  и  $R_3$ .

Чему равно расстояние между центрами касающихся окружностей при внешнем и внутреннем касании?

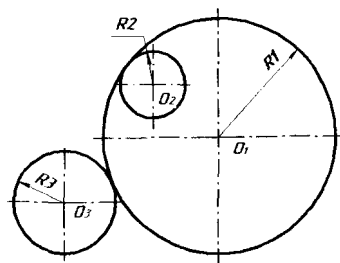


Рис. 1.26. Исходные данные к упражнению 1.7

**Упражнение 1.8.** Постройте сопряжение двух окружностей дугой заданным радиусом (рис. 1.27):

- 1) сопряжение окружностей радиусами  $R_1$ ,  $R_3$  дугой радиусом  $R_2$  (внутреннее касание);
- 2) сопряжение окружностей радиусами  $R_1$ ,  $R_4$  дугой радиусом  $R_5$  (внешнее касание).

Покажите точки касания. Размеры радиусов определите по изображению на рис. 1.27.

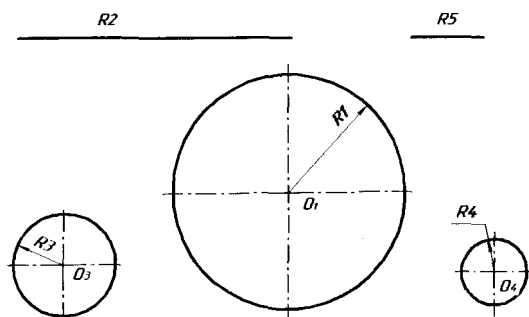


Рис. 1.27. Исходные данные к упражнению 1.8

**Упражнение 1.9.** Определите радиус  $R_x$  окружности, проходящей через точку  $A$  и касающейся внутренним образом окружности с центром  $O_1$  и радиусом  $R_1$  (рис. 1.28).

**Упражнение 1.10.** Определите радиус  $R_x$  окружности, проходящей через точку  $A$  и касающейся внешним образом окружности с центром  $O_1$  и радиусом  $R_1$  (рис. 1.29).

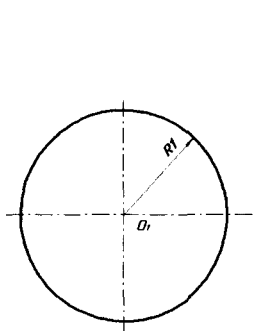


Рис. 1.28. Исходные данные к упражнению 1.9

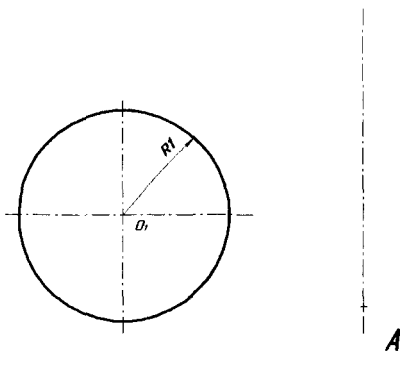


Рис. 1.29. Исходные данные к упражнению 1.10

### Задание 1

1. На формате А3 выполните чертеж плоской детали, изготовленной из листа толщиной 5 мм. Линии построения сопряжений сохраните.

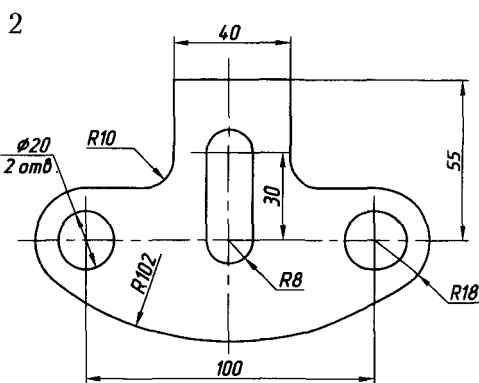
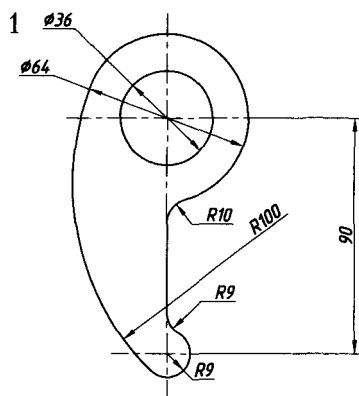
2. Заполните основную надпись на чертеже. В графе «Наименование изделия» укажите «Пластина».

3. Ответьте на вопросы:

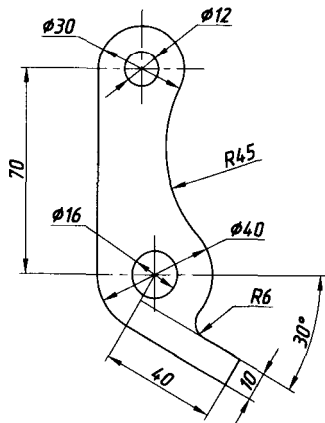
а) какие случаи сопряжений необходимо применить при выполнении данного чертежа?

б) как найти центры сопряжений?

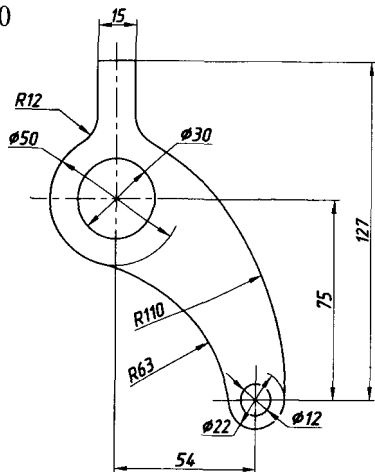
### Варианты задания 1



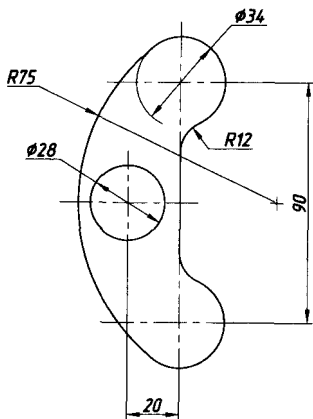
9



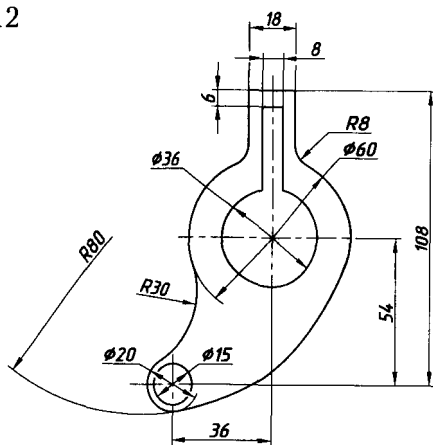
10



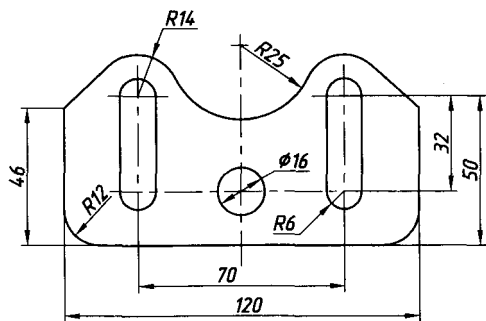
11



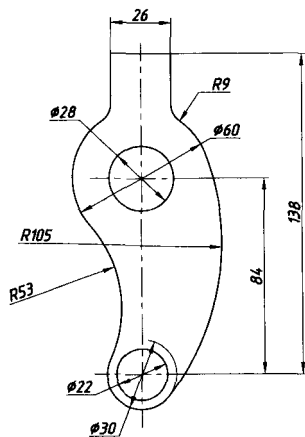
12



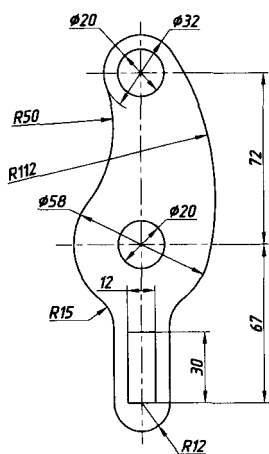
3



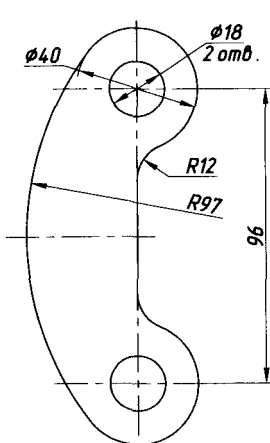
4



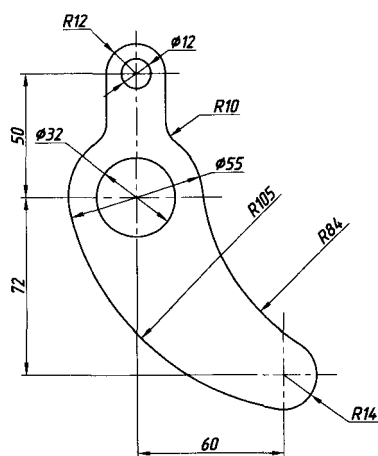
5



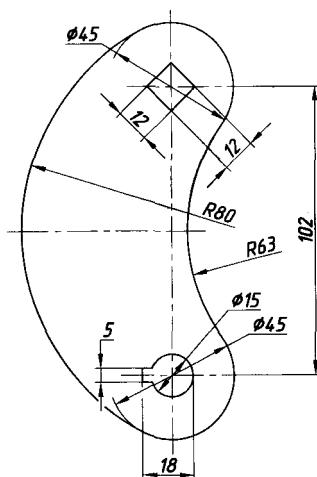
6



7



8



## Глава 2

# ИЗОБРАЖЕНИЯ

---

В результате изучения данной главы студент должен:

**знать**

- правила проеционного черчения;
- правила изображения и обозначения разрезов и сечений на чертеже;
- правила построения аксонометрических проекций;

**уметь**

- представлять геометрическую форму предмета по его видам, изображенным на чертеже;
- изображать проекции предмета на чертеже по его наглядной модели;
- по двум изображениям предмета на чертеже построить третье;
- выполнять простые разрезы на чертежах;
- строить сечение предмета плоскостью;
- строить аксонометрическую проекцию предмета по его чертежу;

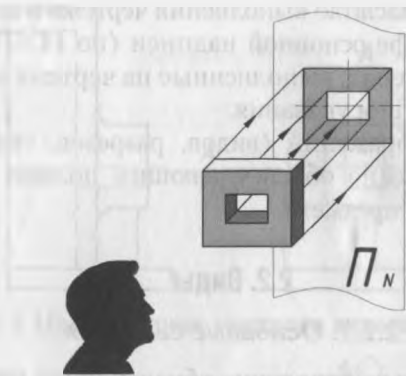
**владеть**

- теоретическими основами проеционного черчения;
  - навыками построения проекций предметов на чертежах.
- 

### 2.1. Основные положения

Правила изображения предметов на чертежах устанавливает ГОСТ 2.305—2008 «Изображения — виды, разрезы, сечения». Изображения предметов на чертеже следует выполнять по методу прямоугольного проецирования. При этом предполагается, что предмет расположен между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (рис. 2.1).

За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на рис. 2.2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4. Грани разворачивают на плоскость чертежа и получают так называемый *комплексный чертеж* или *чертеж Монжа*. На рис. 2.2 изображение на грани 1 куба — фронтальная проекция детали, изображение на грани 2 — горизонтальная проекция, на грани 3 — профильная проекция.



**Рис. 2.1. Ортогональное проецирование предмета**

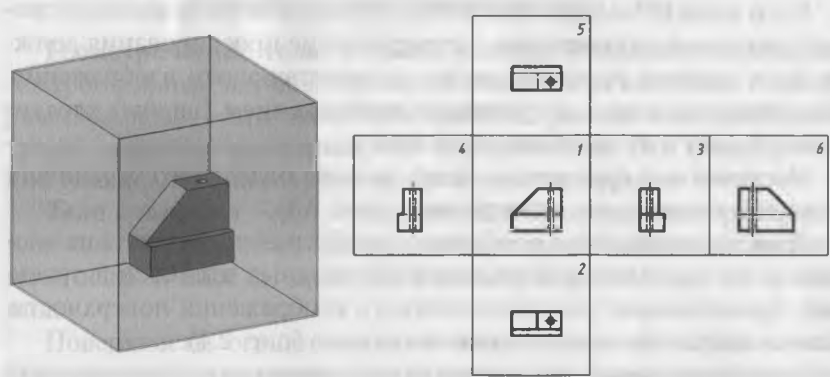
*Параллельная проекция* — изображение предмета или его части, полученное проецированием их воображаемым параллельным пучком лучей на плоскость (см. рис. 2.1).

*Ортогональная (прямоугольная) проекция* — параллельная проекция предмета или его части на плоскость, перпендикулярную к направлению проецирующих лучей, представляющую собой совмещенную с чертежом одну из граней пустотелого куба, внутри которого мысленно помещен предмет (см. рис. 2.2).

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Изображения, в зависимости от их содержания, подразделяют на виды, разрезы, сечения.

Масштаб изображений, расположенных в непосредственной проекционной связи друг с другом на основных плоскостях проек-



**Рис. 2.2. Получение ортогональной проекции предмета**

ций, принимают за масштаб выполнения чертежа и записывают в соответствующей графе основной надписи (по ГОСТ 2.104–2006). Все другие изображения, выполненные на чертеже в ином масштабе, должны иметь о нем указания.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть минимальным, но обеспечивающим полное представление о форме и размерах предмета.

## 2.2. Виды

### 2.2.1. Основные сведения

*Вид* — ортогональная проекция обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета, расположенного между ним и плоскостью проецирования.

Согласно ГОСТ 2.305–2008 установлены следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (см. рис. 2.2):

1 — вид спереди (главный вид);

2 — вид сверху;

3 — вид слева;

4 — вид справа;

5 — вид снизу;

6 — вид сзади.

*Главный вид предмета (главный вид)* — основной вид предмета на фронтальной плоскости проекции, который дает наиболее полное представление о форме и размерах предмета и относительно которого располагают остальные основные виды.

Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета с помощью штриховых линий.

Если виды не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением, то направление проецирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву.

*Местный вид предмета* — изображение отдельного ограниченного участка поверхности предмета (рис. 2.3).

*Дополнительный вид предмета* — изображение предмета на плоскости, не параллельной ни одной из основных плоскостей проекций, применяемое для неискаженного изображения поверхности, если ее нельзя получить на основном виде (рис. 2.4).

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой, а у связанного с дополнительным видом изображения

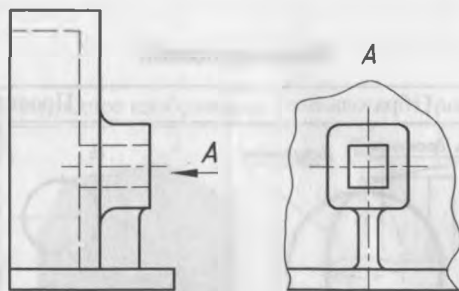


Рис. 2.3. Изображение местного вида на чертеже

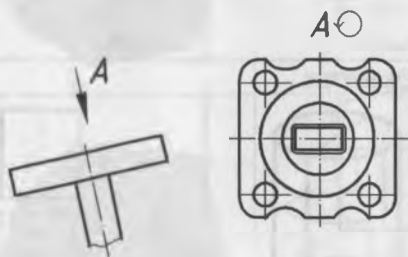


Рис. 2.4. Изображение дополнительного вида на чертеже

предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением. Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят. Допускается повертывать дополнительный вид. При этом к надписи добавляют знак  $\odot$  — условное графическое обозначение «Повернуто» (см. рис. 2.4).


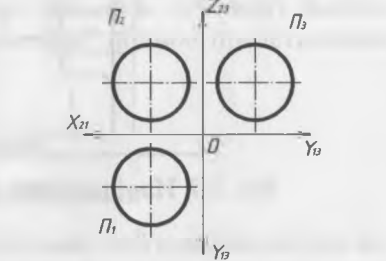
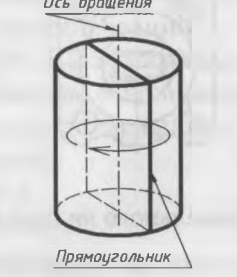
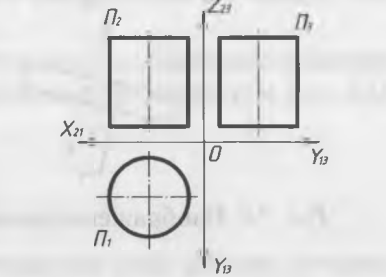

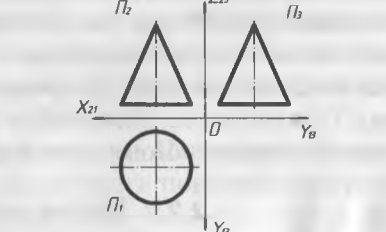
### 2.2.2. Нахождение проекций точек на изображениях геометрических тел

**Геометрические тела.** Формообразующей основой всех машиностроительных деталей являются геометрические тела. *Геометрическое тело* — это часть пространства (компактное множество точек), ограниченная замкнутой поверхностью. Все геометрические тела делятся на тела вращения и многогранники.

**Тела вращения** — это объемные тела, образованные вращением плоской геометрической фигуры вокруг некоторой линии, называемой осью. В табл. 2.1 приведены примеры простейших тел вращения.

Поверхность, ограничивающая шар, называется *сферической*. Поверхность, ограничивающая цилиндр, называется *цилиндрической*. Поверхность, ограничивающая конус, называется *конической*.

## Тела вращения

Определение	Образование	Проекции
<p><i>Шар</i> — тело, образованное вращением окружности вокруг одной из ее осей</p>		
<p><i>Цилиндр</i> — тело, образованное вращением прямоугольника вокруг оси</p>		
<p><i>Конус</i> — тело, образованное вращением треугольника вокруг оси</p>		

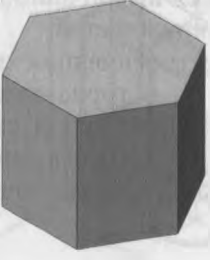
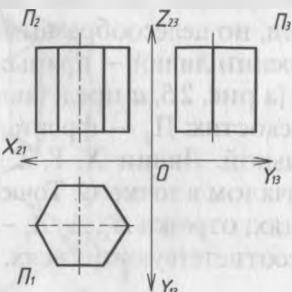
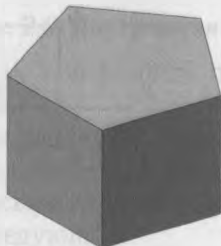
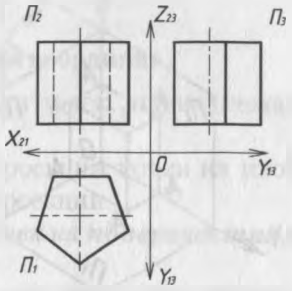
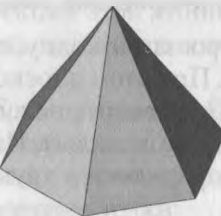
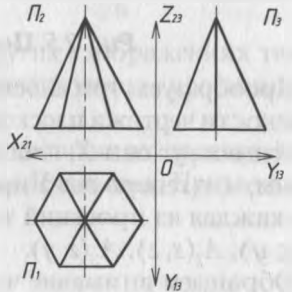
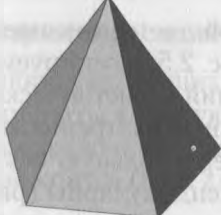
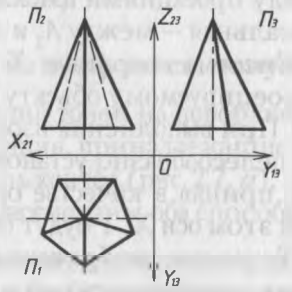
Плоскости, ограничивающие цилиндр и конус, называются *основанием*.

**Многогранник** — это геометрическое тело, ограниченное плоскостями. Элементами многогранника являются ребра, грани и основания. Если в основании многогранника лежит правильный многоугольник, а его ось перпендикулярна основанию, то многогранник называется *правильным*.

Многогранники делятся на призмы и пирамиды. В табл. 2.2 приведены примеры наиболее распространенных многогранников.

Для развития пространственного мышления весьма полезными являются задания, связанные с нахождением проекций точек, принадлежащих поверхностям геометрических тел.

## Многогранники

Наименование	Наглядное изображение	Проекции
Правильная шестигранная призма (в основании — правильный шестиугольник)		
Правильная пятигранная призма (в основании — правильный пятиугольник)		
Правильная шестигранная пирамида		
Правильная пятигранная пирамида		

**Построение проекций точки.** Точка  $A$  принадлежит поверхности  $\Psi$ , если она принадлежит линии  $a$ , лежащей на этой поверхности:

$$A \in \Psi \rightarrow A \in a \in \Psi.$$

Очевидно, что такой линией может быть любая линия поверхности, но целесообразным является выбор наиболее простых в построении линий — прямых или окружностей.

На рис. 2.5, *a* представлено построение проекций точки на трех плоскостях:  $\Pi_2$  — фронтальной,  $\Pi_1$  — горизонтальной,  $\Pi_3$  — профильной. Линии  $X, Y, Z$  представляют собой систему координат с началом в точке  $O$ . Точки  $A_1, A_2, A_3$  — проекции точки  $A$  на плоскостях; отрезки  $A_x, A_y, A_z$  — координаты  $x, y, z$  точки  $A$ , отложенные на соответствующих осях.

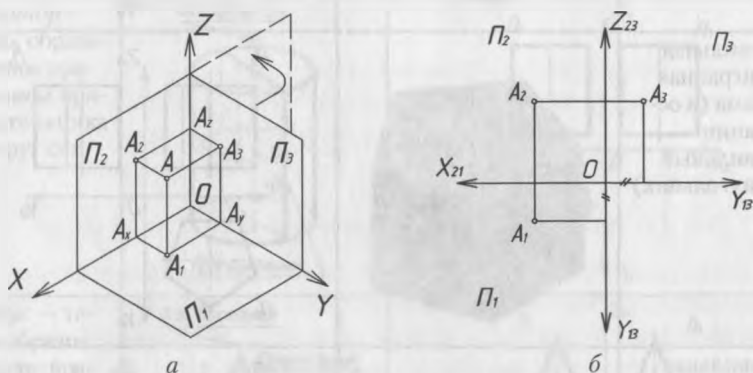


Рис. 2.5. Построение проекций точки

Преобразуем три плоскости проекций в одну, приняв в качестве плоскости чертежа плоскость  $\Pi_2$ . При этом плоскость  $\Pi_1$  поворачивается вокруг оси  $X$ , плоскость  $\Pi_3$  — вокруг оси  $Z$  (рис. 2.5, *б*) (заметим, что теперь ось  $Y$  присутствует дважды). Из рис. 2.5 следует, что каждая из проекций точек определяется двумя координатами:  $A_1(x, y)$ ,  $A_2(x, z)$ ,  $A_3(z, y)$ .

Обращаем внимание читателя на наличие проекционной связи между проекциями точек: вертикальная линия между  $A_2$  и  $A_1$ , горизонтальная — между  $A_2$  и  $A_3$ .

Система координат  $X, Y, Z$  является внешней по отношению к проецируемому объекту (на рис. 2.5 проецируемый объект — точка). При выполнении изображения геометрического тела (предмета) целесообразно установить в нем внутреннюю систему координат, приняв в качестве оси  $Z$  вертикальную ось тела (предмета). При этом оси  $X, Y$  будут ей перпендикулярны (рис. 2.6).

Тогда при изображении проекции тела на плоскостях  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  будут присутствовать оси внутренней системы координат, относи-

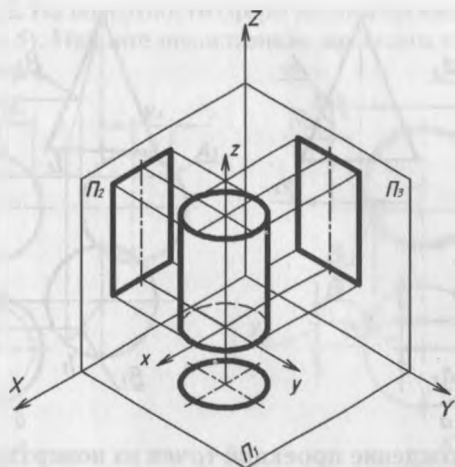


Рис. 2.6. Внутренняя система координат

тельно которой можно строить проекции точек, принадлежащих поверхности тела.

**Формулировка задачи:** по заданной проекции точки на изображении тела постройте ее недостающие проекции.

**Алгоритм построения проекций точек на поверхностях тел** заключается в следующем:

- 1) через заданную проекцию точки проводим линию, принадлежащую поверхности тела;
- 2) строим проекции этой линии на других изображениях тела;
- 3) на проекциях линии находим соответствующие проекции точек.

Рассмотрим примеры нахождения недостающих проекций точек на изображениях основных геометрических тел. Примем следующие обозначения проекций точек:

- $\pm$  заданная проекция точки;
- $+$  видимая проекция точки;
- $(+)$  невидимая проекция точки (в скобках).

### 2.2.2.1. Нахождение проекций точек на поверхности конуса

Для нахождения недостающих проекций точек на поверхности конуса могут применяться следующие линии, принадлежащие поверхности конуса: окружность — параллель конуса (рис. 2.7, а), прямая — образующая конуса (рис. 2.7, б). Рассмотрим оба способа.

**Пример 2.1.** На поверхности конуса заданы проекции  $A_2$  и  $B_1$  (см. рис. 2.7). Найдите недостающие проекции точек  $A$  и  $B$  на поверхности конуса.

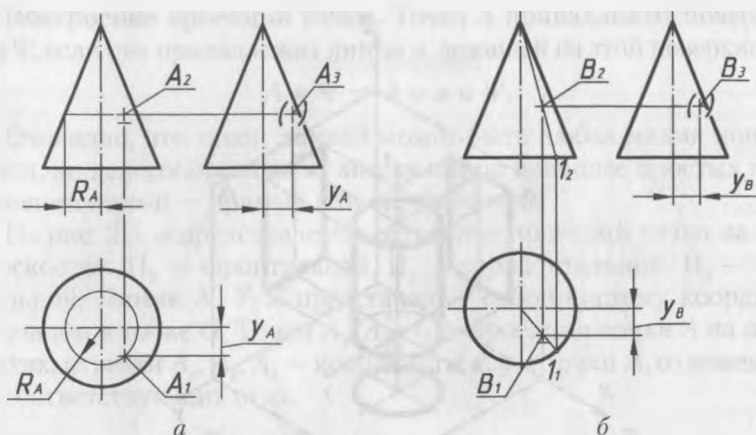


Рис. 2.7. Нахождение проекций точек на поверхности конуса

### Решение

Способ 1. На рис. 2.7, а точка  $A$  задана проекцией  $A_2$ . Для нахождения недостающих проекций точки  $A$  воспользуемся вышеизложенным алгоритмом.

1. Через заданную проекцию точки  $A_2$  проводим линию, принадлежащую поверхности конуса — параллель.

2. Строим проекции параллели на других изображениях конуса. На виде сверху она представляет собой окружность радиусом  $R_A$ , на виде слева — отрезок.

3. На проекциях линии находим соответствующие проекции точек.

4. На пересечении окружности радиусом  $R_A$  с вертикальной линией связи, опущенной из  $A_2$ , отмечаем проекцию  $A_1$ .

5. На виде сверху измеряем координату от проекции  $A_1$  до горизонтальной оси и откладываем ее на проведенной линии связи на виде слева — получаем проекцию  $A_3$ .

6. Отмечаем проекцию  $A_3$  как невидимую. Проекция  $A_2$  задана как видимая, следовательно, точка лежит в той части конической поверхности, которая обращена к наблюдателю (на виде сверху это часть, расположенная ниже горизонтальной оси). Таким образом, на виде слева ее проекция не видна.

Способ 2. На рис. 2.7, б точка  $B$  задана проекцией  $B_1$ . Построение недостающих проекций аналогично построению проекций точки  $A$ , за исключением того, что вместо окружности используется образующая конуса, пересекающая его основание в точке 1.

### 2.2.2.2. Нахождение проекций точек на поверхности сферы

Нахождение проекций точек на поверхности сферы рассмотрим на следующем примере.

**Пример 2.2.** На поверхности сферы заданы проекции  $A_2$  (рис. 2.8, а) и  $B_3$  (рис. 2.8, б). Найдите недостающие проекции точек  $A$  и  $B$  на поверхности сферы.

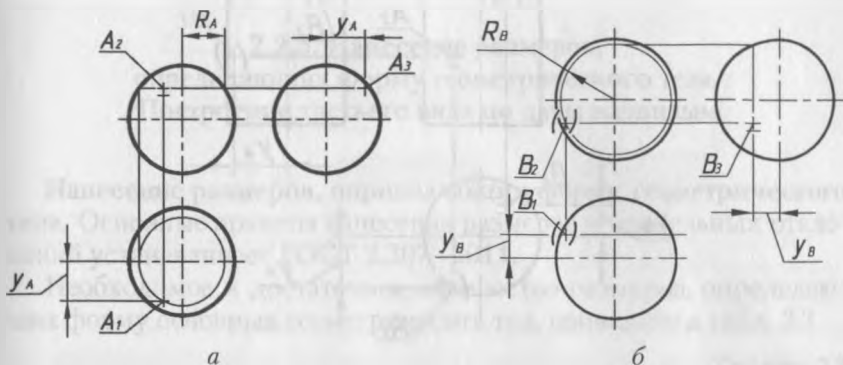


Рис. 2.8. Нахождение проекций точек на поверхности сферы

*Решение*

Выполним задание, следуя вышеизложенному алгоритму.

1. Мысленно проводим через точку  $A$  окружность на поверхности сферы. Отмечаем проекции этой окружности на трех видах (на виде спереди и виде слева окружность проецируется в отрезок, на виде сверху — в окружность радиусом  $R_A$ ).

2. На виде сверху на пересечении линии связи и окружности радиусом  $R_A$  отмечаем проекцию  $A_1$ .

3. Откладываем координату  $y_A$  точки  $A$  на виде слева (на линии связи, с правой стороны от вертикальной оси) — получаем проекцию  $A_3$ .

Все найденные проекции точки  $A$  видимые.

4. Далее, аналогично, мысленно проводим через точку  $B$  окружность на поверхности сферы. Отмечаем проекции этой окружности на трех видах (на виде сверху и виде слева окружность проецируется в отрезок, на виде спереди — в окружность радиусом  $R_B$ ).

5. На виде спереди отмечаем фронтальную проекцию точки  $B_2$  как пересечение вертикальной линии связи от  $B_1$  и проекции окружности.

6. Откладываем координату  $y_B$  точки  $B$  на виде слева (на линии связи, с левой стороны от вертикальной оси) — получаем проекцию  $B_3$ .

7. Отмечаем проекции  $B_1$  и  $B_2$  как невидимые (заключаем в скобки), так как они расположены в скрытой от глаз наблюдателя части сферы.

### 2.2.2.3. Нахождение проекций точек на поверхности цилиндра

Нахождение проекций точек на поверхности цилиндра рассмотрим на следующем примере.

**Пример 2.3.** На поверхности цилиндра заданы проекции точек  $A_2$  и  $B_1$  (рис. 2.9). Найдите недостающие проекции точек  $A$  и  $B$  на поверхности цилиндра.

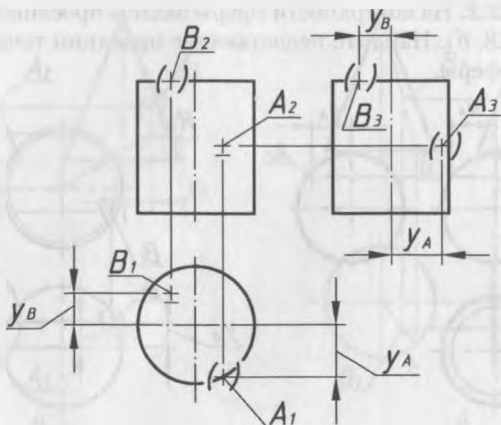


Рис. 2.9. Нахождение проекций точек на поверхности цилиндра

*Решение.* Для нахождения недостающих проекций точек необходимо определить, на какой поверхности лежит точка и в какую линию проецируется данная поверхность на том или ином виде.

Точка  $A$  задана на цилиндрической поверхности. На виде сверху цилиндрическая поверхность проецируется в окружность, радиус которой равен радиусу цилиндра. Следовательно, для нахождения проекции  $A_1$  достаточно опустить линию связи от проекции точки  $A_2$  и найти ее пересечение с окружностью цилиндра (проекция  $A_1$ ). При этом необходимо иметь в виду, что проекция  $A_2$  задана как видимая, следовательно, точка лежит в той части цилиндрической поверхности, которая обращена к наблюдателю (на виде сверху это часть, расположенная ниже горизонтальной оси). Поскольку проекция  $A_1$  совпала с проекцией окружности от цилиндра на виде сверху, отмечаем ее как невидимую проекцию точки.

Для нахождения проекции точки  $A$  на виде слева выполним следующие построения.

1. Проводим горизонтальную линию связи от проекции  $A_2$ .

2. На виде сверху замеряем расстояние от проекции  $A_1$  до горизонтальной оси ( $y_A$ ) и откладываем его на проведенной линии связи — получаем проекцию  $A_3$ .

3. Отмечаем проекцию  $A_3$  как невидимую.

Точка  $B$  задана на верхнем основании цилиндра, которое представляет собой плоскость, а следовательно, проецируется на виде спереди и слева в линию.

Для нахождения проекции  $B_2$  выполняем следующие действия.

1. Находим на виде спереди пересечение проекции верхнего основания цилиндра с вертикальной линией связи от  $B_1$  — проекцию  $B_2$ .

2. Проекцию  $B_3$  находим как результат пересечения линий связи от проекций  $B_1$  и  $B_2$ .

3. Проекции  $B_2$  и  $B_3$  отмечаем как невидимые, так как они совпадают с линией — проекцией верхнего основания цилиндра.

Нахождение точек на поверхностях призмы и пирамиды аналогично.



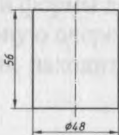
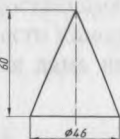
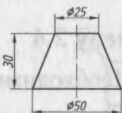



### 2.2.3. Нанесение размеров, определяющих форму геометрического тела. Построение третьего вида по двум заданным

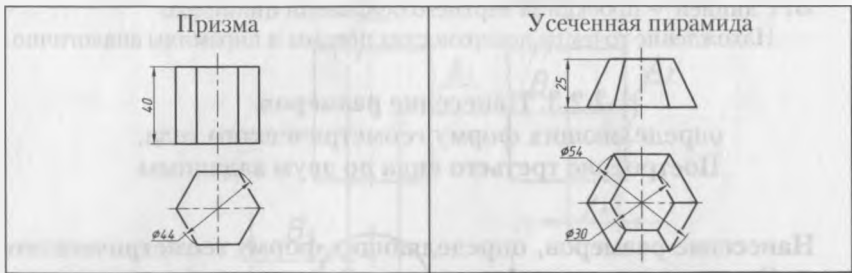
**Нанесение размеров, определяющих форму геометрического тела.** Основные правила нанесения размеров и предельных отклонений устанавливает ГОСТ 2.307–2011.

Необходимое и достаточное количество размеров, определяющих форму основных геометрических тел, приведено в табл. 2.3.

Таблица 2.3

#### Нанесение размеров на изображения геометрических тел

<p>Сфера</p>  <p>Сфера <math>\phi 60</math></p>	<p>Усеченная полусфера</p>  <p><math>R30</math></p>
<p>Цилиндр</p>  <p>56 <math>\phi 48</math></p>	<p>Конус</p>  <p>60 <math>\phi 46</math></p>
<p>Усеченный конус*</p>  <p><math>\phi 25</math> 30 <math>\phi 50</math></p>	<p>Усеченный конус*</p>  <p><math>\phi 25</math> 45° <math>\phi 50</math></p>
<p>Усеченный конус*</p>  <p><math>\phi 25</math> 30 45°</p>	<p>Пирамида</p>  <p>34 <math>\phi 30</math></p>



\* На усеченный конус возможны несколько вариантов простановки размеров (необходимое и достаточное количество размеров — три).

### Построение третьего вида по двум заданным

Рассмотрим построение третьего вида по двум заданным на приведенном ниже примере.

**Пример 2.4.** Постройте третий вид по двум заданным (рис. 2.10). Найдите недостающие проекции точек на всех трех изображениях.

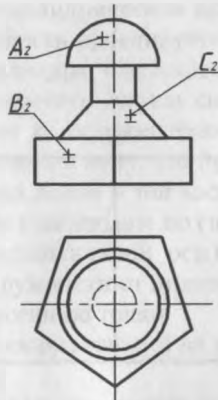


Рис. 2.10. Исходные данные к примеру 2.4

**Решение.** Даны два вида: спереди и сверху. Необходимо построить вид слева.

Для построения вида слева выполним следующие действия.

1. Анализируем форму детали, а именно представляем ее как сочетание геометрических тел. Сопоставив вид спереди и вид сверху, делаем вывод, что деталь состоит из следующих геометрических тел (рис. 2.11): полусферы, цилиндра, усеченного конуса, призмы.

2. На чертеже вид слева, согласно проекционной связи, помещается на одной высоте с главным видом, с правой стороны от него. Проводим горизонтальные линии, ограничивающие высоту вида слева, а также осевую линию.



Рис. 2.11. К примеру 2.4. Анализ формы детали

3. Строим третью проекцию на основе анализа геометрической формы детали. Для этого последовательно построим проекцию для каждого геометрического тела, из которого состоит деталь, пользуясь линиями связи и осями симметрии. Проекция полусферы, цилиндра и усеченного конуса на виде слева ничем не будут отличаться от вида спереди, так как мы имеем дело с телами вращения. Что касается призмы, то ее изображение на виде слева будет отличным от изображения на виде спереди.

4. Для построения третьего вида призмы замеряем на виде сверху расстояние от каждой ее вершины до горизонтальной оси и откладываем его на виде слева от вертикальной оси на той же высоте, что и проекция вершины на виде спереди (см. пример для точки  $D$  на рис. 2.12).

5. Нахождение проекций точек также основано на анализе геометрической формы детали. Для нахождения недостающих проекций точки в первую очередь определяем, на поверхности какого геометрического тела находится проекция точки, которая дана нам по условию задачи.

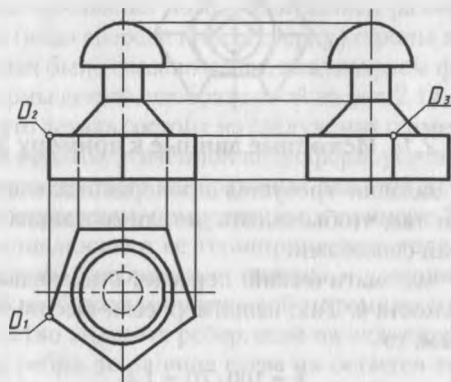


Рис. 2.12. К примеру 2.4. Построение третьего вида детали по двум заданным

6. Далее выполняем построения, следуя алгоритму нахождения проекций точек на изображениях геометрических тел (см. подпараграф 2.2.2). На рис. 2.13 показан результат решения задачи.

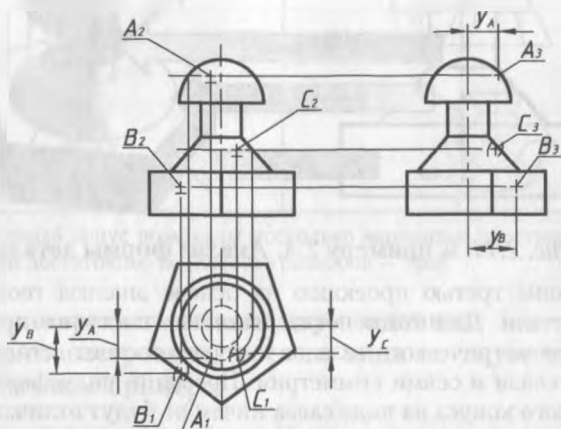


Рис. 2.13. К примеру 2.4. Нахождение проекций точек на поверхности детали

**Пример 2.5.** Постройте третий вид по двум заданным (рис. 2.14), приняв высоту детали равную 100 мм. Нанесите размеры.

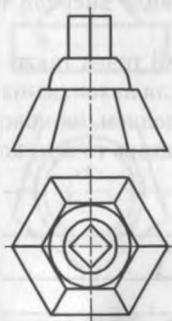


Рис. 2.14. Исходные данные к примеру 2.5

*Решение.* В задании требуется пропорционально пересчитать все размеры детали так, чтобы высота детали составила 100 мм. Сделать это можно двумя способами.

*Способ 1* — математический: пересчет с помощью коэффициента пропорциональности  $k$ . Так, например, если высота детали в задании составляет 70 мм, то

$$k = 100/70 = 1,4.$$

Таким образом, все размеры (измеренные на изображении детали, приведенном на бланке задания), нужно умножить на 1,4.

*Способ 2* — графический: построение «треугольника пропорциональности» (рис. 2.15). Способ основан на свойстве пропорциональных треугольников: в подобных треугольниках соответствующие катеты пропорциональны и отношение длин катетов равно коэффициенту подобия.

Воспользуемся этим способом.

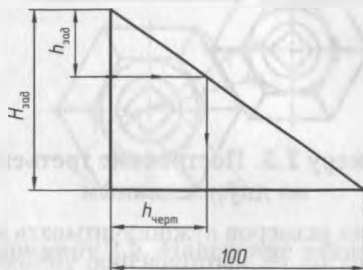


Рис. 2.15. К примеру 2.5.

### Построение «треугольника пропорциональности»

Итак, выполним следующий ряд действий.

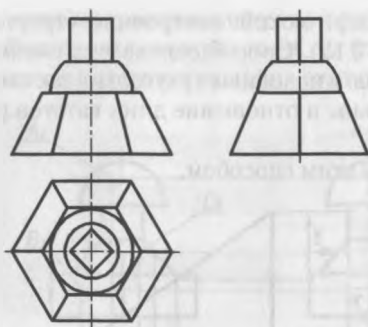
1. На листе бумаги в клетку строим прямоугольный треугольник, один катет которого равен требуемой высоте детали (в нашем случае — 100 мм), второй катет равен высоте изображения, измеренной на изображении детали, приведенном на бланке задания.

2. Для того чтобы пересчитать любой размер, взятый с изображения детали, приведенного на бланке задания, откладываем его вниз от верхнего угла треугольника, проводим линию, параллельную второму катету, и отмечаем ее пересечение с гипотенузой треугольника. Тем самым получаем треугольник, пропорциональный исходному. Длина катета, параллельного катету длиной 100 мм, является той величиной, которую необходимо отложить на чертеже.

3. После вычерчивания по пересчитанным размерам двух изображений детали (вида спереди и вида сверху) строим вид слева. И в первую очередь, как было сказано выше, анализируем форму детали.

Анализ формы детали, изображенной на рис. 2.14, позволяет сделать вывод о том, что деталь состоит из следующих геометрических тел: четырехгранной призмы, усеченной полусферы, усеченной пирамиды.

4. Построение третьего изображения для этой детали выполняется аналогично построениям, приведенным в примере 2.4. Высота детали и каждого составляющего ее геометрического тела остается на виде слева неизменной. Изображение призмы и усеченной полусферы не изменяется. В изображении усеченной пирамиды на виде слева изменяется количество видимых ребер: если на виде спереди наблюдателю видны четыре ребра, то на виде слева их остается только три (из них наклонных два): одно слева, одно справа и одно посередине (проекция совпадает с осевой линией). Результат построения вида слева приведен на рис. 2.16.



**Рис. 2.16. К примеру 2.5. Построение третьего вида детали по двум заданным**

5. При нанесении размеров нужно учитывать не только форму детали, но и технологию ее изготовления. Деталь, изображенная на рис. 2.14, изготавливается с помощью механической обработки на токарно-фрезерном станке. Для ее производства необходимо выбрать заготовку металла в виде шестигранного проката с наибольшим габаритным размером<sup>1</sup> по ширине детали в виде диаметра окружности, описанной вокруг шестиугольника нижнего основания усеченной пирамиды. Вторым габаритным размером, который необходимо нанести на чертеже, является высота детали. Она же определяет длину, которую необходимо отрезать от шестигранного проката для изготовления детали.

6. Для дальнейшей простановки размеров на чертеже мысленно разделим деталь на геометрические тела и будем наносить размеры, определяющие форму этих тел (см. табл. 2.3), в порядке, указанном далее.

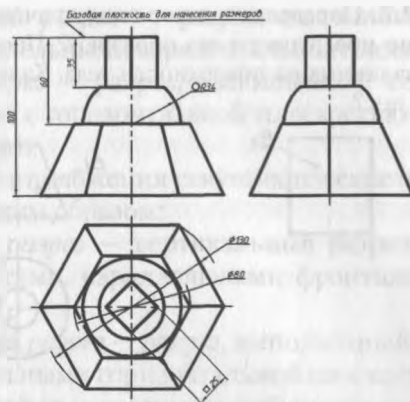
При этом необходимо помнить, что:

- каждый размер на чертеже указывают только один раз;
- на изображении сначала указывают меньший размер, а затем больший, чтобы избежать пересечения размерных и выносных линий;
- как правило, размеры наносят вне контура изображения.

7. При простановке размеров на детали, изготавливаемые с помощью механической обработки, необходимо задавать размеры от одной базовой плоскости («базы»), чтобы избежать накопления ошибок при изготовлении детали, связанных с допусками на ее изготовление. За базовую плоскость принимаем верхнюю плоскость детали. Считаем, что снятие металла с заготовки будет происходить от этой плоскости. Тогда задаем от «базы» размер до верхнего основания усеченной пирамиды, а также размер до верхней плоскости усеченной полусферы.

8. Затем проставляем недостающие размеры, определяющие форму простейших геометрических тел, согласно табл. 2.1. Для усеченной пи-

<sup>1</sup> *Габаритными размерами* называются предельные — наибольшие и наименьшие — величины внешних или внутренних очертаний предмета.



**Рис. 2.17. К примеру 2.5. Нанесение размеров на деталь, изготавливаемую с помощью механической обработки**

рамыды это диаметр верхнего основания (диаметр нижнего основания уже был проставлен нами как габаритный размер), для усеченной полусферы — радиус сферы, для призмы — сторона основания призмы.

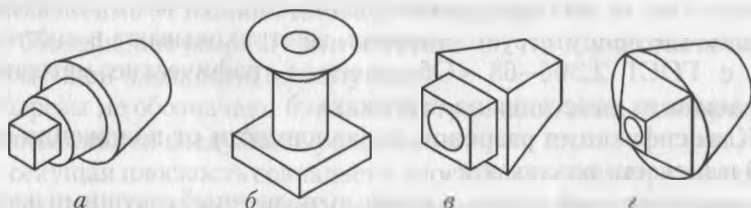
Результат простановки размеров для детали изображен на рис. 2.17.

## Вопросы и задания для самоконтроля

- 2.1. Как называются изображения в зависимости от их содержания?
- 2.2. Какой способ проецирования используется при построении чертежа детали? Как вы думаете, почему?
- 2.3. Перечислите основные плоскости проекций.
- 2.4. Дайте определение понятию «вид».
- 2.5. Каково обозначение и расположение основных и дополнительных видов на чертеже?
- 2.6. Какое изображение называется главным? Почему?
- 2.7. Какое изображение называется местным видом? В каких случаях оно применяется на чертежах?

## Упражнения

**Упражнение 2.1.** Назовите геометрические тела, образующие формы предметов, изображенных на рис. 2.18.



**Рис. 2.18. К упражнению 2.1**

**Упражнение 2.2.** Определите, какое геометрическое тело изображено на рис. 2.19. Какие поверхности его образуют? Постройте недостающие проекции точек, заданных на поверхности тела. Какие из проекций точек видимые, а какие нет?

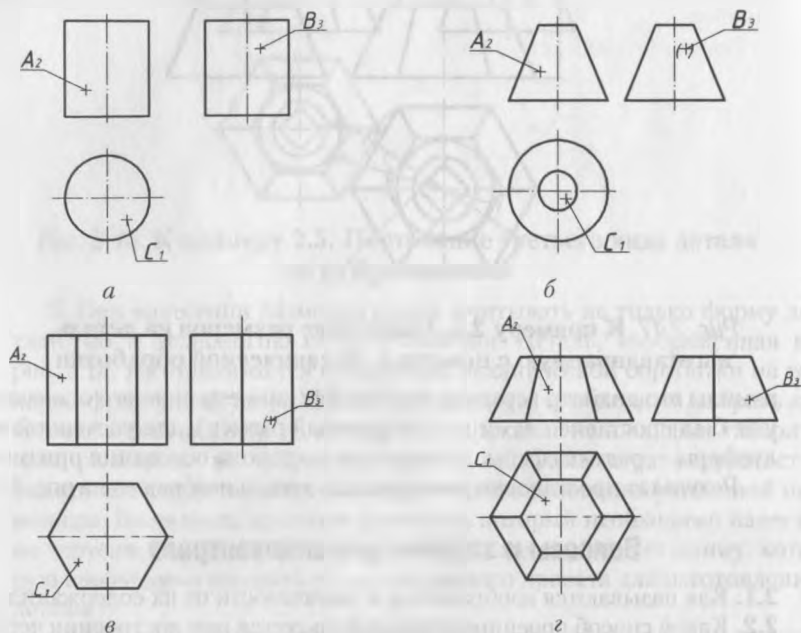


Рис. 2.19. К упражнению 2.2

### 2.3. Разрезы

*Разрез* — ортогональная проекция предмета, мысленно рассеченного полностью или частично одной или несколькими плоскостями для выявления его невидимых поверхностей.

При выполнении разреза мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Отверстия и внутренние полости детали, рассеченные секущей плоскостью, не заштриховывают на разрезе, а те части рассеченной детали, где присутствует материал, заштриховывают в соответствии с ГОСТ 2.306—68 «Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах».

**Классификация разрезов.** В зависимости от положения секущей плоскости различают:

- *вертикальный разрез* — разрез, выполненный секущими плоскостями, перпендикулярными к горизонтальной плоскости проекций;

- *горизонтальный разрез* — разрез, выполненный секущими плоскостями, параллельными горизонтальной плоскости проекций;
- *наклонный разрез* — разрез, выполненный секущей плоскостью, составляющей с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

В зависимости от положения секущих плоскостей разрезы подразделяют следующим образом:

- *фронтальный разрез* — вертикальный разрез, выполненный секущими плоскостями, параллельными фронтальной плоскости проекций;
- *горизонтальный разрез* — разрез, выполненный секущими плоскостями, параллельными горизонтальной плоскости проекций;
- *профильный разрез* — вертикальный разрез, выполненный секущими плоскостями, параллельными профильной плоскости проекций.

В зависимости от числа секущих плоскостей выделяют:

- *простой разрез* — разрез, выполненный одной секущей плоскостью;
- *сложный разрез* — разрез, выполненный двумя и более секущими плоскостями.

Сложные разрезы подразделяют на два вида:

- *ломаный разрез* — сложный разрез, выполненный пересекающимися плоскостями;
- *ступенчатый разрез* — сложный разрез, выполненный параллельными секущими плоскостями.

**Обозначение разреза** в общем случае содержит:

1) указание положения секущей плоскости (линии сечения) штрихами разомкнутой линии;

2) указание направления проецирования стрелками на начальном и конечном штрихах разомкнутой линии; стрелки должны располагаться перпендикулярно этим штрихам на расстоянии 2—3 мм от внешних концов штрихов;

3) обозначение секущей плоскости прописными буквами русского алфавита; буквы наносят около стрелок с внешней стороны угла; ориентация букв — под углом  $75^\circ$  к основной надписи чертежа, независимо от наклона плоскости сечения;

4) обозначение разреза теми же буквами, что и у соответствующей секущей плоскости: по типу А—А.

Разрезы не обозначают буквами и стрелками, если одновременно выполняются следующие условия:

- секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали;
- секущая плоскость параллельна одной из основных плоскостей проекций;

• горизонтальные и профильные разрезы расположены в непосредственной проекционной связи с главным изображением и не отделены от него какими-либо другими изображениями [8].

**Местный разрез** — разрез, выполненный секущей плоскостью только в отдельном, ограниченном месте предмета.

Местный разрез выделяют на виде сплошной волнистой линией (рис. 2.20), которая не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

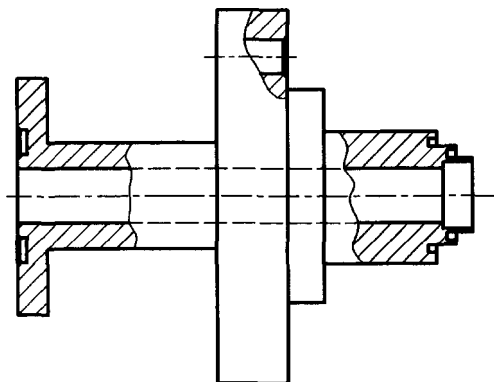


Рис. 2.20. Изображение местных разрезов на чертеже

**Совмещение вида и разреза на чертеже.** Разрешается совмещать часть вида и часть разреза. Если каждый из них является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 2.21, а, б). При этом разрезы располагают справа от вертикальной оси симметрии (рис. 2.21, а) или вниз от горизонтальной оси симметрии (рис. 2.21, б).

Если изображение несимметричное, то либо выполняют полный разрез (рис. 2.21, в), либо разделяют вид и разрез сплошной волнистой линией. В этом случае вид и разрез могут находиться с любой стороны.

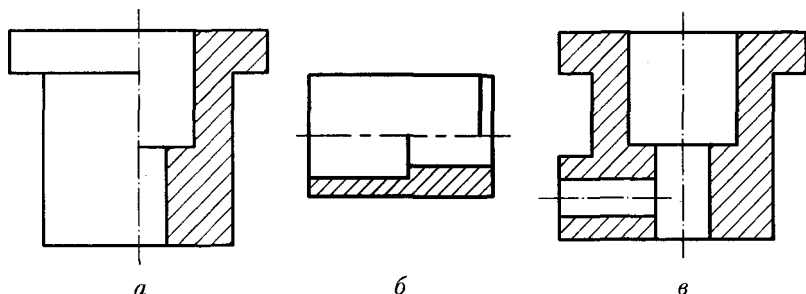
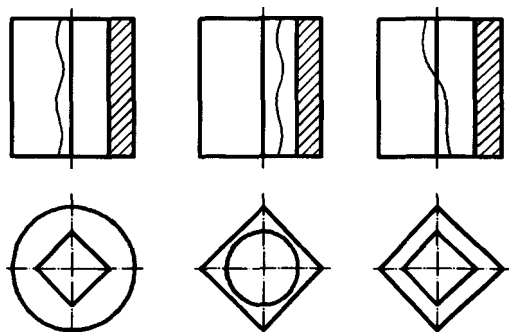


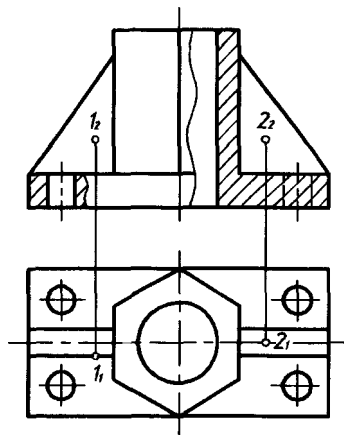
Рис. 2.21. Совмещение вида и разреза на чертеже

Когда на ось симметрии проецируется линия контура, то даже при симметричных изображениях в качестве разделительной линии используется сплошная волнистая. При этом если на ось попадает линия внутреннего контура, то сплошную волнистую линию проводят таким образом, чтобы увеличить разрез. Если на ось попадает линия внешнего контура, то сплошную волнистую линию проводят таким образом, чтобы увеличить вид. Если на ось симметрии попадают линии и внешнего, и внутреннего контуров, то сплошная волнистая линия частично увеличивает и вид, и разрез (рис. 2.22).



*Рис. 2.22. Частный случай совмещения вида и разреза на чертеже*

Элементы типа тонкой стенки или ребра жесткости в продольном разрезе (т.е. когда секущая плоскость направлена вдоль длинной стороны элемента) показываются разрезанными, но незаштрихованными (см. правое ребро на рис. 2.23).



*Рис. 2.23. Элементы типа тонкой стенки или ребра жесткости на чертеже*

## Вопросы и задания для самоконтроля

**2.8.** Дайте определение понятию «разрез». Для чего применяют разрез? Как классифицируют разрез?

**2.9.** Что в общем случае содержит обозначение разрез? В каких случаях при выполнении разрез положение секущей плоскости не указывается и разрез не обозначается?

**2.10.** Как наносится штриховка на разрезе?

**2.11.** В каких случаях допускается соединение половины вида с половиной разреза? Какая линия служит границей вида и разреза в этом случае?

**2.12.** Как принято изображать вид и разрез, если ось симметрии располагается: а) вертикально; б) горизонтально?

**2.13.** Какие существуют условности при изображении разрез тонкой стенки типа ребра жесткости?

## Упражнения

**Упражнение 2.3.** На рис. 2.24 даны три вида детали. Постройте изображения, выполнив разрез (фронтальный и профильный). При необходимости обозначьте плоскость разреза.

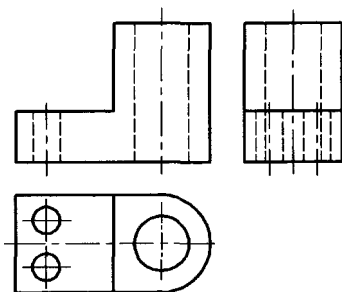


Рис. 2.24. Исходные данные к упражнению 2.3

**Упражнение 2.4.** Постройте фронтальные разрез детали 1 и 2, виды которых изображены на рис. 2.25, соединив половину вида с половиной разреза.

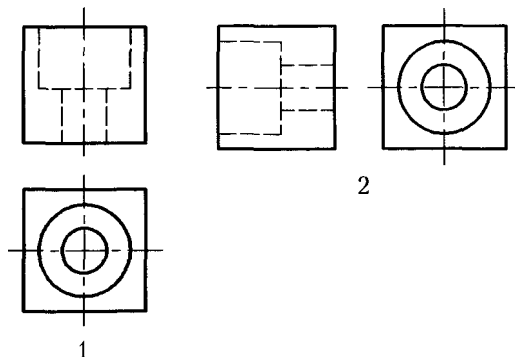
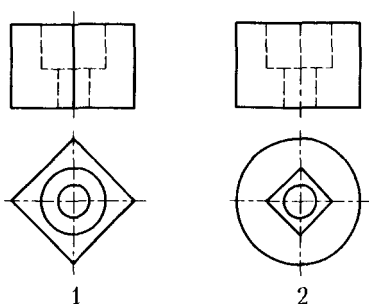


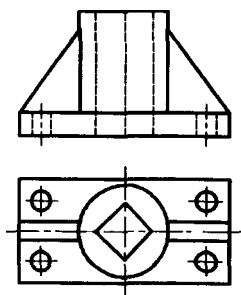
Рис. 2.25. Исходные данные к упражнению 2.4

**Упражнение 2.5.** Постройте фронтальные разрезы деталей 1 и 2, виды которых изображены на рис. 2.26. Чем они отличаются?



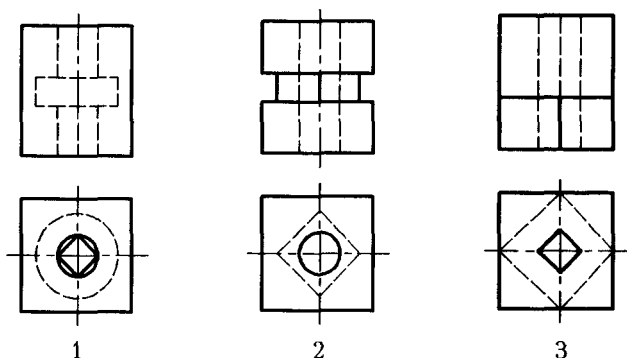
*Рис. 2.26. Исходные данные к упражнению 2.5*

**Упражнение 2.6.** По двум проекциям детали с ребром жесткости, приведенным на рис. 2.27, постройте третью. Выполните фронтальный и профильный разрезы.



*Рис. 2.27. Исходные данные к упражнению 2.6*

**Упражнение 2.7.** На рис. 2.28 изображены детали 1–3, у которых линии контура совпадают с осявыми линиями. Постройте фронтальные разрезы для этих деталей. Какая линия будет являться границей вида и разреза в каждом случае?



*Рис. 2.28. Исходные данные к упражнению 2.7*

## 2.4. Сечения

### 2.4.1. Основные сведения

*Сечение* — ортогональная проекция фигуры, получающейся в одной или нескольких секущих плоскостях или поверхностях при мысленном рассечении проецируемого предмета. На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Сечения, не входящие в состав разреза, подразделяют на вынесенные и наложенные. *Вынесенное сечение* — сечение, расположенное на чертеже вне контура изображения предмета или в разрыве между частями одного изображения (рис. 2.29). *Наложённое сечение* — сечение, расположенное непосредственно на изображении предмета вдоль следа секущей плоскости (рис. 2.30).

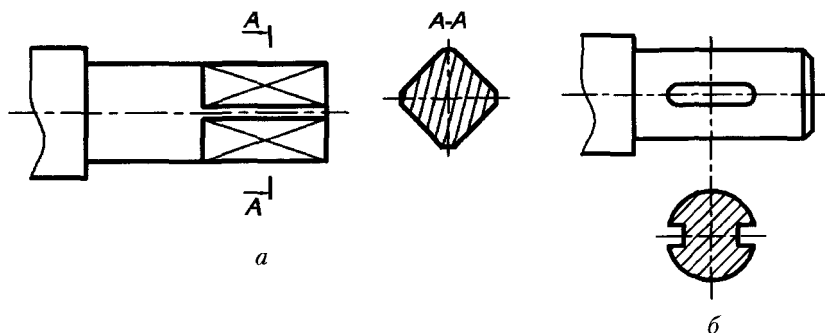


Рис. 2.29. Вынесенное сечение

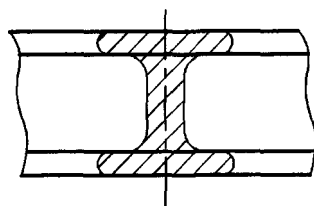


Рис. 2.30. Наложённое сечение

Вынесенные сечения являются предпочтительными. На чертежах контур вынесенного сечения изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения — сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

Если сечение симметрично, то ось симметрии вынесенного или наложенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят (рис. 2.29, б).

В случае расположения вынесенного сечения в произвольном месте поля чертежа для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита. На чертежах сечение сопровождают надписью по типу А—А. Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (рис. 2.29, а).

## 2.4.2. Построение сечений геометрических тел

### 2.4.2.1. Сечение полусферы

В сечении сферы плоскостью всегда получается окружность. Таким образом, для построения сечения сферы необходимо определить центр этой окружности и ее радиус.

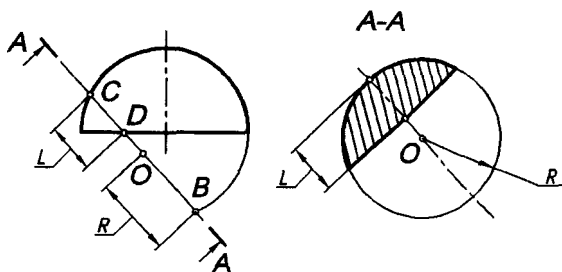


Рис. 2.31. Построение сечения полусферы

*Алгоритм построения сечения полусферы плоскостью* (рис. 2.31):

- 1) на свободном поле чертежа проводим осевую линию, параллельную линии сечения;
- 2) продолжаем окружность образующей сферы до пересечения с линией секущей плоскости А—А в точке В;
- 3) делим пополам хорду ВС, находим точку О — центр окружности, по которой плоскость А—А пересекает сферу; отмечаем точку О на оси вынесенного сечения;
- 4) находим радиус  $R = OB = OC$  окружности сечения и проводим дугу этой окружности с центром в точке О на оси вынесенного сечения;
- 5) так как необходимо построить сечение не всей сферы, а только ее половины, то измеряем длину сечения полусферы  $L = CD$  и откладываем ее на оси вынесенного сечения.

### 2.4.2.2. Сечение цилиндра

Цилиндрическая поверхность образуется прямой линией (образующей), перемещающейся вдоль кривой линии (направляющей).

Мы будем рассматривать цилиндр, ограниченный следующими поверхностями: цилиндрической поверхностью, направляющей для которой служит окружность, и двумя плоскостями.

В сечении цилиндра в зависимости от положения секущей плоскости могут получаться:

- *окружность*, если секущая плоскость параллельна основанию цилиндра (рис. 2.32, сечение А—А);
- *прямоугольник*, если секущая плоскость параллельна оси цилиндра (рис. 2.32, сечение Б—Б);
- *эллипс*, если секущая плоскость наклонна к оси цилиндра (рис. 2.32, сечение В—В).

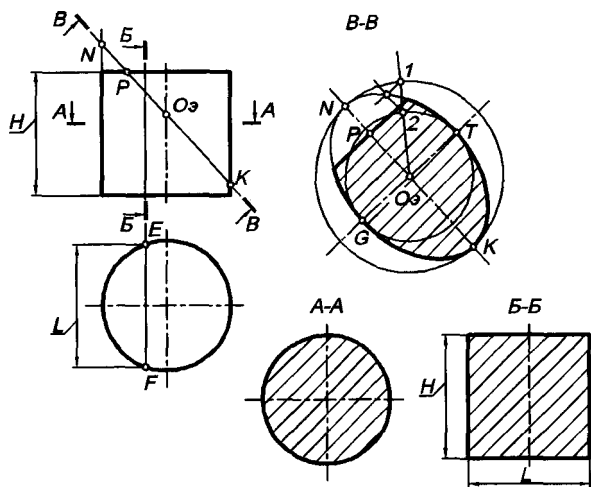


Рис. 2.32. Сечения цилиндра

В сечении А—А получается окружность, радиус которой равен радиусу основания цилиндра. В сечении Б—Б получается прямоугольник, высота которого равна высоте цилиндра, а ширина соответствует длине хорды окружности основания  $EF$  (рис. 2.32), по которой основание цилиндра пересекается секущей плоскостью.

Для построения эллипса в сечении В—В необходимо знать следующее:

- центр эллипса для сечения цилиндра всегда лежит на оси цилиндра в точке ее пересечения с линией сечения;
- построение эллипса производится по двум осям: малая полуось эллипса равна радиусу цилиндра; большая полуось равна половине расстояния между точками пересечения секущей плоскости с образующими цилиндра.

*Алгоритм построения эллипса* (см. рис. 2.32):

1) на свободном поле чертежа проводим осевую линию, параллельную линии сечения В—В. Это осевая линия, на которой лежит большая ось эллипса;

2) отмечаем точку пересечения осевой линии цилиндра с линией сечения как центр эллипса —  $O_3$ ; отмечаем соответствующую точку на осевой линии вынесенного сечения;

3) через точку  $O_3$  проводим осевую линию, перпендикулярную осевой линии вынесенного сечения. Это осевая линия, на которой лежит малая ось эллипса;

4) отмечаем на виде спереди точки пересечения образующих цилиндра с линией сечения (при необходимости продлеваем образующие цилиндра до пересечения с линией сечения) — точки  $N$  и  $K$ ; отмечаем аналогичные точки на оси вынесенного сечения на том же расстоянии от точки  $O_3$ ;

5) строим вспомогательные окружности: большую окружность радиусом  $ON = OK$  и малую окружность радиусом, равным радиусу цилиндра; точки  $N, K, G, T$  принадлежат эллипсу (можно проводить построения только в одной четверти эллипса, а затем воспользоваться зеркальным отражением);

6) для нахождения промежуточных точек для построения эллипса из центра эллипса проводим произвольно луч;

7) из точки 1 пересечения луча с окружностью большой полуоси проводим прямую, параллельную малой оси;

8) из точки 2 пересечения того же луча с окружностью малой полуоси проводим прямую, параллельную большой оси; точка пересечения проведенных прямых принадлежит эллипсу;

9) повторяем построения п. 6—8 несколько раз и соединяем найденные точки с помощью лекала; достраиваем эллипс, используя симметрию и зеркальное отражение;

10) выделяем действительно существующую часть эллипса между точками  $K$  и  $P$ .

### 2.4.2.3. Сечение конуса

При построении сечения конуса необходимо помнить, что его образуют две поверхности: коническая поверхность и плоскость. Коническая поверхность образуется прямой линией (образующей), перемещающейся вдоль кривой линии (направляющей) и имеющей неподвижную точку (вершину). Прямой круговой конус имеет в основании окружность, а его высота проходит через центр окружности основания (т.е. его ось перпендикулярна плоскости основания). Так как все поверхности в пространстве бесконечны, следовательно, на чертеже конуса можно продлить коническую поверхность по

другую сторону от вершины конуса (рис. 2.33). Тем самым мы получим так называемый *мнимый конус*. Исходный же конус будет называться *действительным*.

В сечении конуса в зависимости от положения секущей плоскости возможны следующие геометрические фигуры:

- *окружность* (рис. 2.33, сечение А—А), если секущая плоскость параллельна основанию конуса;
- *треугольник* (рис. 2.33, сечение Б—Б), если секущая плоскость проходит через вершину конуса;
- *парабола* (рис. 2.33, сечение В—В), если секущая плоскость параллельна одной образующей конуса, пересекает действительный конус, но не пересекает мнимый конус;
- *гипербола* (рис. 2.33, сечение Г—Г), если секущая плоскость параллельна двум образующим конуса, или, другими словами, пересекает и действительный, и мнимый конусы (отсюда получаем кривую с двумя ветвями — действительной и мнимой);
- *эллипс* (рис. 2.33, сечение Д—Д), если секущая плоскость пересекает все образующие конуса.

*Алгоритм построения эллипса для конуса:*

1) продолжаем очерковые образующие конуса до пересечения с линией сечения Д—Д, отмечаем точки пересечения *К* и *Н*; отрезок *KN* является большей осью для эллипса;

2) находим середину отрезка *KN*, т.е.  $KO = ON$ . Точка *О* является центром эллипса для конуса (в отличие от центра эллипса для цилиндра центр эллипса для конуса никогда не лежит на оси конуса);

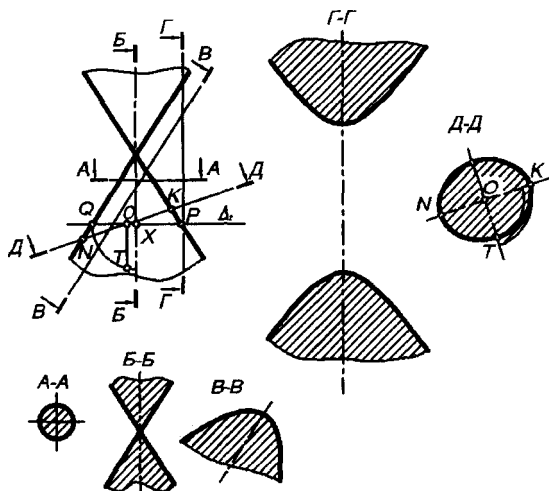


Рис. 2.33. Сечения конуса

3) для нахождения малой оси эллипса:

а) через точку  $O$  проводим вспомогательную горизонтальную плоскость  $\Delta$ , которая пересекает конус по окружности радиусом  $QX$  с центром в точке  $X$ ;

б) из точки  $X$  как из центра проводим дугу этой окружности радиусом  $QX$ ; половина хорды этой дуги, проведенной из точки  $O$ , дает нам малую полуось эллипса;

4) в остальном построение эллипса в сечении конуса аналогично построению эллипса в сечении цилиндра.

#### 2.4.2.4. Сечение призмы

В сечении призмы плоскостью получается многоугольник. Количество сторон многоугольника зависит от того, сколько ребер призмы пересекает секущая плоскость. Построение многоугольника начинается с определения координат всех его вершин. Рассмотрим пример построения сечения призмы, в основании которой лежит правильный пятиугольник.

*Алгоритм построения сечения призмы, в основании которой лежит правильный пятиугольник* (рис. 2.34):

1) на свободном поле чертежа проводим осевую линию  $L$ , параллельную линии сечения  $A-A$ ;

2) отмечаем точки пересечения линии сечения с ребрами призмы на виде спереди ( $1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2$ ), находим проекции этих точек на виде сверху ( $1_1-5_1$ );

3) расстояния между точками пересечения линии сечения с ребрами призмы замеряем на виде спереди вдоль линии секущей плоскости  $A-A$  и откладываем вдоль оси сечения  $L$ ; через полученные точки проводим линии построения, перпендикулярные оси сечения  $L$ ;

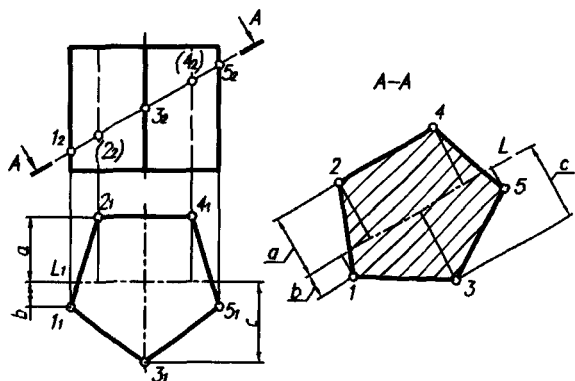


Рис. 2.34. Сечение призмы



недостающих координат точек многоугольника, который получается в сечении пирамиды, необходимо на виде сверху измерить расстояние от проекций точек до горизонтальной оси  $L_1$  и отложить его на линиях построения, перпендикулярных оси сечения  $L$ , с соответствующей стороны.

## Вопросы и задания для самоконтроля

2.14. Дайте определение понятию «сечение». Как классифицируют сечения?

2.15. Для чего применяют сечения?

2.16. Как обозначают сечения? В каких случаях сечение не обозначают буквами и стрелками?

2.17. Что обозначает штриховка в сечении? Какой тип линии применяется для нанесения штриховки?

2.18. Как изменяется угол наклона линий штриховки, если они оказались параллельны линиям контура или осевым линиям предмета?

2.19. Назовите форму фигуры, получаемую при пересечении сферы с плоскостью различного положения.

2.20. Назовите формы фигур, получаемые при пересечении цилиндра с плоскостью:

- а) если плоскость параллельна основанию;
- б) если плоскость параллельна оси цилиндра;
- в) если плоскость наклонна к оси цилиндра.

## Упражнения

**Упражнение 2.8.** Определите, какие сечения в зависимости от их расположения показаны на чертежах рис. 2.36. Какие из них необходимо обозначить?

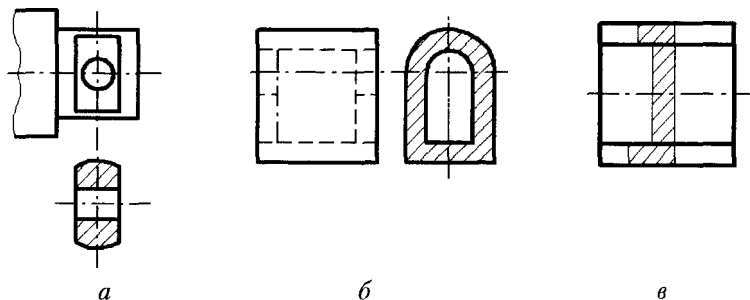


Рис. 2.36. К упражнению 2.8

**Упражнение 2.9.** Сфера отрезается плоскостями 1 и 2 (рис. 2.37). Достройте горизонтальное и профильное изображения.

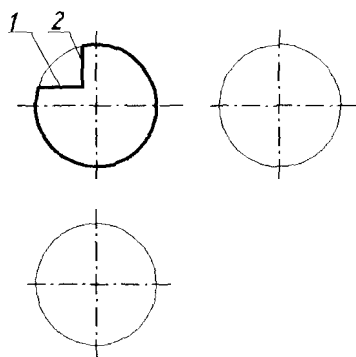


Рис. 2.37. К упражнению 2.9

**Упражнение 2.10.** Постройте вынесенное сечение на изображении сферы, приведенном на рис. 2.38, нанесите штриховку (материал — металл).

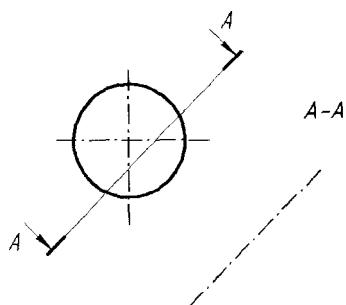


Рис. 2.38. К упражнению 2.10

**Упражнение 2.11.** Цилиндр отсекается плоскостями 1 и 2 (рис. 2.39). Постройте горизонтальное и профильное изображения.

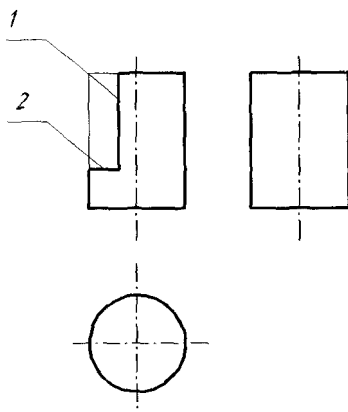


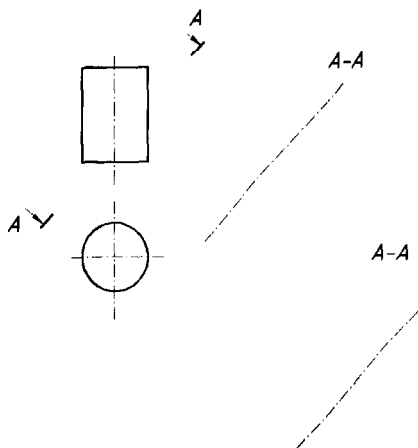
Рис. 2.39. К упражнению 2.11

**Упражнение 2.12.** Постройте вынесенное сечение А—А двумя методами (рис. 2.40):

а) по параметрам (центр эллипса, большая ось, малая ось);

б) методом секущих плоскостей.

Нанесите штриховку (металл).



*Рис. 2.40. К упражнению 2.12*

**Упражнение 2.13.** Назовите формы фигур, получаемые при пересечении конической поверхности с фронтально проецирующими плоскостями различного положения, представленными на рис. 2.41, где:

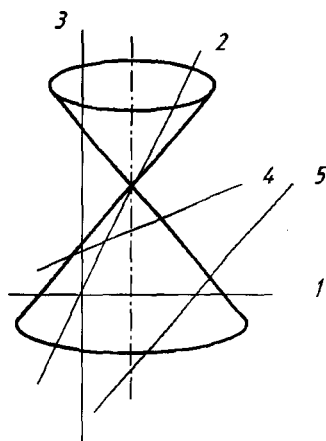
1 — плоскость параллельна основанию;

2 — плоскость проходит через вершину;

3 — плоскость пересекает действительную и мнимую часть;

4 — плоскость пересекает обе образующие;

5 — плоскость параллельна образующей.



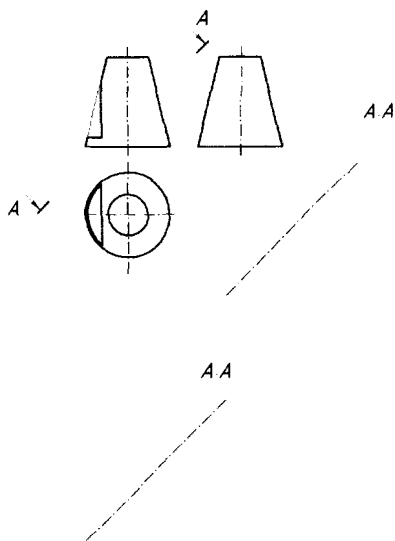
*Рис. 2.41. К упражнению 2.13*

**Упражнение 2.14.** Достройте профильное изображение. Постройте вынесенное сечение А—А двумя методами (рис. 2.42):

а) по параметрам (центр эллипса, большая ось, малая ось);

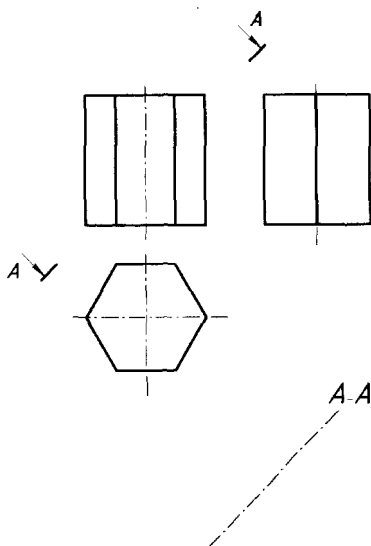
б) методом секущих плоскостей.

Нанесите штриховку (металл).



*Рис. 2.42. К упражнению 2.14*

**Упражнение 2.15.** Постройте вынесенное сечение А—А для призмы (рис. 2.43).



*Рис. 2.43. К упражнению 2.15*

**Упражнение 2.16.** Постройте вынесенное сечение А—А для усеченной пирамиды (рис. 2.44).

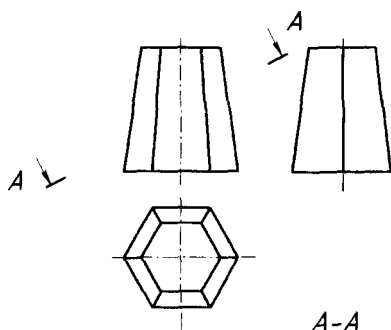


Рис. 2.44. К упражнению 2.16

## 2.5. Аксонометрические проекции

### 2.5.1. Основные сведения

При необходимости получения на чертеже наглядного изображения предмета применяют его аксонометрические проекции (аксонометрию). Суть аксонометрии заключается в том, что система прямоугольных координат  $OXYZ$  вместе с изображаемым объектом (телом, предметом) проецируется параллельными лучами на некоторую произвольно выбранную плоскость  $\Pi'$ , называемую *плоскостью аксонометрических проекций* (рис. 2.45).

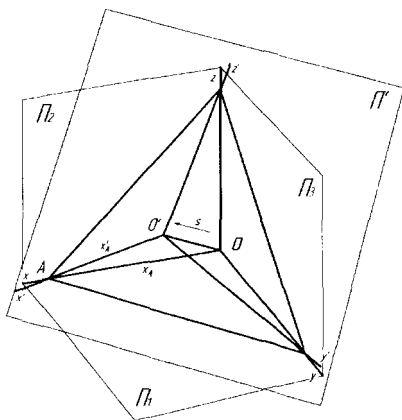
Если направление проецирования  $s$  перпендикулярно плоскости  $\Pi'$ , то аксонометрия называется *прямоугольной*, если нет — *косугольной*.

Если углы наклона плоскости  $\Pi'$  к осям  $X, Y, Z$  равны, то аксонометрическая проекция называется *изометрической*.

При равенстве только двух углов проекцию называют *диметрической*.

*Триметрия* — вид аксонометрии, при котором все углы наклона плоскости  $\Pi'$  к осям  $X, Y, Z$  разные.

Отношения аксонометрических координат (на рис. 2.45 это  $x'_A, y'_A, z'_A$ ) к натуральным ( $x_A, y_A, z_A$ ) называют *показателями (коэффициентами) искажения*.



**Рис. 2.45. Проецирование системы координат на плоскость аксонометрической проекции**

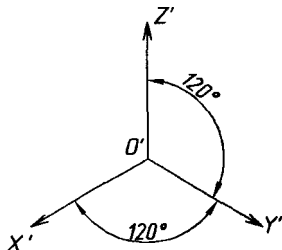
Аксонометрические проекции, применяемые в графических документах всех отраслей промышленности и строительства, устанавливает ГОСТ 2.317–2011.

На учебных чертежах применяются преимущественно прямоугольная аксонометрическая проекция — изометрическая, а также косоугольная диметрическая проекция.

### 2.5.2. Прямоугольная изометрическая проекция (изометрия)

Положение аксонометрических осей приведено на рис. 2.46. Все три оси образуют между собой равные углы величиной  $120^\circ$ , причем ось  $OZ$  располагается вертикально. Показатель искажения по всем осям равен 0,82.

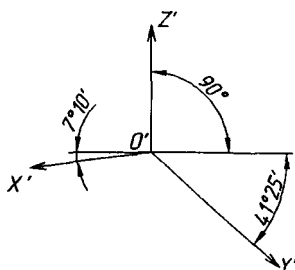
Изометрическую проекцию для упрощения выполняют, как правило, без искажения по осям  $X, Y, Z$ , т.е. принимают коэффициент искажения равным единице. Такая изометрическая проекция называется *приведенной*. Масштаб изометрической проекции равен 1,22 : 1.



**Рис. 2.46. Положение аксонометрических осей в прямоугольной изометрической проекции**

### 2.5.3. Диметрические проекции

**Прямоугольная диметрическая проекция.** Положение аксонометрических осей показано на рис. 2.47.

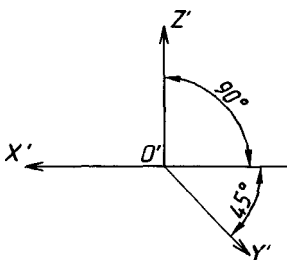


**Рис. 2.47. Аксонометрические оси в прямоугольной диметрической проекции**

Показатели искажения для осей  $O'X'$  и  $O'Z'$  одинаковы и равны 0,94, для оси  $O'Y'$  — 0,47. При построении истинной прямоугольной диметрической проекции координаты любой точки пространства умножают на соответствующие показатели искажения. Однако дробные показатели искажения усложняют расчет размеров при построении аксонометрии, поэтому на практике, как правило, выполняют не истинную диметрию, а приведенную. При этом показатели искажения, равные 0,94, приводят к 1, а показатель 0,47 — к 0,5. Таким образом, коэффициент приведения будет равен  $1/0,94 \approx 1,06$ , т.е. приведенная диметрическая проекция будет увеличена в 1,06 раза по сравнению с истинной [5].

**Косоугольная фронтальная диметрическая проекция.** Положение аксонометрических осей показано на рис. 2.48.

Плоскость  $XOZ$  параллельна плоскости аксонометрических проекций  $X'O'Z'$ , поэтому все фигуры и линии, находящиеся в этой плоскости или ей параллельные, проецируются без искажений. Показатели искажения для осей  $O'X'$  и  $O'Z'$  равны 1, для оси  $O'Y'$  — 0,5.

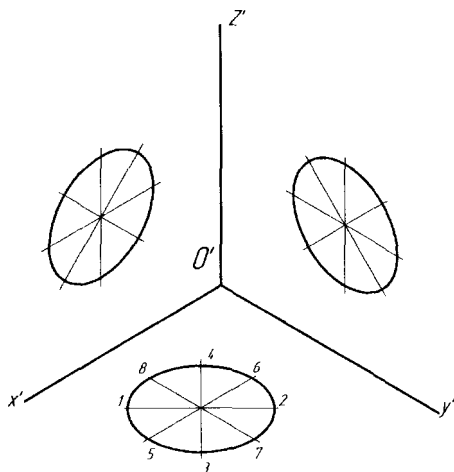


**Рис. 2.48. Аксонометрические оси в косоугольной фронтальной диметрической проекции**

## 2.5.4. Аксонометрическое изображение окружностей, лежащих в плоскостях, параллельных плоскостям проекций

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 2.49–2.52). Построение эллипса, лежащего в любой из плоскостей, начинается с определения направления его осей.

**Построение прямоугольных изометрических проекций окружности** (см. рис. 2.49). Если эллипс является проекцией окружности, лежащей в горизонтальной плоскости  $XOY$ , ее большая ось (1–2 на рис. 2.49) перпендикулярна оси  $Z'$ , а малая ось (3–4) перпендикулярна большой. Для более точного построения эллипса целесообразно также построить пару сопряженных диаметров (5–6 и 7–8), параллельных осям  $X'$  и  $Y'$ .



**Рис. 2.49. Изображение прямоугольных изометрических проекций окружности**

У эллипса, являющегося проекцией окружности, лежащей в плоскости  $XOZ$ , большая ось перпендикулярна оси  $Y'$ , малая ось перпендикулярна большой, а сопряженные диаметры параллельны осям  $X'$  и  $Z'$ .

У эллипса, являющегося проекцией окружности, лежащей в плоскости  $ZOY$ , большая ось перпендикулярна оси  $X'$ , малая ось перпендикулярна большой, а сопряженные диаметры параллельны осям  $Y'$  и  $Z'$ .

Большие оси у всех эллипсов равны  $1,22d$ , где  $d$  — диаметр натуральной окружности, малая ось равна  $0,7d$ , а сопряженные диаметры равны диаметру окружности  $d$ . Когда изометрическую проекк-

цию выполняют без искажения по осям  $X, Y, Z$ , то большая ось эллипсов равна  $1,22d$ , а малая ось —  $0,71d$  (см. рис. 2.49).

Пример выполнения прямоугольной изометрической проекции детали представлен на рис. 2.50.

**Построение косоугольных фронтальных диметрических проекций окружности.** При построении такой проекции (см. рис. 2.51) необходимо руководствоваться следующим:

- окружность, лежащая в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций, проецируется на аксонометрическую плоскость проекций в окружность;

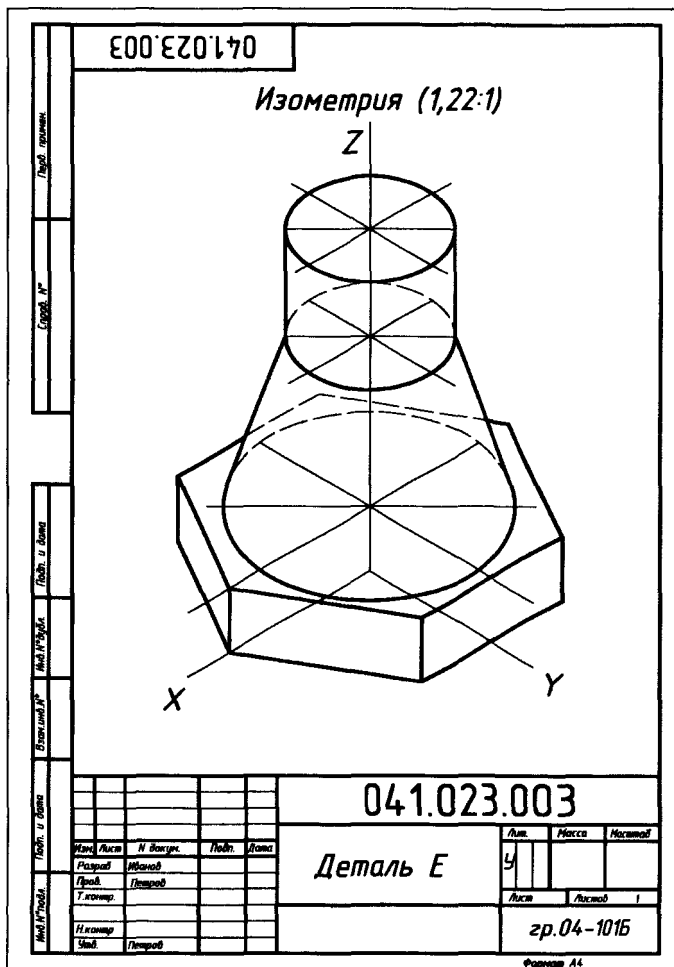
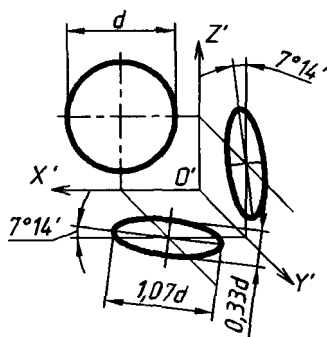


Рис. 2.50. Пример выполнения прямоугольной изометрической проекции детали



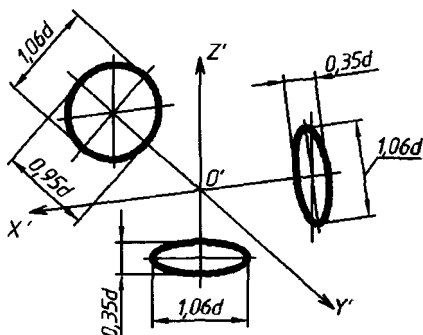
**Рис. 2.51. Изображение косоугольных фронтальных диметрических проекций окружности**

• окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы; при этом большая ось эллипсов равна  $1,07d$ , малая —  $0,33d$ , где  $d$  — диаметр натуральной окружности;

• большие оси эллипсов наклонены к осям  $O'X'$  и  $O'Z'$  под углом  $7^\circ 14'$ .

Прямоугольные диметрические проекции окружностей изображены на рис. 2.52.

При изображении разрезов на аксонометрических проекциях линии штриховки наносят параллельно одной из диагоналей квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям. Направление штриховки рекомендуется выбирать в соответствии со схемами, приведенными в ГОСТ 2.317—2011 (приложение А). Ребра жесткости, если они попадают в секущую плоскость, изображают заштрихованными.



**Рис. 2.52. Изображение прямоугольных диметрических проекций окружности**

## Вопросы и задания для самоконтроля

- 2.21. Для чего применяются аксонометрические проекции?
- 2.22. Как располагается плоскость проецирования относительно объекта?
- 2.23. Перечислите стандартные аксонометрии.
- 2.24. Под каким углом располагаются координатные оси в прямоугольной изометрической проекции?
- 2.25. Чему равен истинный показатель искажения в изометрии по всем трем осям? В приведенной изометрии?
- 2.26. В какую фигуру преобразуется окружность в аксонометрии?
- 2.27. Как определить величину большой и малой оси эллипса в изометрии окружности?
- 2.28. Как располагаются большая и малая ось эллипса на чертеже изометрической проекции окружности в зависимости от того, в какой плоскости лежит окружность?

## Упражнения

**Упражнение 2.17.** На комплексном чертеже задана точка  $A$  с координатами  $x = 20$  мм,  $y = 30$  мм,  $z = 35$  мм. Постройте изометрическую проекцию точки  $A$ .

**Упражнение 2.18.** Постройте изометрическую проекцию четырехгранной призмы, у которой ширина равна 25 мм, длина — 45 мм, высота — 30 мм.

**Упражнение 2.19.** Постройте изображение окружности в изометрических плоскостях. Диаметр окружности равен 50 мм.

**Упражнение 2.20.** Постройте фронтальную диметрическую проекцию окружности диаметром 50 мм.

**Упражнение 2.21.** Постройте фронтальную диметрическую проекцию призмы, в основании которой лежит правильный пятиугольник с диаметром описанной окружности 70 мм. Высота призмы равна 60 мм.

**Упражнение 2.22.** Постройте изометрическую проекцию цилиндра, основание которого параллельно профильной плоскости проекций. Высота цилиндра — 50 мм, диаметр основания — 40 мм.

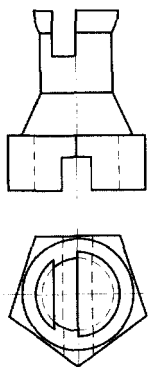
**Упражнение 2.23.** Постройте фронтальную диметрическую проекцию цилиндра, основание которого параллельно профильной плоскости проекций. Высота цилиндра — 50 мм, диаметр основания — 40 мм.

## Задание 2

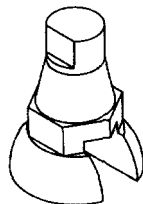
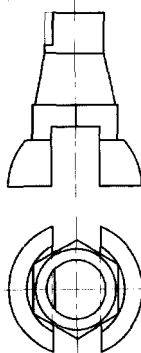
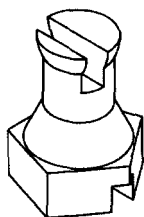
**Задание 2.1.** Для детали даны вид спереди, вид слева и изометрия в качестве наглядного изображения. На формат А3 перерисуйте вид спереди и вид слева, приняв высоту детали, равной 100 мм. По двум видам постройте третий вид (вид слева). Нанесите размеры. Постройте сечение детали (след секущей плоскости задается преподавателем).

## Варианты задания 2.1

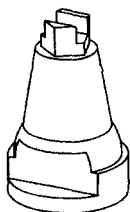
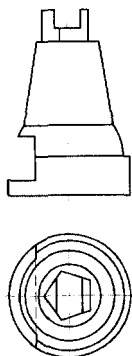
1



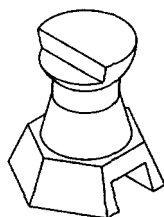
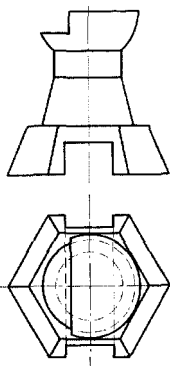
2



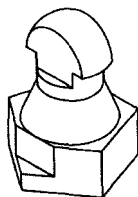
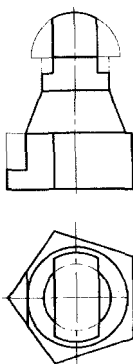
3



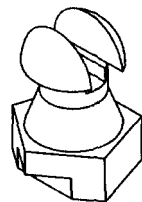
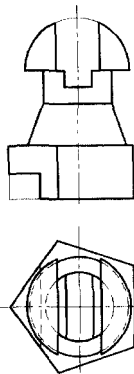
4

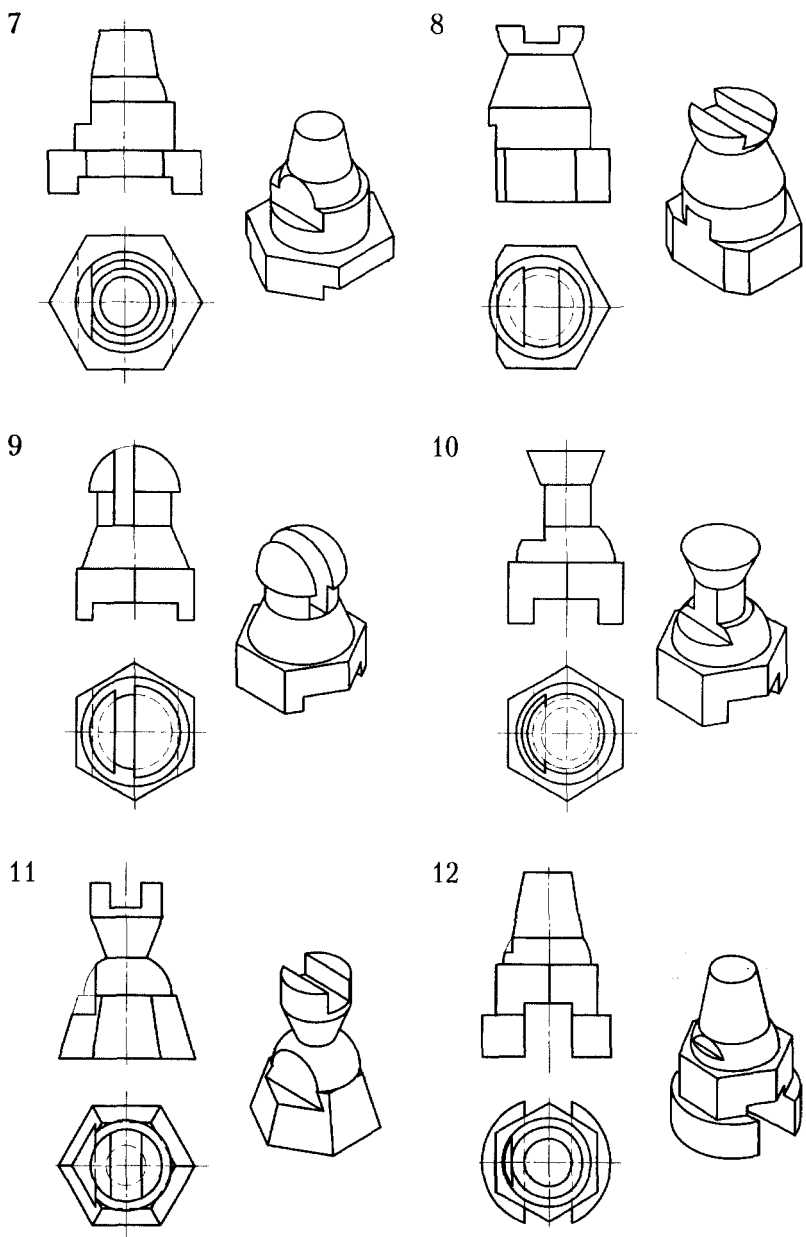


5



6





**Задание 2.2.** Даны вид спереди, вид сверху и изометрия детали. На формате А3 постройте три вида для детали (спереди, сверху и слева). Выполните фронтальный и профильный разрезы. Нанесите размеры.



XXX.000.XXX

Изометрия

3

1. По двум видам и изометрии детали построить вид следа.  
 2. Выполнить фронтальный разрез.  
 3. Выполнить профильный разрез, соединив его с видом следа.

XXX.003.XXX				Деталь К	Гр.
№	Вид	М. Шкала	Лист	Лист	Масса
1	Фронт		1	1	11
2	Проф				
3	Изом				
4	Сбор				
				Котировка	Формат А3

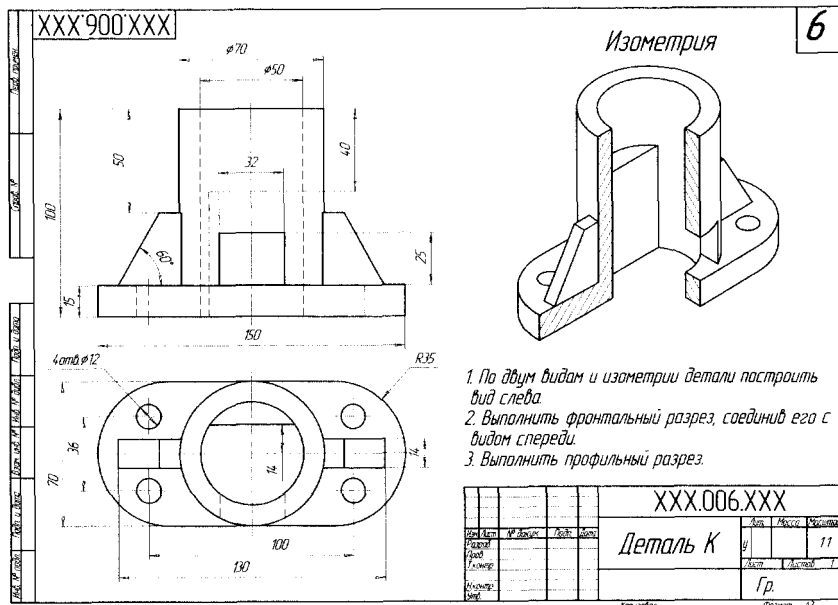
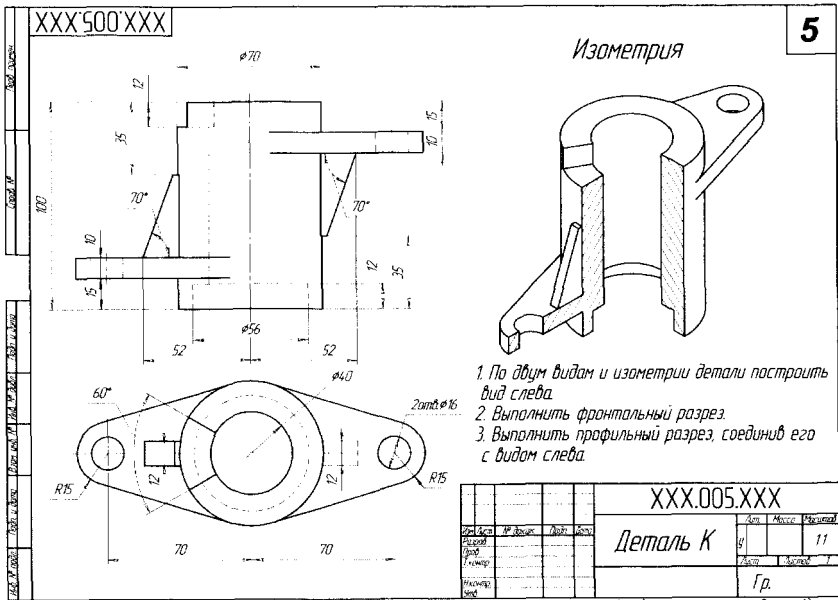
0X2.005.002

Изометрия

4

1. По двум видам и изометрии детали построить вид следа.  
 2. Выполнить фронтальный разрез, соединив его с видом спереди.  
 3. Выполнить профильный разрез.

0X2.005.002				Деталь К	Гр.
№	Вид	М. Шкала	Лист	Лист	Масса
1	Фронт		1	1	11
2	Проф				
3	Изом				
4	Сбор				
				Котировка	Формат А3



XXX.007.XXX

Изометрия

7

Technical drawing showing two views of a mechanical part. The front view (top) shows a central cylindrical section with a diameter of  $\varnothing 76$  and a height of 20. It has two side flanges with a thickness of 25 and a total width of 160. The flanges have rounded outer edges with radii  $R40$ ,  $R22$ , and  $R80$ . The bottom flange has a thickness of 27. The top view (bottom) shows a central hexagonal hole with a diameter of  $\varnothing 50$  and a width of 145. There are four holes of diameter  $\varnothing 9$  arranged in a 2x2 pattern. The distance between the center of the hexagonal hole and the center of the side holes is 35. The total width of the part is 160.

Изометрия

1. По двум видам и изометрии детали построить вид слева.
2. Выполнить фронтальный разрез, соединив его с видом спереди.
3. Выполнить профильный разрез.

XXX.007.XXX				Экз.	Место	Курс
Деталь К				у	11	
				Авт.	Курсов.	
				Гр.		
				Профессор А.И.		

XXX.008.XXX

Изометрия

8

Technical drawing showing two views of a mechanical part. The front view (top) shows a base with a width of 140 and a height of 80. It has a central vertical section with a width of 23 and a height of 30. The top surface is inclined at a 45-degree angle. The bottom flange has a thickness of 20. The top view (bottom) shows a central hexagonal hole with a diameter of  $\varnothing 40$  and a width of 110. There are four holes of diameter  $\varnothing 14$  arranged in a 2x2 pattern. The distance between the center of the hexagonal hole and the center of the side holes is 50. The total width of the part is 130.

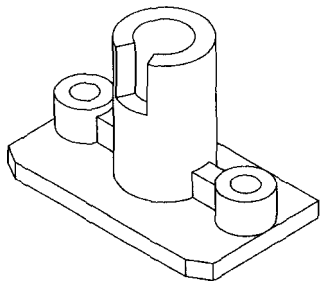
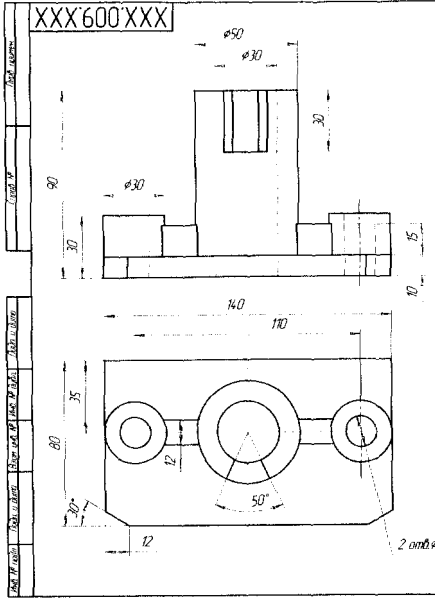
Изометрия

1. По двум видам и изометрии детали построить вид слева.
2. Выполнить фронтальный разрез.
3. Выполнить профильный разрез, соединив его с видом слева.

XXX.008.XXX				Экз.	Место	Курс
Деталь К				у	11	
				Авт.	Курсов.	
				Гр.		
				Профессор А.И.		

XXX.600.XXX

Изометрия

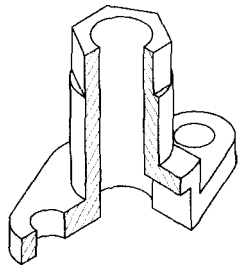
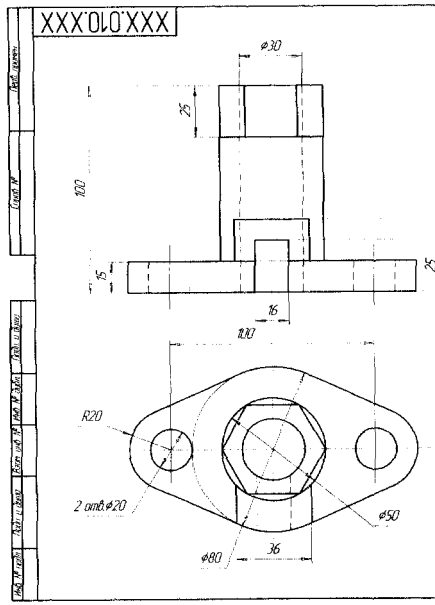


1. По двум видам и изометрии детали построить вид следа.
2. Выполнить фронтальный разрез, соединив его с видом спереди.
3. Выполнить профильный разрез.

				XXX.009.XXX			
				Деталь К			
				Лист		11	
				Гр.			
				Формат А3			

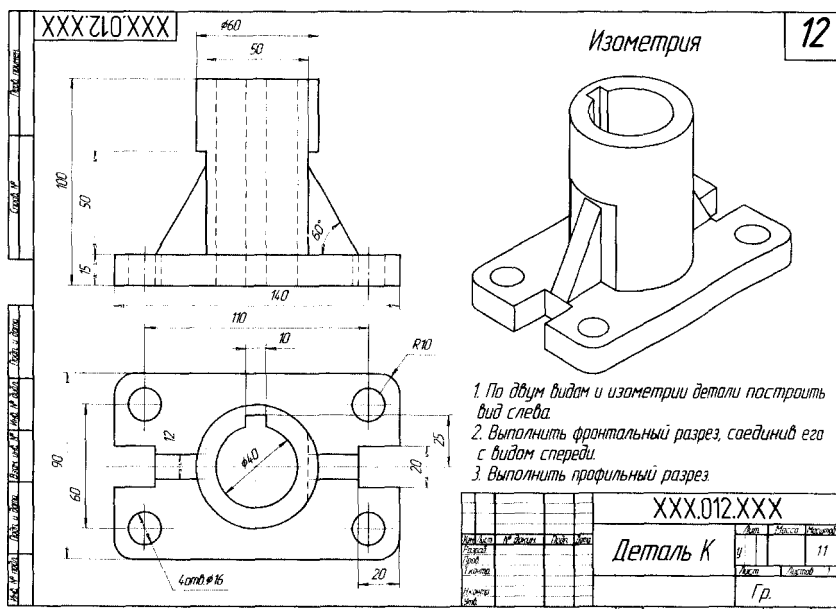
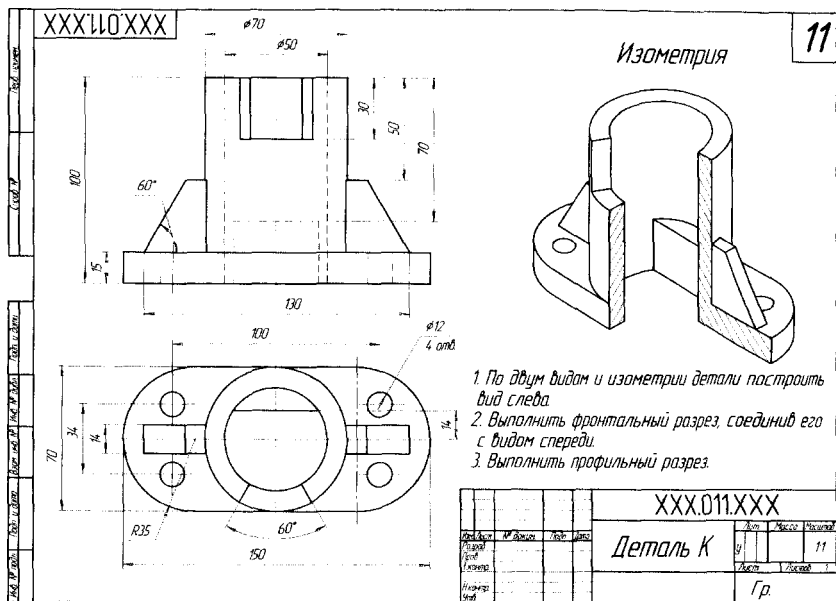
XXX.010.XXX

Изометрия



1. По двум видам и изометрии детали построить вид следа.
2. Выполнить фронтальный разрез, соединив его с видом спереди.
3. Выполнить профильный разрез.

				XXX.010.XXX			
				Деталь К			
				Лист		11	
				Гр.			
				Формат А3			



**Задание 2.3.** Для детали из задания 2.1 постройте прямоугольную изометрическую проекцию на формате А4. Линии построения сохраните. Пример выполнения задания приведен на рис. 2.50.

## Глава 3

# ИЗОБРАЖЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ НА ЧЕРТЕЖЕ

---

В результате изучения данной главы студент должен:

**знать**

- виды соединения деталей;
- правила выполнения чертежей разъемных и неразъемных соединений согласно ЕСКД;

**уметь**

- выполнять чертежи резьбовых соединений;
- выполнять чертежи сварных, паяных и клееных соединений;

**владеть**

- теоретическими основами (правилами, методами) выполнения чертежей разъемных и неразъемных соединений согласно ЕСКД;
  - навыками выполнения чертежей разъемных и неразъемных соединений.
- 

### 3.1. Виды соединений

**Соединение** — это связь деталей, обеспечивающая их определенное взаимное положение. Соединения, наиболее часто встречающиеся в конструкциях механизмов и машин, называют *типовыми*. К типовым относятся: резьбовые (соединение болтом, винтом), заклепочные, соединения сваркой, пайкой, склеиванием, соединения «вал — втулка» (шпоночные, шлицевые, штифтовые, клеммовые и т.п.) и др. Применение типовых соединений значительно облегчает работу по проектированию и изготовлению машин и приборов, так как для типовых соединений уже рассчитаны и представлены в соответствующих ГОСТах рекомендуемые параметры, что избавляет конструктора от необходимости разрабатывать такой узел с нуля и выполнять для него инженерные расчеты.

В некоторых механизмах (редукторах, мультипликаторах) соединения деталей используются как для фиксации деталей относительно друг друга с целью выполнения ими общей функции в составе изделия (например, передача вращающего момента с помощью шпоночного соединения), так и для преобразования движения (на-

пример, преобразование вращательного движения в поступательное и, наоборот, с помощью резьбового соединения «винт — гайка»).

Соединения деталей, применяемые в машино- и приборостроении, принято подразделять на подвижные и неподвижные. *Подвижные соединения* обеспечивают перемещение одной детали относительно другой. В *неподвижных соединениях* две или несколько деталей жестко скреплены друг с другом.

#### **Виды соединений:**

- *разъемные соединения* допускают многократную сборку и разборку без нарушения целостности их составных частей (резьбовые, шпоночные, шлицевые, зубчатые);
- *неразъемные соединения* нельзя разобрать, не повреждая их составных частей (сварные, паяные, клееные, клепаные);
- *условно разъемные соединения*. Разборка таких соединений принципиально возможна, но сопряжена с большими трудностями (прессовые).

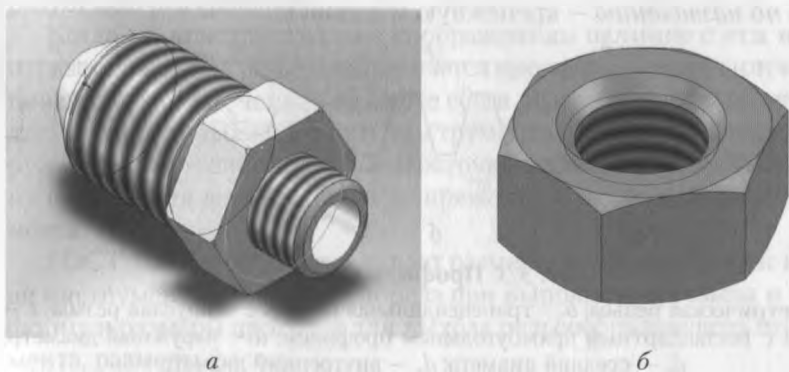
В данной главе будут рассмотрены наиболее распространенные виды соединений, обязательные для изучения в курсе «Инженерная и компьютерная графика».

## **3.2. Изображение резьбовых соединений**

### **3.2.1. Общие сведения**

**Резьбовое соединение** (по ГОСТ 11708—82 (СТ СЭВ 2631—80)) — это соединение двух деталей с помощью резьбы, в которой одна из деталей имеет наружную резьбу (рис. 3.1, *а*), а другая — внутреннюю (рис. 3.1, *б*).

В основе резьбы лежит винтовая линия, образованная при вращательном движении поверхности (цилиндрической или коничес-



**Рис. 3.1. Детали с резьбой:**  
*а* — наружной; *б* — внутренней

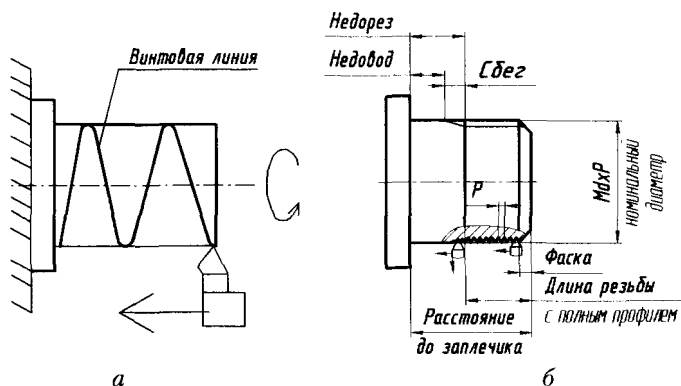


Рис. 3.2. Нарезание резьбы

кой) вокруг своей оси и поступательном движении резьбонарезающего инструмента, например резца (рис. 3.2, а).

**Классификация резьбы**<sup>1</sup>. Резьбу классифицируют по следующим признакам:

1) по форме профиля резьбонарезного инструмента различают резьбу:

- метрическую (треугольный профиль, с углом при вершине  $60^\circ$ , рис. 3.3, а);
- трапецеидальную (с симметричным трапецеидальным профилем, рис. 3.3, б);
- круглую (с профилем, образованным дугами, рис. 3.3, в);
- резьбу с нестандартным прямоугольным профилем (рис. 3.3, г);

2) по характеру поверхности — цилиндрическую и коническую;

3) по направлению винтовой линии — правую и левую;

4) по числу одновременно нарезаемых профилей — одно- и многозаходную;

5) по назначению — крепежную и ходовую.

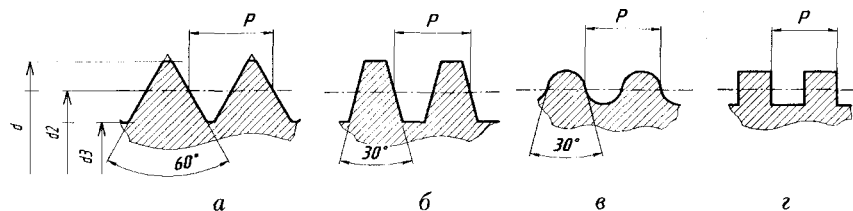


Рис. 3.3. Профили резьбы:

а — метрическая резьба; б — трапецеидальная резьба; в — круглая резьба; г — резьба с нестандартным прямоугольным профилем;  $d$  — наружный диаметр;  $d_2$  — средний диаметр;  $d_3$  — внутренний диаметр

<sup>1</sup> Существительное «резьба» употребляется только в единственном числе.

В практической деятельности наибольшее распространение получила метрическая резьба. Для метрической резьбы стандартизованы профиль резьбы (ГОСТ 9150–2002), номинальный диаметр ( $d$ ) и шаг резьбы ( $P$ ).

*Ход резьбы* — это расстояние вдоль оси резьбы, на которое перемещается резьбовая деталь за один оборот.

*Шаг резьбы ( $P$ )* — расстояние между двумя ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, измеренное вдоль оси резьбы (рис. 3.3).

**Диаметры резьбы.** *Наружный (номинальный) диаметр резьбы* (см. рис. 3.3) — диаметр цилиндра, описанного около резьбовой поверхности. Наружный диаметр измеряется у болтов по вершинам профиля резьбы, у гаек — по впадинам.

*Внутренний диаметр резьбы* — диаметр цилиндра, вписанного в резьбовую поверхность. Внутренний диаметр измеряется у болтов по впадинам, у гаек — по вершинам профиля резьбы.

*Средний диаметр резьбы* — диаметр цилиндра, образующая которого делит боковые стороны профиля на равные отрезки.

**Конструктивные и технологические элементы резьбы** (рис. 3.2, б). *Фаска* — конический срез, который образует с осью угол  $45^\circ$ . Его выполняют на внешних и внутренних кромках детали. Фаска предотвращает крайние витки резьбы от повреждений и служит направляющей при навинчивании резьбовой детали.

*Сбег* — участок неполного профиля, на котором осуществляется вывод инструмента из обрабатываемой детали или его врезание в деталь (заборная часть метчиков, плашек, гребенок — резьбонарезающих инструментов). На чертежах допускается сбег не изображать.

Если инструмент нельзя довести до упора в некоторую поверхность, то образуется *недовод* резьбы, который вместе со сбегом образует *недорез* (рис. 3.2).

Когда по конструктивным соображениям наличие сбega не допускается, в конце резьбы выполняется *проточка* — цилиндрическая поверхность, выточенная на месте сбega резьбы и предназначенная для выхода резьбонарезного инструмента при изготовлении наружной и внутренней резьбы. Проточка позволяет увеличить длину соединения деталей, снять напряжение в месте выхода инструмента.

ГОСТ 10549–80 устанавливает размеры сбega резьбы при выходе инструмента, размеры недореза при выполнении резьбы в упор, форму и размеры проточек для выхода резьбообразующего инструмента, размеры фасок.

ГОСТ 27148–86 устанавливает размеры сбегов резьбы, недорезов и проточек для крепежных изделий с метрической резьбой.

## 3.2.2. Изображение и обозначение метрической резьбы и соединения резьбой

### 3.2.2.1. Основные параметры и обозначение метрической резьбы

В соответствии с ГОСТ 8724–2002 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» для каждого номинального диаметра резьбы  $d$  предусмотрен один крупный шаг и несколько мелких.

Варианты обозначения метрической резьбы на чертеже:

1)  $Md \times P$  – резьба метрическая ( $M$ ), номинальный диаметр ( $d$ ), с мелким шагом ( $P$ ), резьба правая. Например:  $M20 \times 1,5$ ;

2)  $Md$  – резьба метрическая ( $M$ ), номинальный диаметр ( $d$ ), с крупным шагом ( $P$ ), резьба правая. Например:  $M30$  (крупный шаг не обозначается, его значение выбирают из табл. 1 ГОСТ 8724–2002);

3)  $Md \times PLH$  – резьба метрическая ( $M$ ), номинальный диаметр ( $d$ ), с мелким шагом ( $P$ ),  $LH$  – резьба левая. Например:  $M24 \times 1,5-LH$ .

### 3.2.2.2. Изображение метрической резьбы

В независимости от профиля и назначения резьбы последнюю на чертеже изображают условно в соответствии с ГОСТ 2.311–68 «Изображение резьбы».

Резьбу на стержне (рис. 3.4) изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими

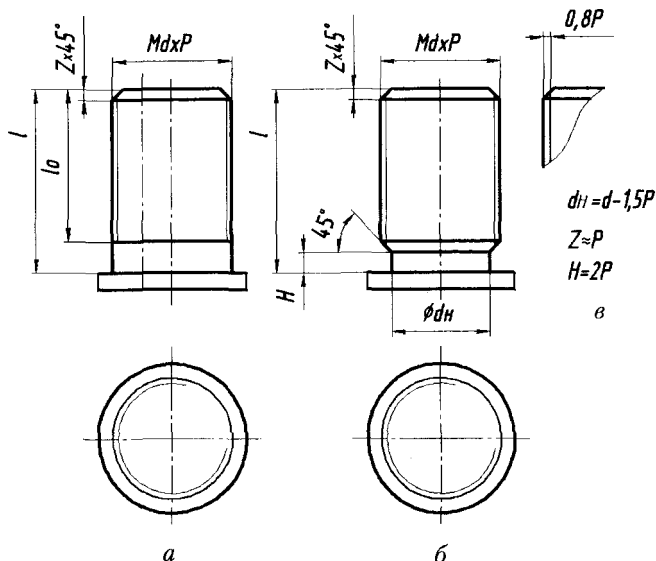


Рис. 3.4. Изображение резьбы на стержне

ми линиями по внутреннему диаметру. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте.

Резьбу в *отверстии* (рис. 3.5) изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру. На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте.

На рис. 3.4, *а* изображена резьба на стержне с недорезом, на рис. 3.4, *б* — резьба с проточкой. Сплошную тонкую линию на изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы (рис. 3.4, *в*).

На рис. 3.4 нанесены обозначение метрической резьбы  $Md \times P$  и следующие размеры:

$l$  — длина стержня, на котором нарезается резьба;

$l_0$  — длина резьбовой части (длина полного профиля);

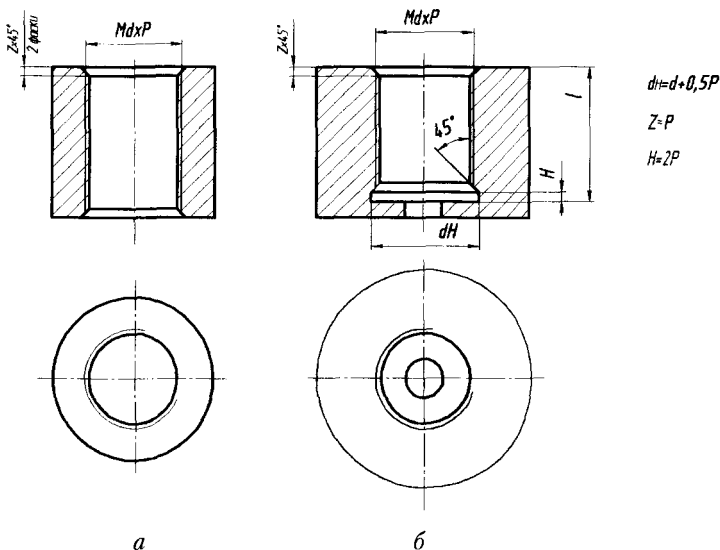


Рис. 3.5. Изображение резьбы в отверстии

$Z \times 45^\circ$  – размеры угловой фаски, где  $Z$  – высота фаски; для метрической резьбы с шагом  $P$  фаски наружной и внутренней резьбы  $Z \approx P$ ;

$H = 2P$  – высота проточки;

$d_H = d - 1,5P$  – диаметр проточки на стержне;

угол  $45^\circ$  – величина уклона, конструктивно представляющего собой переход от проточки к цилиндрической части резьбового отверстия.

На рис. 3.5 нанесены обозначение метрической резьбы  $Md \times P$  и следующие размеры:

$l$  – длина резьбовой части в отверстии;

$Z \times 45^\circ$  – размеры фаски, где  $Z$  – высота фаски,  $Z \approx P$ ;

$H$  – высота проточки;

$d_H$  – диаметр проточки.

Следует отметить, что фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярной оси стержня или отверстия, не изображают (см. рис. 3.4 и 3.5).

### 3.2.2.3. Изображение соединения резьбой

При выполнении чертежа резьбового соединения стержня с гайкой основная линия должна переходить в тонкую, а тонкая – в основную, как показано на рис. 3.6.

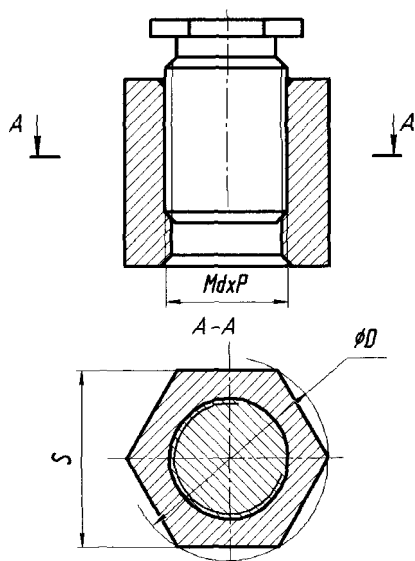


Рис. 3.6. Резьбовое соединение

## Вопросы и задания для самоконтроля

- 3.1. К какому типу соединения относится резьбовое соединение?
- 3.2. Опишите признаки, по которым классифицируют резьбу.
- 3.3. Перечислите параметры резьбы.
- 3.4. Что такое шаг резьбы?
- 3.5. Как обозначается метрическая резьба? Почему мелкий шаг обозначается, а крупный — нет?
- 3.6. Как обозначается левая резьба?
- 3.7. Какой линией условно изображают резьбу:
  - а) на видах, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня (отверстия);
  - б) на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня (отверстия)?
- 3.8. Какие технологические элементы могут иметь место в процессе изготовления резьбы?
- 3.9. Каково назначение фаски? Какие размеры наносят на фаску?
- 3.10. Каково назначение проточки? Какие размеры проточки наносят на чертеже?
- 3.11. Что такое сбег резьбы, недорез и недоход?
- 3.12. Как определяется длина резьбы?

## Упражнения

**Упражнение 3.1.** На рис. 3.7 *а, б* даны вид спереди и вид сверху на цилиндрическую деталь типа «стержень» с резьбой. На рис. 3.7 *в, г* представлены вид спереди и вид сверху на цилиндрическую деталь с резьбовым отверстием. На эти изображения нанесите линии резьбы, достройте горизонтальное изображение. Покажите сбег, недоход и недорез резьбы. На главном изображении нанесите необходимые размеры. На рис. 3.7, *а, в* изобразите резьбу с мелким шагом, на рис. 3.7, *б, г* — резьбу с крупным шагом.

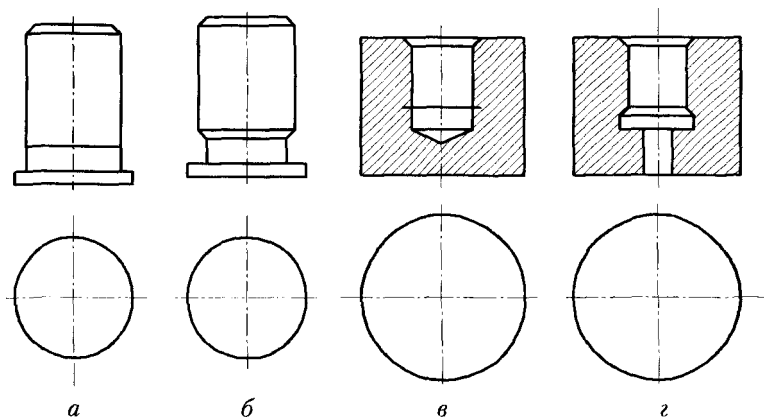


Рис. 3.7. К упражнению 3.1

**Упражнение 3.2.** На рис. 3.8 дано винтовое соединение. Обведите изображение, нанесите штриховку. Покажите на изображении недорез.

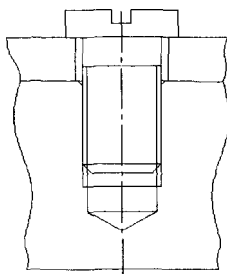


Рис. 3.8. К упражнению 3.2

### 3.3. Изображение неразъемных соединений

#### 3.3.1. Паяные и клееные соединения

Обозначение и условные изображения неразъемных соединений устанавливает ГОСТ 2.313–82.

Для обозначения паяного и клееного соединения следует применять соответствующий условный знак, который наносят на линии-выноске сплошной основной линией (рис. 3.9 и 3.10).

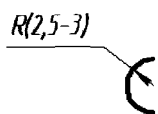


Рис. 3.9. Условное обозначение пайки

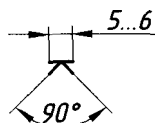


Рис. 3.10. Условное обозначение склеивания

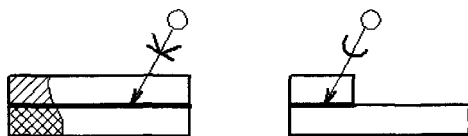


Рис. 3.11. Изображение клееных и паяных соединений на чертеже

Место соединения элементов изображают сплошной линией толщиной  $2s$  (рис. 3.11). Швы, выполняемые по замкнутому контуру, следует обозначать окружностью диаметром от 3 до 5 мм сплошной тонкой линией (см. рис. 3.11).

#### 3.3.2. Сварные соединения

**Сварка** — это процесс получения неразъемного соединения путем сплавления металлов деталей и сварочного электрода. При сплавлении образуется сварной шов.

Изображение сварочного соединения или одиночной сварной точки устанавливает ГОСТ 2.312–72 «Условные изображения и обозначения швов сварных соединений». Швы видимых сварных соединений обозначают сплошной основной линией, невидимых – штриховой линией. Видимую одиночную сварную точку условно изображают знаком «крестик» (+) размером 5–10 мм, сплошной основной линией. Невидимые одиночные точки не изображают.

**Условное обозначение сварного шва.** От места соединения деталей проводят линию-выноску с односторонней стрелкой и горизонтальной полкой, на которой располагается условное обозначение (рис. 3.12).

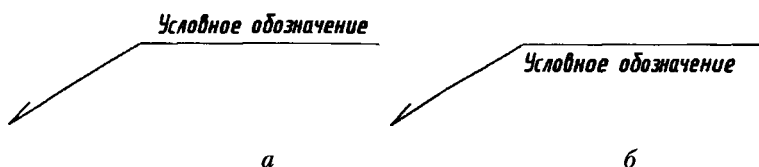


Рис. 3.12. Условное обозначение видимого (а) и невидимого (б) сварного шва

Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки по ГОСТ 2.312–72 имеет вид цепочки сведений о применяемой сварке (рис. 3.13).

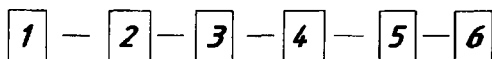


Рис. 3.13. Структура условного обозначения сварного шва

В сокращенном виде это условное обозначение включает в себя:

1) ГОСТ на типы и конструктивные элементы швов.

Существует много видов сварки и способов их осуществления. На учебных чертежах, как правило, применяют условные обозначения швов, выполняемых:

- ручной дуговой сваркой (ГОСТ 5264–80);
  - автоматической и полуавтоматической дуговой сваркой под флюсом (ГОСТ 11533–75);
  - дуговой сваркой в защитном газе (ГОСТ 14771–76),
- а также точечных сварных соединений, выполняемых дуговой сваркой под флюсом (ГОСТ 14776–79);

2) буквенное обозначение взаимного расположения свариваемых деталей: С – стыковое, У – угловое, Т – тавровое, Н – нахлесточное.

На чертежах к буквенному обозначению сварного шва добавляют цифровое, которое характеризует всю совокупность конструк-

тивных элементов сварного шва, т.е. вид подготовки кромок, толщину свариваемых деталей и т.д. На учебных чертежах цифровое обозначение опускается, остается только буквенное обозначение;

3) вспомогательные знаки:

△ — катет шва (знак и его числовое значение). Знак выполняют сплошными тонкими линиями. Высота знака должна соответствовать высоте цифр, входящих в обозначение шва;

/ — шов прерывистый или точечный с цепным расположением провариваемых участков с указанием длины участка  $l$  и шага  $t$ . Угол наклона линии равен  $60^\circ$ ;

∑ — шов прерывистый или точечный с шахматным расположением;

□ — шов по незамкнутой линии;

○ — шов по замкнутой линии. Диаметр знака (3–5 мм) ставится в месте соединения односторонней стрелки с полкой-выноской (рис. 3.14).

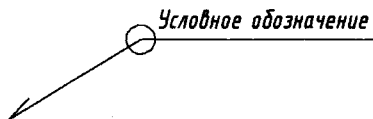


Рис. 3.14. Обозначение сварного шва по замкнутой линии

При наличии одинаковых швов обозначение наносят у одного изображения с указанием номера и количества шва, у остальных проводят линии-выноски с полками для указания номера шва (рис. 3.15).

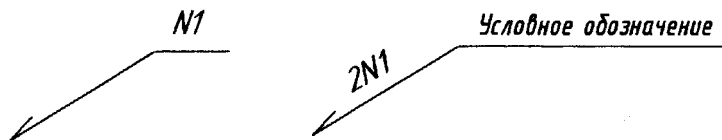


Рис. 3.15. Обозначение одинаковых сварных швов на чертеже

Приведем примеры обозначения сварных соединений.

**Пример 3.1.** На рис. 3.16 приведено следующее обозначение: шов стыкового соединения, выполнен электродуговой сваркой по ГОСТ 5264–80; катет шва — 2 мм; шов по замкнутой линии.

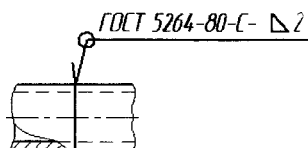


Рис. 3.16. К примеру 3.1

**Пример 3.2.** На рис. 3.17 приведены следующие обозначения. Шов выполнен автоматической и полуавтоматической сваркой под флюсом по ГОСТ 11533–75; тип соединения деталей – тавровое соединение. Для присоединения деталей поз. 2, 3 катет шва – 3 мм, шов по незамкнутой линии. Для детали поз. 1, 3 катет шва – 2 мм, шов по замкнутому контуру.

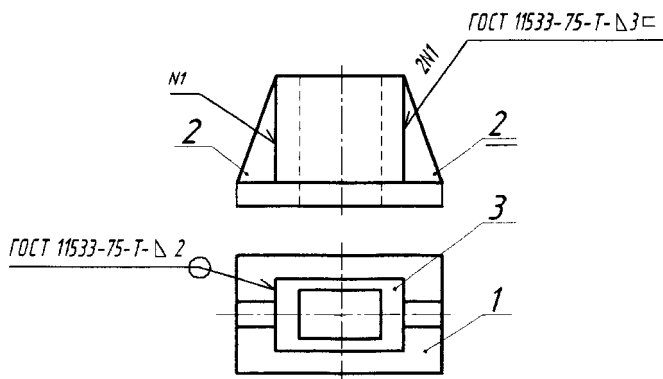


Рис. 3.17. К примеру 3.2

**Пример 3.3.** На рис. 3.18 приведены следующие обозначения. Соединение деталей выполнено дуговой сваркой под флюсом по ГОСТ 14776–79, одиночными точками диаметром 8 мм. Тип соединения деталей – нахлесточное соединение.

**Пример 3.4.** На рис. 3.19 приведены следующие обозначения. Соединение деталей выполнено ручной дуговой сваркой (ГОСТ 5264–80), тип соединения деталей – нахлесточное соединение. Шов прерывистый цепной, длина провариваемого участка ( $l$ ) – 50 мм, шаг ( $t$ ) – 100 мм, катет шва – 4 мм.

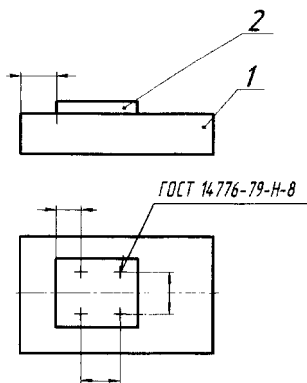


Рис. 3.18. К примеру 3.3

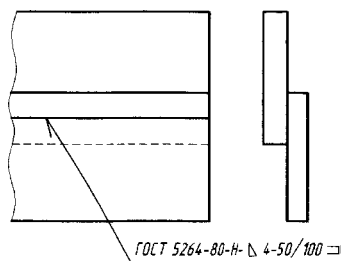


Рис. 3.19. К примеру 3.4

## Вопросы и задания для самоконтроля

- 3.13.** К какому типу соединения относится соединение деталей пайкой, склейкой, сваркой? Дайте определение соединению данного типа.
- 3.14.** Как изображают место соединения паяных и клееных соединений?
- 3.15.** Какой знак применяется для обозначения паяного соединения? Укажите его размеры.
- 3.16.** Какой знак применяется для обозначения клеенного соединения? Укажите его размеры.
- 3.17.** Как изображают швы видимых сварных соединений?
- 3.18.** Какой условный знак применяется для изображения видимых одиночных точек? Укажите размеры условного знака, толщину линии.
- 3.19.** Опишите структуру обозначения сварного шва.
- 3.20.** В чем состоит правило обозначения однотипных сварных швов?

## Упражнения

**Упражнение 3.3.** На рис. 3.20 изображено соединение деталей. Детали 1 и 2 соединены пайкой (рис. 3.20, а), детали 3 и 4 соединены склеиванием (рис. 3.20, б). Нанесите необходимые знаки, обозначающие тип соединения.

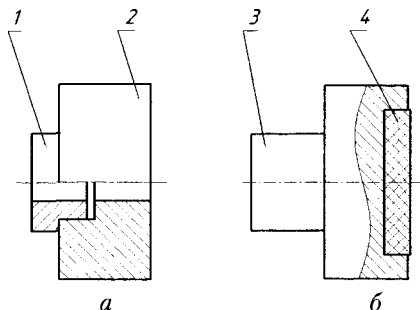


Рис. 3.20. К упражнению 3.3

**Упражнение 3.4.** Нанесите условное обозначение соединения деталей (рис. 3.21), выполненного автоматической и полуавтоматической сваркой под флюсом по ГОСТ 11533–75. Способ соединения деталей — угловое соединение. Катет шва — 2 мм. Количество однотипных швов — 2. Шов по незамкнутой линии.

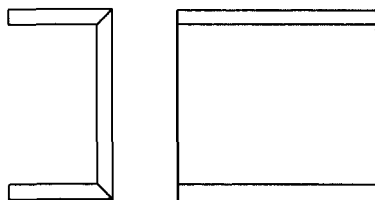


Рис. 3.21. К упражнению 3.4

**Упражнение 3.5.** Нанесите условное обозначение соединения деталей 1 (тонкая стенка), 2 (труба), 3 (опора) (рис. 3.22), выполненного ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264–80. Способ соединения деталей – тавровое соединение. Катет шва – 2 мм.

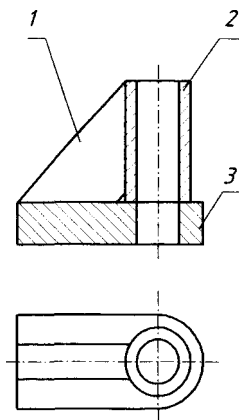


Рис. 3.22. К упражнению 3.5

**Упражнение 3.6.** Нанесите условное обозначение соединения деталей 1, 2 (рис. 3.23), выполненного дуговой сваркой в защитном газе по ГОСТ 14771–76 одиночными точками диаметром 6 мм. Тип соединения деталей – нахлесточное соединение. Нанесите необходимые размеры.

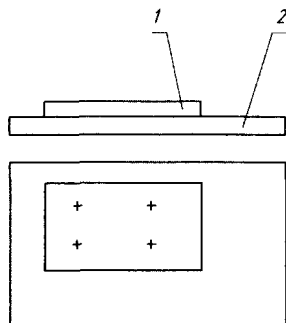


Рис. 3.23. К упражнению 3.6

### Задание 3

#### Графическая работа «Соединения»

**Задание 3.1.** На формате А3 выполните соединение болтовым комплектом согласно варианту (табл. 3.1):

- болт;
- гайка по ГОСТ 5932–73, исполнение 2;
- шайба по ГОСТ 11371–78, исполнение 1;

- шплинт по ГОСТ 397–79;
- $B_1, B_2$  — толщина соединяемых деталей, мм;  $B_3 = 60$  мм.

Расстояние между фронтальной и горизонтальной проекциями изображений установите не менее 50 мм.

Таблица 3.1

**Варианты задания 3.1**

Вариант	Болт	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Толщина соединяемых деталей, мм	
				$B_1$	$B_2$
1	ГОСТ 7805–70	20	1,5	20	30
2		22		24	32
3		24		2	26
4		27	28		32
5		30	30		30
6		20	Крупный		20
7		22		24	32
8		24		26	34
9		27		28	32
10		30		30	30
11	ГОСТ 7808–70	20	1,5	20	30
12		22		24	32
13		24		2	26
14		27	28		32
15		30	30		30
16		20	Крупный		20
17		22		24	32
18		24		26	34
19		27		28	32

**Задание 3.2.** На формате А3 с изображенным соединением болтовым комплектом выполните соединение винтом согласно варианту (табл. 3.2). Выполните изображение гнезда (сверленное, нарезанное), а также соединения деталей (базовой и присоединяемой) с помощью винта. Укажите необходимые размеры:

- для винта — длину винта, длину резьбы, номинальный диаметр резьбы, размер фаски;
- для гнезда — диаметр сверленного отверстия, глубину отверстия;
- для отверстия с резьбой — наружный диаметр метрической резьбы, глубину отверстия, длину резьбовой части, фаску.

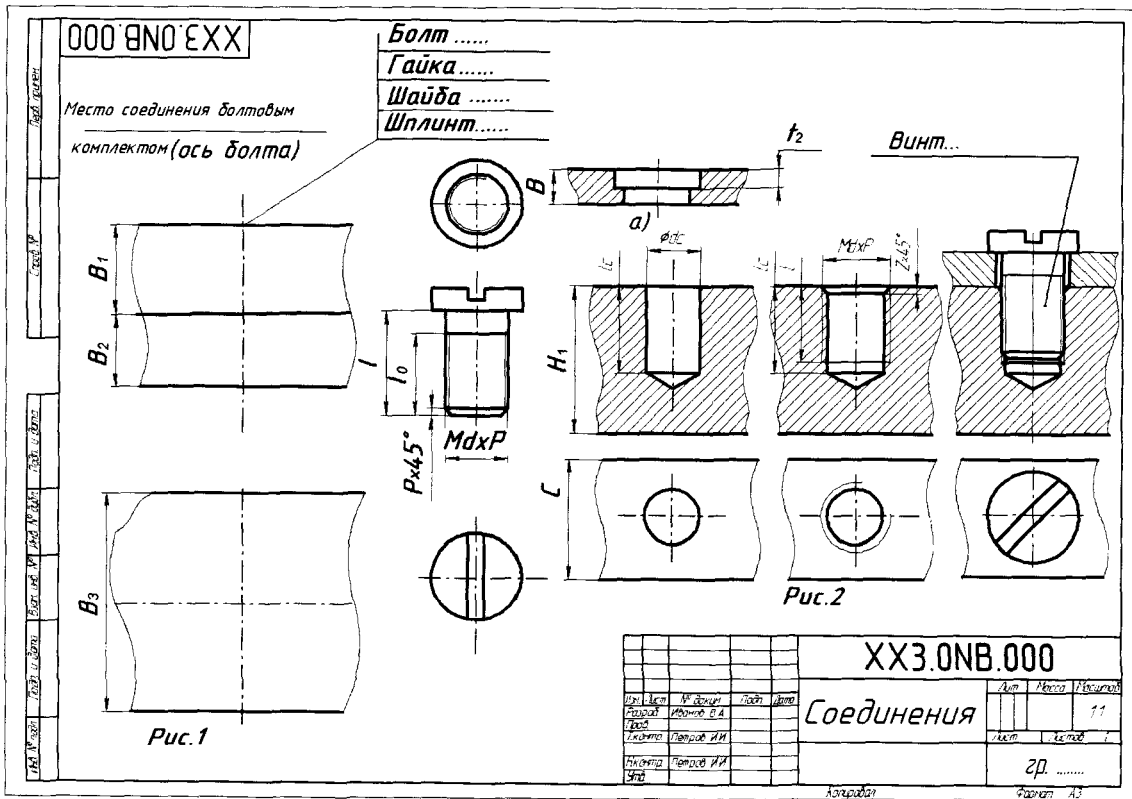


Рис. 3.24. К заданию 3

## Варианты задания 3.2

Вариант	Винт	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Длина винта, мм	$H_1$	$B$	$t_2$
1	ГОСТ 1491–80	12	Крупный	40	50	15	0
2		14		45	55	15	0
3		16		50	60	16	0
4		12	1,25	40	50	15	0
5		14	1,5	45	55	15	0
6		16		50	60	18	0
7	ГОСТ 17473–80	10	1,25	35	45	15	0
8		12		40	50	15	0
9		14	1,5	45	55	22	0
10		16		50	60	20	0
11		12		Крупный	40	50	15
12		14	45		55	20	0
13	16	50	60		20	0	
14	12	40	50		25	8	
15	ГОСТ 1491–80	14		45	55	30	10
16		16		50	60	30	10
17		12		1,25	40	50	30
18	ГОСТ 17473–80	14	1,5	45	55	30	10
19		16		50	60	30	10
20		16	Крупный	55	65	30	10

Рекомендуемая компоновка графической работы приведена на рис. 3.24.

## Глава 4

# КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

---

В результате изучения данной главы студент должен:

**знать**

- правила выполнения эскизов деталей;
- правила выполнения чертежей деталей;
- правила выполнения сборочных чертежей;

**уметь**

- выполнять эскиз детали;
- выполнять чертеж детали с нанесением информации, необходимой для ее изготовления;
- выполнять сборочный чертеж по чертежам деталей;
- выполнять детализовку по сборочному чертежу;
- составлять спецификацию;

**владеть**

- теоретическими основами (правилами, методами) выполнения эскизов и чертежей деталей, сборочных чертежей, детализовки по сборочному чертежу;
  - умениями и навыками выполнения эскизов и чертежей деталей, сборочных чертежей, детализовки по сборочному чертежу и составления спецификации.
- 

### 4.1. Основные понятия об изделии

*Изделие* — предмет или совокупность предметов, подлежащих изготовлению на предприятии. В соответствии с ГОСТ 2.101–68 «Виды изделий» устанавливаются следующие виды изделий: деталь, сборочная единица, комплекс, комплект.

*Деталь* — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, валик из одного куска металла, литой корпус, пластина из листа). Детали подразделяются на оригинальные (вновь разрабатываемые) и стандартные.

*Сборочная единица* — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, склеиванием, опрессовкой и т.п.), например сварной цилиндр стойки шасси, редуктор, автомобиль, телефонный аппарат и т.д.

*Комплекс* — два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например, поточная линия, бурильная установка, корабль и т.д.

*Комплект* — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Примерами комплектов являются комплект запасных частей, комплект инструмента, комплект упаковочной тары и др.

Каждому изделию в соответствии с ГОСТ 2.101—68 должно быть присвоено обозначение, которое одновременно является обозначением его основного конструкторского документа — чертежа детали или спецификации. Обозначение изделия строится по следующей схеме:

$$X_1 X_2 X_3 X_4 \cdot X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10} \cdot X_{11} X_{12} X_{13},$$

где  $X_1 X_2 X_3 X_4$  — код организации разработчика;  $X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10}$  — код квалификационной характеристики;  $X_{11} X_{12} X_{13}$  — порядковый регистрационный номер от 1 до 999.

В учебном процессе принята упрощенная система обозначения, состоящая из девяти символов:

$$X_1 X_2 X_3 \cdot X_4 X_5 X_6 \cdot X_7 X_8 X_9,$$

где  $X_1 X_2 X_3$  — номер факультета и номер задания (например, 095 — пятое задание для девятого факультета);  $X_4 X_5 X_6$  — номер варианта (например, 017);  $X_7 X_8 X_9$  — порядковый номер изделия (например, для детали это 001, ..., 009 или 011, ..., 019 и т.д.).

Для сборочной единицы последняя цифра  $X_9$  должна оканчиваться на ноль, например 005.017.000, 001.017.010.

## **4.2. Стадии разработки изделий и виды конструкторской документации**

На каждое вновь разрабатываемое изделие выполняется комплект конструкторских документов (графических и текстовых), которые в совокупности определяют состав и устройство изделий

и содержат необходимые данные для ее разработки, изготовления, контроля, эксплуатации и ремонта. Конструкторскую документацию подразделяют на проектную и рабочую.

*Проектная документация* содержит техническое предложение (документы с литерой «П»), эскизный проект (документы с литерой «Э»), техническое предложение (документы с литерой «Т»).

Результатом творческой работы является *технический проект* — совокупность конструкторских документов, содержащих окончательное техническое решение, дающее полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и исходные данные для выпуска рабочей документации. Одним из обязательных условий разработки является *чертеж общего вида*.

К *рабочей документации* относятся технические документы, предназначенные для изготовления, контроля и приемки изделия и его составных частей.

В комплект конструкторской документации на изделие (сборочную единицу) входят следующие документы:

- спецификация (основной конструкторский документ);
- схема деления изделия на составные части (вспомогательный документ);
- сборочный чертеж;
- рабочие чертежи (или эскизы) входящих оригинальных деталей.

### **4.3. Правила разработки чертежей (эскизов) деталей**

Любая деталь изготавливается по рабочим чертежам или эскизам. *Эскиз* — чертеж временного характера, выполненный от руки (без применения чертежных инструментов) без соблюдения масштаба, но с сохранением пропорциональности элементов детали, а также в соответствии со всеми правилами и условностями, установленными стандартами. Эскиз зачастую выполняется на формате в клетку.

Чертеж (эскиз) выполняется на отдельном форматном листе (по ГОСТ 2.301–68) и должен содержать следующую информацию:

- изображение детали;
- размеры, предельные отклонения;
- обозначения шероховатости поверхности;
- технические требования на изготовление детали;
- заполненную основную надпись (наименование изделия, обозначение, материал, из которого изготовлена деталь, масштаб — для чертежа).

### 4.3.1. Построение изображения на эскизе детали

На рабочем чертеже (эскизе) должно быть минимальное, но достаточное количество изображений (видов, разрезов, сечений), выявляющих форму детали.

**Главное изображение** выбирается таким образом, чтобы на нем была представлена наибольшая информация о детали. Если деталь осесимметричная или имеет несколько осей, то оси следует расположить таким образом, чтобы они проецировались в прямые линии. Такие элементы детали, как цилиндр, конус, сфера, на чертеже могут обозначаться знаками, которые проставляются перед размерным числом при нанесении размеров, что позволяет показывать деталь в одной проекции. Наличие элементов с плоскостями (шестигранники, лыски и др.) требует двух видов на чертеже или выносного сечения.

**Формат чертежа** выбирают таким образом, чтобы поле чертежа было заполнено на 70%. Для равномерного нанесения размеров изображение детали располагают в центре формата. Построение изображения начинают с осевых и центровых линий. Разработка чертежа осуществляется в два этапа. Первоначальный этап выполняется в тонких линиях. После проверки чертежа выполняется его обводка.

**Алгоритм построения эскиза детали** рассмотрим на примере построения эскиза штуцера:

- 1) выбираем формат;
- 2) выполняем горизонтальное изображение (с него начинают построения для деталей, форма которой содержит многогранную призму);
- 3) намечаем габаритные размеры детали и строим фронтальную проекцию (половину, так как контур симметричен);
- 4) чертим симметрию образующего контура, дополняя резьбовым элементом и вертикальной линией, определяющей внутреннее отверстие. Наносим штриховку на разрезе;
- 5) на горизонтальном виде отображаем недостающие проекционные окружности.

**Пример 4.1.** Разработайте эскиз точеной детали типа «Штуцер», содержащей типовые элементы: резьба, фаски, проточки, шестигранник, конические поверхности, цилиндрические пояски и др. (рис. 4.1).

*Решение.* Для построения изображения прежде всего проведем анализ детали с точки зрения геометрических форм. Данную деталь можно представить как комбинацию простейших геометрических тел:

- а) тела вращения — ниппельный конус, конические фаски, цилиндры. Для изображения поверхностей вращения достаточно одного фронтального изображения;

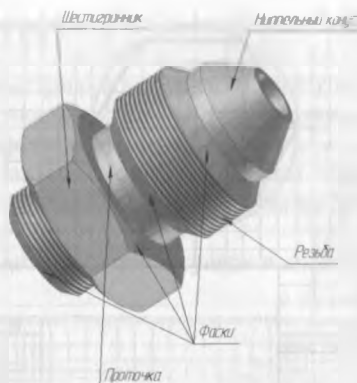


Рис. 4.1. Точеная деталь типа «Штуцер»

б) шестигранная призма. При соединении деталей по резьбе необходима фиксация последней от проворачивания. Для этой цели на детали делают граничные элементы: две параллельные плоскости (лыски), либо четырехгранные или шестигранные призмы. Расстояние между параллельными плоскостями называют размером «под ключ» ( $S$ ).

Многогранные элементы и лыски требуют двух изображений на чертеже, причем с точки зрения оптимизации чертежей на фронтальную плоскость должно проектироваться максимальное количество граней.

Далее следуем алгоритму построения эскиза штуцера.

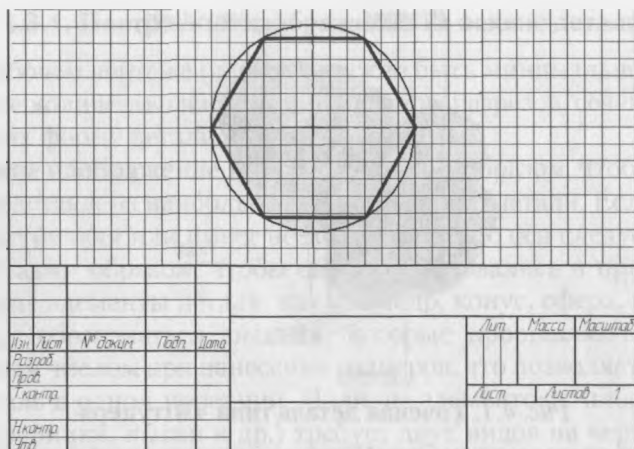
1. Разработка эскиза начинается с выбора формата. Для данной детали предпочтительным является формат А3 в клетку. При этом рекомендуется расположить ось детали горизонтально. Деталь симметрична относительно вертикальной линии, что позволяет совместить половину вида с половиной разреза (вид — сверху от оси, разрез — снизу).

Здесь, для большей наглядности, построение выполним на формате А4 в клетку. При этом ось детали расположим вертикально, совместив половину вида с половиной разреза (вид — слева от оси, разрез — справа от оси).

Посередине формата наносим осевые линии: вертикальную для фронтальной проекции и две оси (вертикальную и горизонтальную) для горизонтальной проекции. Для компоновки удобно выполнять подсчет клеток.

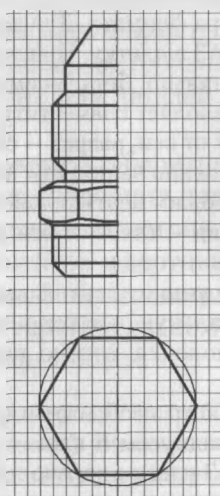
2. Построение начинаем с горизонтального изображения. Чертим шестигранник, вписанный в окружность радиусом 6 клеток. Для нахождения вершин делим радиус пополам (3 клетки вправо и 3 клетки влево) и проводим вертикальную линию до пересечения с окружностью. Точки пересечения являются точками для построения вершин шестигранника (рис. 4.2).

3. Намечаем габаритные размеры детали. Приблизительно определяем пропорции основных элементов детали, например:  $1/4$  — нижний резьбовой элемент,  $1/4$  — шестигранная призма,  $2/4$  — верхний эле-

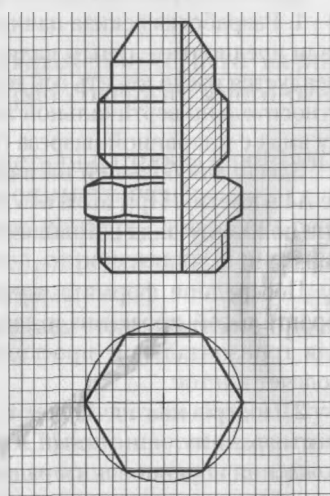


**Рис. 4.2. Построение горизонтальной проекции штуцера (эскиз)**

мент. Выполняем построения на фронтальной проекции: изображаем конус ( $74^\circ$ ), далее цилиндрические поверхности, одна из которых (нижняя) предназначена для резьбы. Построение резьбовых элементов выполняем в соответствии с правилами, описанными в гл. 3. Резьбовые фаски (угол  $45^\circ$ ) чертим как диагональ в квадрате (клетке). Фаски шестигранных призм (конические поверхности) имеют угол от  $10$  до  $30^\circ$ . Кривые второго порядка (гиперболы), как результат пересечения



**Рис. 4.3. Построение эскиза штуцера. Выполнение построения на фронтальной проекции**



**Рис. 4.4. Построение эскиза штуцера. Вычерчивание симметрии образующего контура. Нанесение штриховки**

плоскостей шестигранника с конической поверхностью, заменяем дугами (рис. 4.3).

4. Чертим симметрию образующего контура, дополняя резьбовым элементом и вертикальной линией, определяющей внутреннее отверстие. Наносим штриховку (рис. 4.4).

5. На горизонтальном виде отображаем недостающие проекционные окружности, учитывая линию резьбы на  $3/4$  окружности толщиной  $s/2$  (рис. 4.5).

Изображение детали типа «штуцер» выполнено.

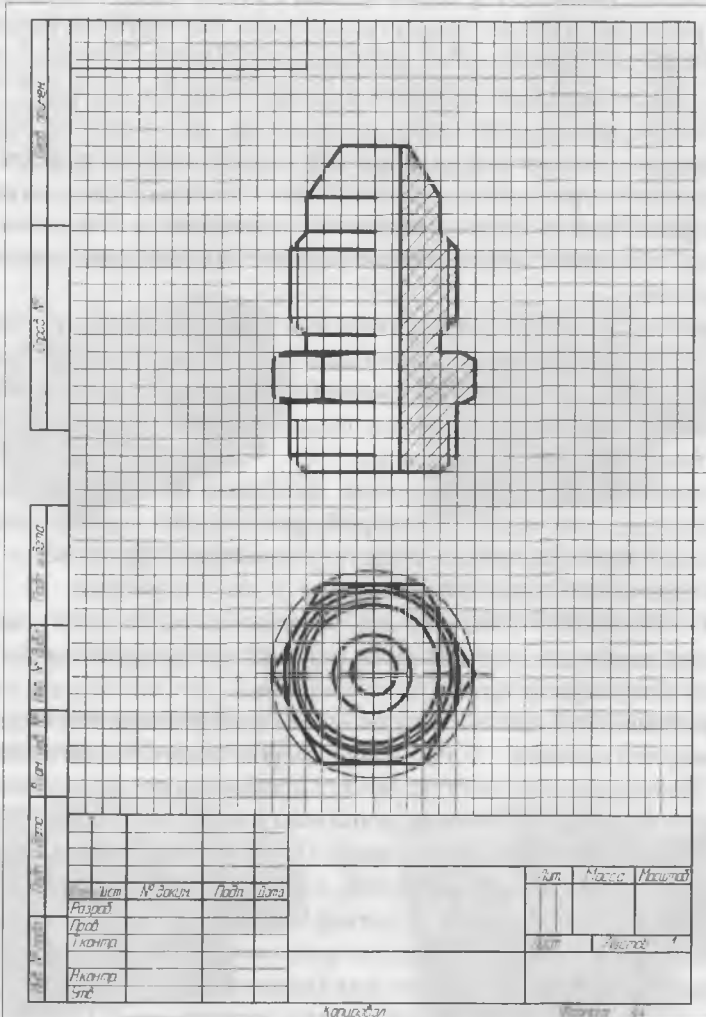


Рис. 4.5. Построение эскиза штуцера. Отображение недостающих проекционных окружностей на горизонтальном виде

6. Далее наносим размеры.
7. Обозначаем шероховатость поверхности.
7. Заполняем основную надпись.

### 4.3.2. Нанесение размеров точеной детали на эскизе детали

Истинную величину элементов, а также их местоположение в деталях задают при помощи размеров (размеров форм и размеров положения). Размеры должны быть нанесены технологически и геометрически грамотно и в соответствии с ГОСТ 2.307–2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений». На чертежах (эскизах) деталей всегда указываются натуральные размеры. В графе «Масштаб» при заполнении основной надписи ставится прочерк.

Размеры предпочтительно располагать вне контура детали. В случае соединения вида с разрезом размеры внешних форм располагают со стороны вида, а размеры внутренних форм — со стороны разреза. При наличии нескольких одинаковых элементов (например, отверстий) необходимо помимо типоразмера указать их количество.

Размеры на чертеже наносят от баз. Базой может быть поверхность (обычно плоскость), линия или даже точка, от которых ведут отсчеты размеров остальных элементов. По своему назначению базы делятся на конструкторские, технологические, сборочные, измерительные, установочные и др.

*Конструкторской базой* детали называют поверхность, линию или точку, по отношению к которой ориентируют положение детали в собранном механизме. Конструкторскими базами могут быть и геометрические элементы, в частности ось симметрии.

*Технологической базой* (основной или вспомогательной) называют поверхность, по отношению к которой ориентируют обрабатываемые поверхности при их изготовлении.

При нанесении линейных размеров придерживаются *принципа незамкнутой цепочки*, т.е. один из размеров формы остается *свободным*. Сумма размеров составляющих элементов из-за погрешности измерения и изготовления не равна максимальному (габаритному) размеру. Как правило, для внешнего контура свободным оставляют размер высоты того элемента, который имеет максимальную ширину, для внутреннего — размер высоты элемента, имеющего минимальную ширину. Если есть необходимость в простановке такого размера, то его указывают как справочный.

На деталях, изготовленных литьем, штамповкой, ковкой с последующей механической обработкой некоторых поверхностей, имеет место две системы размеров: одна — для необработанных по-

верхностей, другая — для обработанных. Один размер по любой из координат связывает базу размеров необработанных поверхностей с базой обработанных поверхностей.

**Пример 4.2.** Нанесите размеры на деталь типа «Штуцер» (см. рис. 4.5).

*Решение.* Поскольку точение деталей часто производят на токарном станке, то нанесение размеров на чертежах необходимо рассматривать в технологической последовательности изготовления элементов детали. В данном примере вместо размерных чисел будем наносить размеры в виде параметров.

В качестве заготовки, из которой будет изготавливаться штуцер, выбран прокат калиброванный шестигранный по ГОСТ 8560–78, выполненный из стали 45 по ГОСТ 1050–88 с размером «под ключ»  $S$  (мм), диаметром описанной окружности  $D$ , длиной  $L$  (рис. 4.6).

Деталь обрабатывается последовательно от соответствующих торцов (справа, слева).

*Этап 1.* Путем снятия слоя металла формируется цилиндрический стержень под резьбу длиной  $L_1$  мм, диаметром  $d_1$  (рис. 4.7).

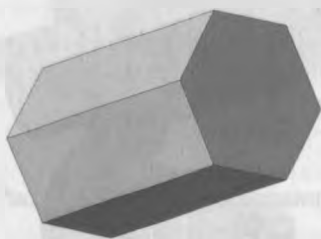


Рис. 4.6. Заготовка

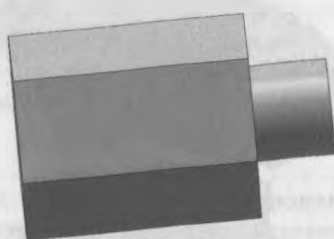


Рис. 4.7. Этап 1.  
Сформированный под резьбу  
цилиндрический стержень

*Этап 2.* Нарезается фаска  $Z \times 45^\circ$  (рис. 4.8), затем нарезается резьба метрическая  $Md_1 \times P_1$ . Длина резьбовой части —  $L_{01}$  (рис. 4.9).

Всю последовательность действий на этапах 1, 2 отобразим на чертеже (рис. 4.10).

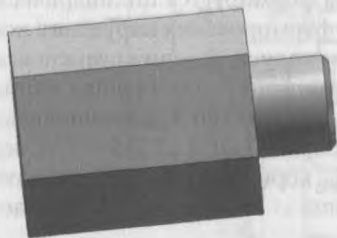


Рис. 4.8. Этап 2.  
Нарезанная фаска

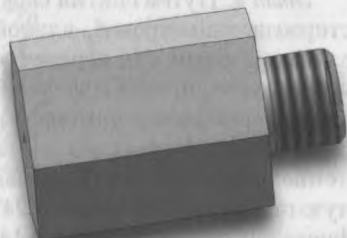


Рис. 4.9. Этап 2. Нарезанная  
резьба метрическая  $Md_1 \times P_1$

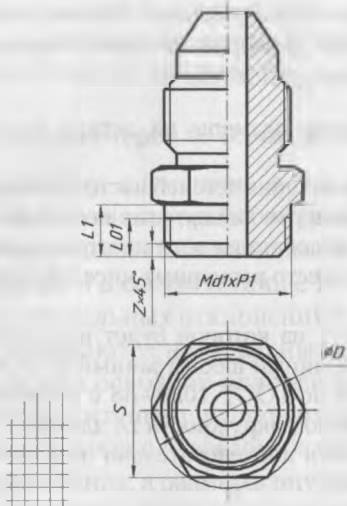


Рис. 4.10. Нанесение размеров на эскиз детали типа «Штуцер» (этапы 1, 2)

Этап 3. Меняется торец обрабатываемой детали (рис. 4.11). Путем снятия слоя металла формируется цилиндрический стержень диаметром  $d_2$ , длиной  $L_2$  под резьбу  $Md_2 \times P_2$  (рис. 4.12).

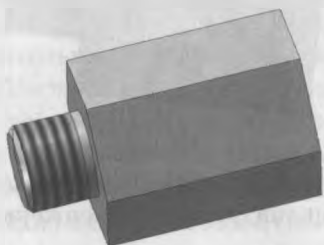


Рис. 4.11. Этап 3. Заготовка

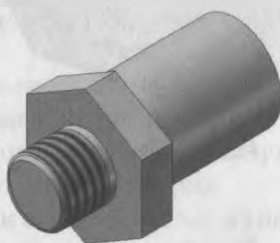


Рис. 4.12. Этап 3. Сформированный под резьбу цилиндрический стержень

Этап 4. Путем снятия слоя металла формируется цилиндрический стержень диаметром  $d_3$ , длиной  $L_3$  для формирования наружного конуса параметрами:  $d_4$  — верхнее основание конуса;  $d_3$  — нижнее основание конуса; угол, предназначенный для герметичного соединения ниппеля с трубопроводом с помощью накидной гайки (штуцерно-нипельное соединение). Угол ниппеля стандартизован (ГОСТ 22525–77 «Соединение трубопроводов. Резьбовые концы корпусных деталей под накидную гайку»): внутренний —  $24^\circ$ , внешний —  $74^\circ$  (рис. 4.13). Нарезается фаска под резьбу  $45^\circ$  (рис. 4.14).

Этап 5. Нарезаем проточку высотой  $H$ , диаметром  $dH$ , а также фаску  $45^\circ$  (рис. 4.15) и резьбу. Для удобства надевания гаечного ключа на



Рис. 4.13. Этап 4. Сформированный наружный конус



Рис. 4.14. Этап 4. Нарезанная фаска

шестигранную призму с двух сторон снимаются фаски под углом от 10 до 30°. Диаметр фаски  $D_f = (0,9 \div 0,95)S$ , где  $S$  — размер «под ключ».

Этап 6. Завершается работа формированием внутреннего сквозного отверстия диаметром  $d_{отв}$  (рис. 4.16).

Результат протановки размеров изображен на рис. 4.17.

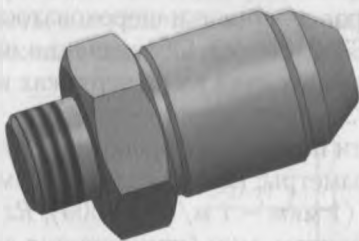


Рис. 4.15. Этап 5. Нарезанные проточка и фаска

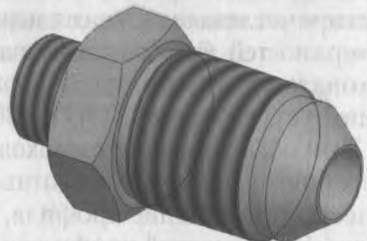


Рис. 4.16. Этап 6. Формирование внутреннего сквозного отверстия

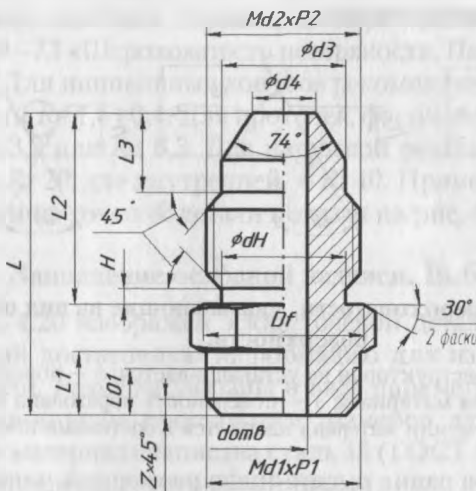


Рис. 4.17. Результат нанесения размеров на эскиз детали типа «Штуцер»

Рабочий чертеж детали может содержать технические требования, предъявляемые к изготовлению детали. Например:

1. Острые кромки округлить,  $R... \text{ мм}$ .
2. Покрытие поверхности...
3. Неуказанные углы  $45^\circ$ .
4. Неуказанные радиусы  $1-2 \text{ мм}$ .
5. \*Размеры для справок.
6. Маркировать...

### 4.3.3. Нанесение знаков шероховатости на чертеже (эскизе) детали

Под *шероховатостью поверхности* подразумевают числовую характеристику величины микронеровностей реальной поверхности, определяющую ее отклонение от идеально гладкой поверхности. Номенклатура параметров, типы направлений неровностей поверхности и числовые значения параметров для оценки шероховатости поверхностей устанавливаются ГОСТ 2789–73. Обозначения шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий устанавливает ГОСТ 2.309–73.

При нормировании шероховатости поверхности рекомендуется применять следующие высотные параметры:  $Ra$  – среднее арифметическое отклонение профиля, мкм ( $1 \text{ мкм} = 1 \text{ м}/1\,000\,000$ );  $Rz$  – высота неровностей профиля по 10 точкам, мкм (применяется для резьбы).

Знаки шероховатости, представленные на рис. 4.18, указывают на вид обработки поверхности.

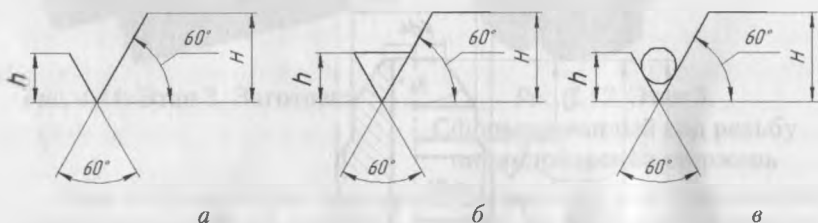


Рис. 4.18. Знаки шероховатости, указывающие на вид обработки поверхности:

*a* – вид обработки конструктором не устанавливается; *б* – поверхность образована удалением слоя материала; *в* – поверхность образована без удаления слоя материала, или материал находится в состоянии поставки

Высота  $h$  знаков равна высоте цифр размерных чисел чертежа. Высота  $H$  составляет  $(1,5 \div 3)h$ . Толщина линий знаков равна половине толщины линии видимого контура ( $S/2$ ).

## Правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах

1. Знаки шероховатости поверхностей располагают на линиях видимого контура, на выносных линиях (ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. При недостатке места допускается располагать знаки на размерных линиях или на их продолжениях и на месте разрыва выносной линии.

*Примечание.* Знаки шероховатости резьбы располагаются только на размерных линиях (рис. 4.20).

2. Острие знака всегда направлено к обрабатываемой поверхности.

3. Если все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, обозначение ее проставляют только в правом верхнем углу чертежа (рис. 4.19, а).

4. Если часть поверхности детали имеет одинаковую шероховатость, а остальные параметры шероховатости указаны на чертеже, обозначение проставляют, как показано на рис. 4.19, б.

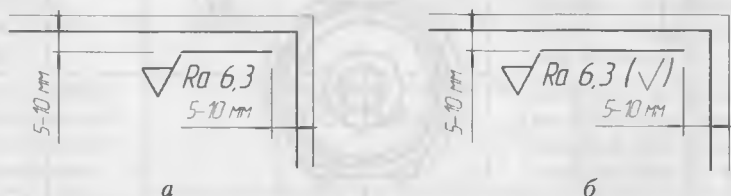


Рис. 4.19. Обозначение шероховатости поверхностей

Числовые значения параметров шероховатости устанавливает ГОСТ 2789–73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики». Для ниппельных конусов рекомендуется шероховатость поверхности  $Ra 1,6 \div 0,4$ . Для проточек, фасок, нерабочих поверхностей —  $Ra 3,2$  или  $Ra 6,3$ . Для наружной резьбы предпочтительно указывать  $Rz 20$ , для внутренней —  $Rz 40$ . Пример обозначения шероховатости на точеной детали показан на рис. 4.20.

### 4.3.4. Заполнение основной надписи. Выбор материала

На рис. 4.20 изображен эскиз точеной детали типа «Штуцер», содержащий достаточную информацию для изготовления и контроля детали. Размеры указаны в виде параметров и отвечают основным принципам простановки размеров для точеной детали. В качестве материала записана сталь 45 (ГОСТ 1050–2013), из которой изготовлен шестигранный прокат.

Требования к материалу, из которого должна быть изготовлена деталь, указывают на рабочем чертеже детали в графе «Материал»

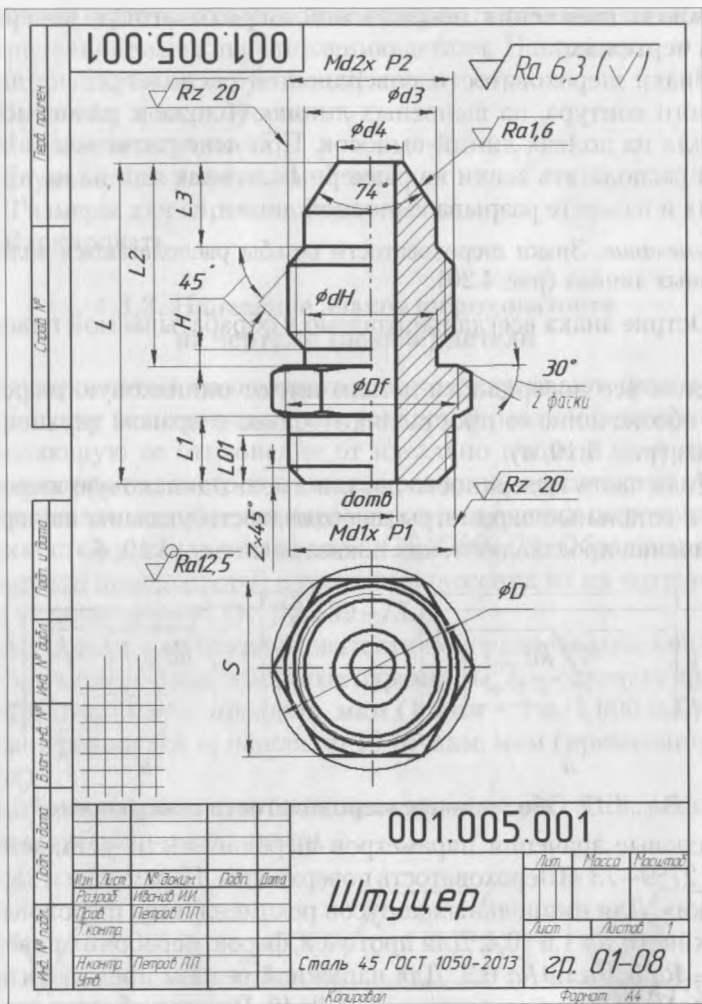


Рис. 4.20. Эскиз точеной детали типа «Штуцер»

основной надписи. Краткие сведения по выбору материалов, применяемых в учебном процессе, приведены в табл. 4.1 и 4.2.

**Сортаментные материалы.** Сортамент — вид, сорт, тип, размер каких-либо однородных изделий, вырабатываемых в том или ином производстве.

При применении сортаментного материала (лист, круг, труба, шестигранник и т.д.) условное обозначение должно содержать наименование сортамента и дробь, в числителе которой указывают параметры сортамента и ГОСТ на сортамент, а в знаменателе — марку и ГОСТ материала.

## Металлы

Материал, ГОСТ	Марка	Обозначение на чертеже	Область применения
Отливки из серого чугуна, ГОСТ 1412–85	СЧ10	СЧ10 ГОСТ 1412–85	Неответственное литье (крышки, патрубки, кронштейны и т.п.)
	СЧ15 СЧ18 СЧ20 СЧ25 СЧ35	СЧ 15 ГОСТ 1412–85	Корпуса больших подшипников, зубчатые и червячные колеса, втулки, подставки, шкивы, основания станков
Отливки из ковкого чугуна, ГОСТ 1215–79	КЧ 35–10	КЧ 35–10 ГОСТ 1215–79	Части арматуры, соединительные части труб
Сталь углеродистая обыкновенного качества, ГОСТ 380–2005	Ст2 Ст3 Ст4 Ст5 Ст6	Ст2 ГОСТ 380–2005	Детали, работающие с малой нагрузкой, без трения (кожухи, крышки, прокладки, неответственные крепежные изделия)
Сталь углеродистая качественная конструкционная, ГОСТ 1050–2013	10 15	Сталь 15 ГОСТ 1050–2013	Детали, подвергающиеся трению при малых напряжениях (оси, валики, пальцы и т.п.)
	25 30	Сталь 25 ГОСТ 1050–2013	Неответственные поковки, приводные валы, поршни, оси, штоки, зубчатые колеса
	40 45 50	Сталь 45 ГОСТ 1050–2013	Ответственные поковки, коленчатые валы, поршни, рукоятки, штуцеры, угольники
Сталь легированная конструкционная, ГОСТ 4543–71	30ХГСА Х18Н10Т 20ХН	Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543–71	Кулачковые муфты, коленчатые валы, конические зубчатые колеса
Литейные алюминиевые сплавы, ГОСТ 1583–93	АЛ1 АЛ2	АЛ1 ГОСТ 1583–93	Фасонные отливки (маховики)
	АЛ9	АЛ9 ГОСТ 1583–93	Отливки сложных форм деталей
Алюминиевые деформируемые сплавы, ГОСТ 4784–75	Д16	Д16 ГОСТ 4784–75	Штамповка высокопрочных и легких материалов

## Уплотнительные материалы

Материал, ГОСТ	Марка	Обозначение на чертеже	Область применения
Пластины резиновые, ГОСТ 7338–90	ТМКЩ	Пластина I-ТМКЩ ГОСТ 7338–90	Неответственное литье (крышки, патрубки, кронштейны и т.п.)
Войлок технический полугрубошерстный, ГОСТ 6308–71	ПС-10	ПС 10 ГОСТ 6308–71	Сальниковые уплотнения

Приведем примеры условного обозначения сортаментного материала.

**Листовой горячекатаный прокат из углеродистой стали обыкновенного качества** (ГОСТ 14637–89) толщиной от 4 до 160 мм, в частности 4,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0 (мм) и т.д. Стандарт на сортамент – ГОСТ 19903–74.

*Пример условного обозначения* листа толщиной 4 мм, выполненного из стали Ст3:

$$\text{Лист} \frac{4 \text{ ГОСТ } 19903-75}{\text{Ст3 ГОСТ } 14637-89}$$

**Листы из алюминия**

*Пример условного обозначения* листа из алюминия марки АД1, без термической обработки, толщиной 5 мм (стандартная толщина – от 5 до 10,5 мм), шириной 1000 мм, длиной 2000 мм, нормальной точности изготовления, обычной отделки поверхности:

$$\text{Лист АД1 } 5 \times 1000 \times 2000 \text{ ГОСТ } 21631-76.$$

**Трубы стальные бесшовные горячедеформированные** по ГОСТ 8732–78 из качественной углеродистой и низколегированной стали 10, 20, 09Г2С и других марок. Размерный ряд определяется по наружному диаметру и толщине стенки, в частности: наружный диаметр трубы – 25; 28; 32; 38; 42; 45; 50; 54; 57 (мм); толщина стенки трубы – 2,5; 2,8; 3; 3,5; 4; 6; 7; 8 (мм).

*Пример условного обозначения* трубы с наружным диаметром 45 мм, толщиной стенки 3 мм, длиной, кратной 1250 мм, обычной точности изготовления, из стали марки 10, ГОСТ 8731–74:

$$\text{Труба} \frac{45 \times 3 \text{ ГОСТ } 8732-78}{10 \text{ ГОСТ } 8731-74}$$

**Прокат калиброванный шестигранный** по ГОСТ 8560–78. Стандарт распространяется на шестигранное сечение (размер «под ключ») размером от 3 до 100 мм.

*Пример условного обозначения* шестигранника диаметром вписанного круга 46 мм по ГОСТ 8560–78, выполненного из стали 45 по ГОСТ 1050–2013:

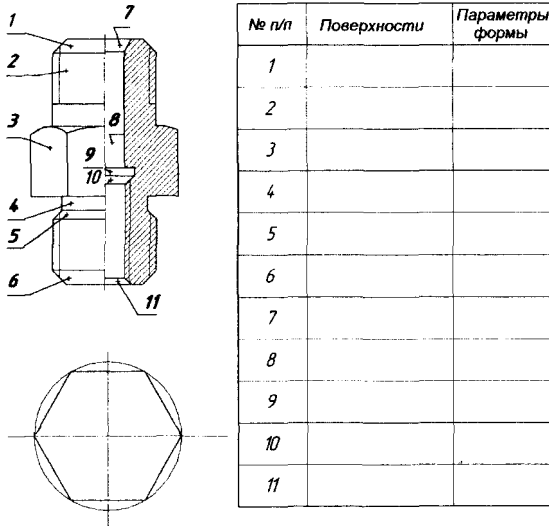
$$\text{Шестигранник} \frac{46 \text{ ГОСТ } 8560-78}{45 \text{ ГОСТ } 1050-2013}$$

## Вопросы и задания для самоконтроля

- 4.1. Дайте определение понятию «деталь».
- 4.2. Какой конструкторский документ является основным для деталей?
- 4.3. Чем отличается эскиз детали от чертежа?
- 4.4. Какую информацию несет чертеж (эскиз) детали?
- 4.5. Какой конструктивный элемент является основным в детали типа «штуцер»?
- 4.6. К какому типу соединения относится резьбовое соединение?
- 4.7. Что такое шероховатость поверхностей?
- 4.8. В каких единицах задается шероховатость?
- 4.9. Какие параметры применяются для обозначения шероховатости поверхности?
- 4.10. Какие знаки шероховатости применяются для поверхности в зависимости от способа ее получения?
- 4.11. Укажите размеры знаков шероховатости.
- 4.12. Приведите примеры значения параметров шероховатости:
  - а) для конических поверхностей ниппельных соединений;
  - б) опорных плоскостей корпусов, крышек;
  - в) свободных поверхностей (проточки, фаски, нетрущиеся поверхности);
  - г) шестигранников и других элементов с плоскими гранями.
- 4.13. Назовите рекомендуемые значения параметров шероховатости для наружной и внутренней резьбы.
- 4.14. Каково правило расположения знаков шероховатости на изображениях детали? Как и где указывается шероховатость, одинаковая для всех поверхностей детали?
- 4.15. Какие знаки шероховатости указываются при наличии поверхностей с шероховатостью, отличной от общего указания?
- 4.16. Где на чертеже указывается материал детали?
- 4.17. Приведите примеры записи материала при изготовлении детали:
  - а) из стали;
  - б) алюминия;
  - в) сортаментного материала (труба, шестигранник, лист).
- 4.18. Где на чертеже указываются технические требования? Приведите примеры технических требований для деталей.

## Упражнения

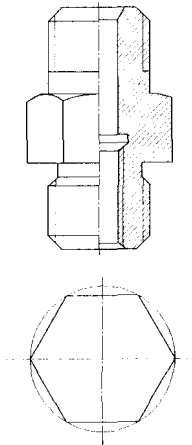
**Упражнение 4.1.** На рис. 4.21 изображена деталь типа «Штуцер».



**Рис. 4.21. К упражнению 4.1**

Укажите, из каких геометрических форм состоит деталь. Укажите геометрические параметры формы и номера технологических элементов: фаски; проточки; внутренний конус ниппельного соединения. Дорисуйте горизонтальное изображение.

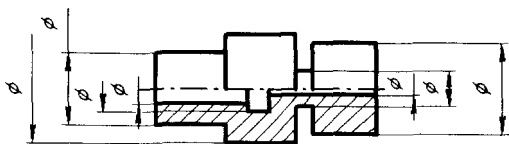
**Упражнение 4.2.** На рис. 4.22 изображена деталь типа «Штуцер». Дорисуйте горизонтальное изображение. Нанесите размерные линии. Проставьте знаки шероховатости.



**Рис. 4.22. К упражнению 4.2**

**Упражнение 4.3.** Проставьте линейные размеры на детали типа «Валик» (рис. 4.23), руководствуясь правилом:

- размеры для внешнего контура следует проставлять со стороны вида; длина той части детали, которая имеет максимальный диаметр, является свободным размером;



*Рис. 4.23. К упражнению 4.3*

- размеры для внутреннего контура следует проставлять со стороны разреза; длина той части детали, которая имеет минимальный диаметр, является свободным размером.

## 4.4. Разработка сборочных чертежей

### 4.4.1. Содержание сборочных чертежей, изображение, нанесение размеров

**Сборочный чертеж.** В соответствии с ГОСТ 2.109–73 «Основные требования к чертежам» количество сборочных чертежей должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий. При необходимости на сборочных чертежах приводят данные о работе изделия и о взаимодействии его частей.

Сборочный чертеж должен содержать следующую информацию:

- 1) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;
- 2) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- 3) номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- 4) габаритные размеры изделия;
- 5) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- 6) технические требования (при необходимости).

Сборочные чертежи следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандарта Единой системы конструкторской документации. Допускается не изображать фаски, скругления, проточки и другие мелкие элементы, а также зазоры между стержнем и отверстием. На сборочном чертеже гай-

ки, шайбы, а также монолитные изделия (болты, винты, шпонки, шпильки, шарiki и т.д.) показывают нерассеченными.

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

**Сборочные единицы** по способу их соединения могут быть разъемными и неразъемными (см. гл. 3). *Разъемными* называются такие *сборочные единицы*, которые можно неоднократно собирать и разбирать, не нарушая при этом целостность отдельных деталей. К разъемным сборочным единицам относятся изделия, соединенные между собой по резьбе или с помощью крепежных деталей.

*Неразъемными* называются такие *сборочные единицы*, которые собираются один раз и в дальнейшем не могут быть разобраны без нарушения целостности входящих в них деталей. Это могут быть сборочные единицы, полученные с помощью сварки, пайки, склеивания и т.п.

*Простейшая сборочная единица* — это *сборочная единица*, которая не содержит внутри себя других сборочных единиц и состоит только из деталей.

#### 4.4.2. Спецификация

Все изделия делятся на специфицированные и неспецифицированные. К специфицированным изделиям, т.е. требующим выпуск спецификации, относятся сборочные единицы, комплексы, комплекты. К неспецифицированным изделиям относятся детали, изготовленные из однородного по наименованию и марке материала.

*Спецификация* является основным текстовым конструкторским документом сборочной единицы, комплекса, комплекта, необходимым для изготовления и комплектования конструкторских документов, а также для планирования запуска в производство указанных изделий. Спецификация содержит информацию обо всех документах и составных частях данного изделия. Она должна быть представлена в форме таблицы, содержание которой определено ГОСТ 2.106—96 «Текстовые документы» (рис. 4.24 — форма 1, рис. 4.25 — форма 1а).





разрабатываются. Записываются стандартные изделия в следующем порядке:

- 1) межгосударственные (международные);
- 2) государственные (национальные);
- 3) отраслевые;
- 4) стандарты предприятий.

В пределах каждой категории стандартов запись рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия и т.п.). В пределах каждой группы запись выполняют в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия. Для записи изделий по одному стандарту наименование стандартного изделия и стандарт допускается записывать в виде заголовка, ниже которого указываются параметры и размеры в порядке возрастания.

*Прочие изделия* — изделия, примененные не по стандартам, а по техническим условиям.

*Материалы* — все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие, за исключением лаков, красок, припоев, которые указываются в технических требованиях.

**Графы спецификации** заполняют следующим образом.

**Графа «Формат».** В данной графе указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе «Обозначение». Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе «Формат» указывают «БЧ». Для документов, записанных в разделе «Стандартные изделия» и «Материалы», графу «Формат» не заполняют.

**Графа «Зона».** В этой графе указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части.

**Графа «Поз.».** Здесь указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификации.

**Графа «Кол.».** В данной графе указывают количество изделий на одно специфицируемое изделие.

**Графа «Примечание».** В этой графе указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, материалам и документам. Например, для деталей, на которые не выпущены чертежи, записывают массу.

Заполнение основной надписи выполняется по ГОСТ 2.104–2006 (см. гл. 1).

### 4.4.3. Схема деления изделия на составные части

Схема деления изделия на составные части — это вспомогательный графический конструкторский документ, определяющий состав изделия и взаимосвязь входящих в него элементов. Правила выполнения этого документа устанавливает ГОСТ 2.711—82. Схему деления разрабатывают начиная со стадии технического проекта (эскизного проекта) и обозначают кодом Е1.

Схему деления размещают на отдельном листе. Формат выбирается согласно ГОСТ 2.301—68 «Форматы».

Условные графические изображения изделий и их составных частей представлены на рис. 4.26.

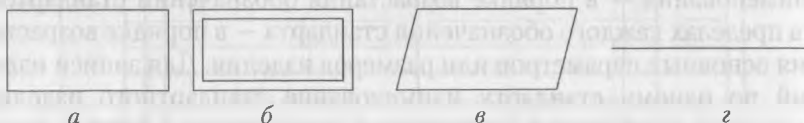


Рис. 4.26. Условные графические изображения изделий и их составных частей:

*a* — для вновь разрабатываемых изделий; *b* — для покупных изделий;  
*v* — для заимствованных изделий; *z* — для материалов

Рамка внутри четырехугольников делится на две части. В верхней части записывают обозначение детали или сборочной единицы, в нижней — ее наименование. Для стандартных изделий верхняя часть рамки не заполняется, в нижней записывается обозначение согласно стандарту (рис. 4.27). Графические изображения соединя-

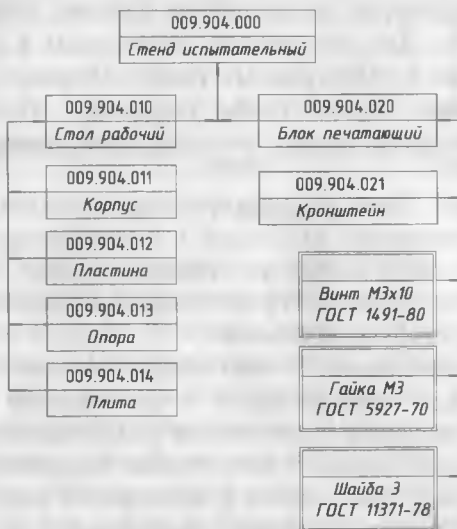


Рис. 4.27. Пример схемы деления изделия

ются между собой линиями со стрелками таким образом, чтобы была наглядно видна взаимосвязь отдельных частей. Размеры графических изображений зависят от текста, помещаемого в них. Условные графические изображения и линии связи выполняются сплошными тонкими линиями. Надписи выполняют чертежным шрифтом размером 5 или 7 мм. Обозначение указывают прямым шрифтом, наименование — наклонным. Пример схемы деления представлен на рис. 4.27.

**Пример 4.3.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Патрубок» (рис. 4.28), изображенной в изометрии (см. гл. 2). Используя по изометрическим осям ( $120^\circ$ ) приведенный коэффициент искажения 1, произведите измерение размеров деталей. Соединение деталей выполнено дуговой сваркой в среде защитного газа (ГОСТ 14771–76). Катет сварного шва<sup>1</sup> равен 3 мм.

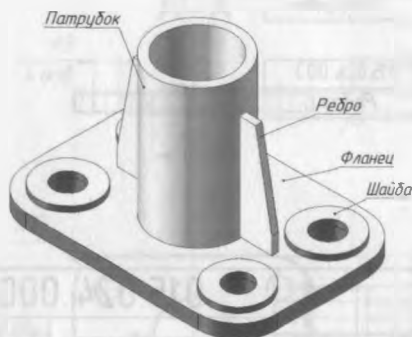


Рис. 4.28. Патрубок

*Решение.* Изделие (сборочная единица «Патрубок») состоит из трех оригинальных деталей: фланца, патрубка и ребра (2 шт.), требующих разработки чертежей, и стандартного изделия — шайбы по ГОСТ 11371–78 (4 шт.).

Разработка комплекта конструкторской документации предполагает следующий порядок действий.

*Этап 1.* Для определения состава изделия и установления взаимосвязи входящих в него элементов разрабатываем схему деления (рис. 4.29).

<sup>1</sup> Катетом сварного шва называется катет наибольшего равнобедренного треугольника, который возможно вписать в поперечное сечение. В случае сваривания заготовок, имеющих различную толщину металла, катет задается исходя из толщины металла более тонкой заготовки. Величина катета выбирается таким образом, чтобы он мог обеспечить максимальную прочность соединения заготовок. Однако необходимо иметь в виду, что слишком сильное увеличение катета сварного шва способно спровоцировать процесс деформации заготовки.

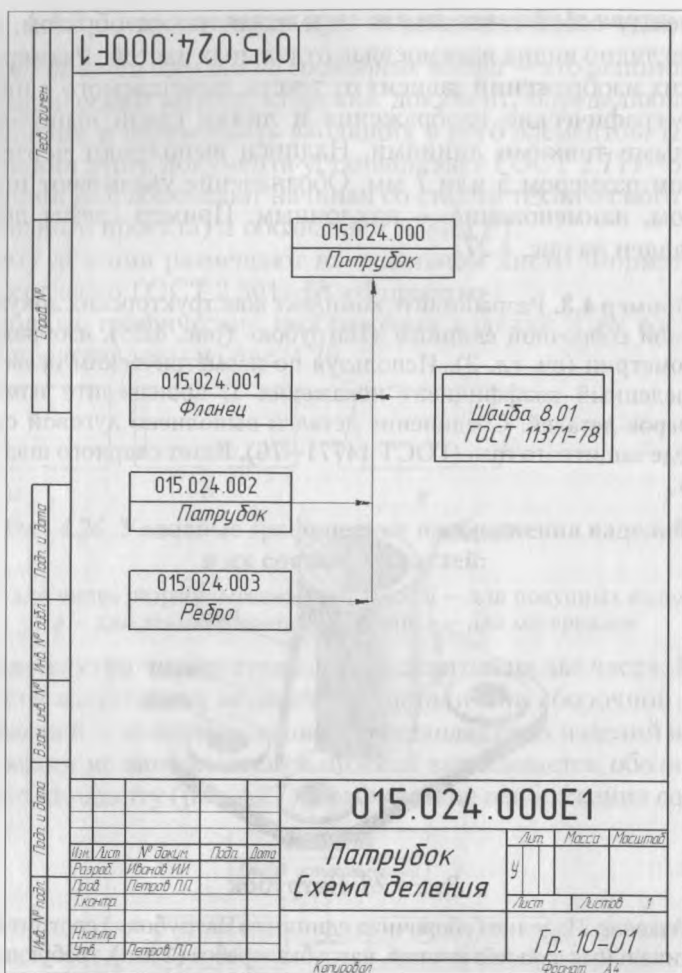


Рис. 4.29. Схема деления на изделие «Патрубок»

На учебных чертежах обозначение составляющих элементов, входящих в специфицированное изделие, принимаем сокращенное: XXX.XXX.XXX (девять символов). Например, первые три цифры (первый блок) будут обозначать следующее: 01 – номер специальности, 5 – номер выполняемой работы, а именно «Разработка конструкторской документации сборочной единицы» (015). Второй блок (три символа) обозначает номер выполняемого варианта, например 024. Последний блок (три символа) определяет признак изделия: 000 – основное изделие; 010, 020, 030 и т.д. (последняя цифра 0) – сборочные единицы, входящие в основное изделие. Номера деталей, не входящих в сборочные единицы, обозначаются так: 001, 002, ..., 009, ..., 011, 012 и т.д.

Таким образом, сборочная единица («Патрубок») будет иметь обозначение 015.024.000. Обозначение деталей следующее: 015.024.001 – «Фланец»; 015.024.002 – «Патрубок»; 015.024.003 – «Ребро».

Стандартному изделию «Шайба» обозначение не присваивается. Шайба выполняется по ГОСТ 11371–78 с внутренним диаметром 8 мм из материала группы 01 (углеродистая сталь марки 08, 08кп, 10, 10кп).

Конструкторский документ «Схема деления» имеет обозначение с кодом Е1, поэтому в основной надписи схемы деления окончательно запишем 015.024.000Е1.

Этап 2. Разрабатываем чертежи деталей для фланца (рис. 4.30), патрубка (рис. 4.31), ребра (рис. 4.32). Для этого выполняем изображения детали (необходимое и достаточное количество), наносим разме-

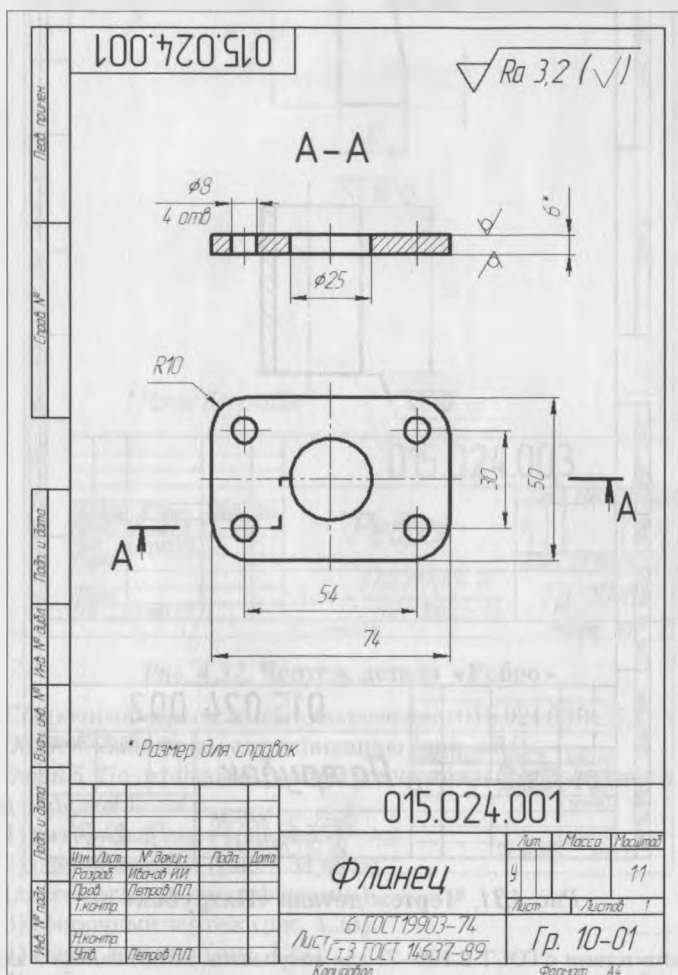


Рис. 4.30. Чертеж детали «Фланец»

ры, знаки шероховатости. Заполняем основную надпись (обозначение изделия, наименование, материал<sup>1</sup> (см. подпараграф 4.3.4) и т.д.).

*Этап 3.* Выполняем сборочный чертеж (рис. 4.33). Прежде всего необходимо выбрать изображение, на котором было бы наглядно показано, как одна деталь соединяется с другой, и были бы наиболее полно изображены сварные швы. В данном случае это фронтальное и горизонтальное изображения.

Указываем условные обозначения сварных швов. Затем проставляем габаритные размеры. Позиции деталей указываем после заполнения спецификации.

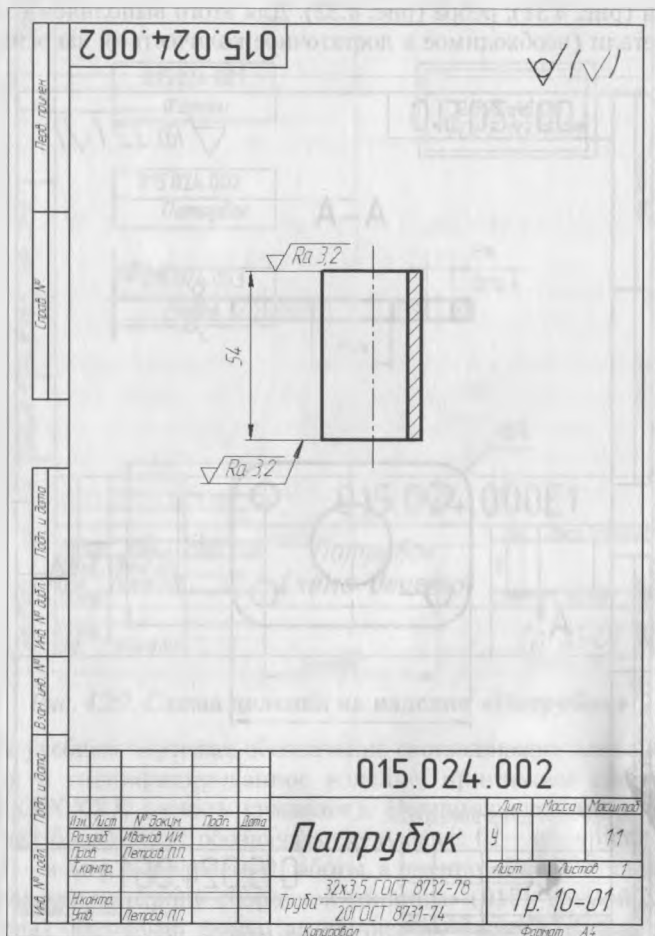


Рис. 4.31. Чертеж детали «Патрубок»

<sup>1</sup> В соответствии с ГОСТ 2.109—73 для документов, выполненных в электронном виде, в обозначении материала детали по стандарту на сортамент (рис. 4.30—4.32) допускается заменять горизонтальную черту на косую черту (/).

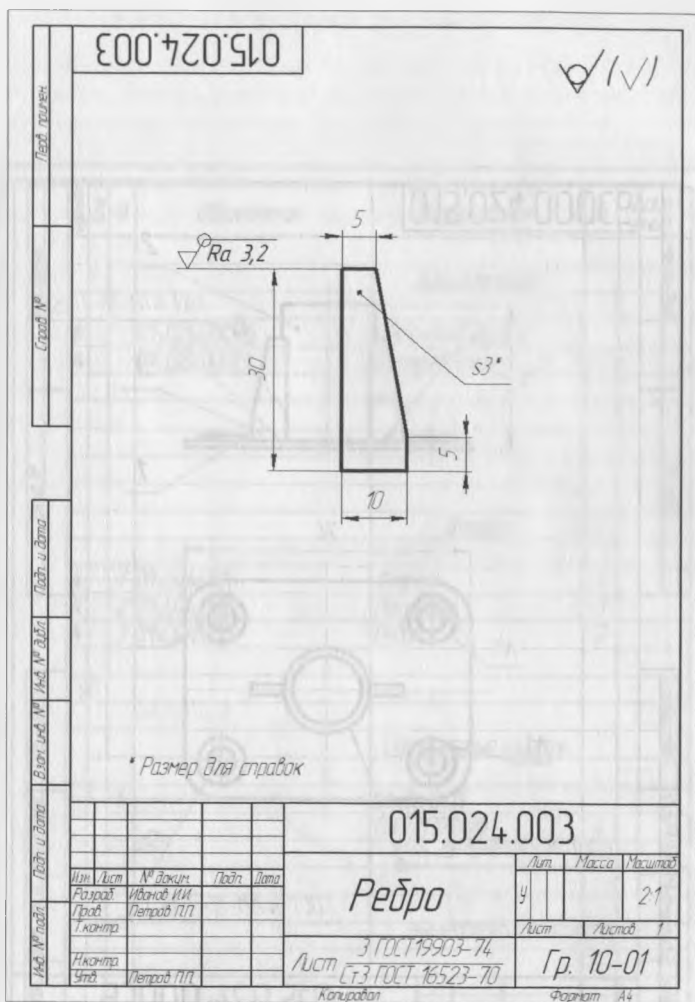


Рис. 4.32. Чертеж детали «Редра»

Сборочный чертеж имеет обозначение: 015.024.000СБ.

Этап 4. Заполняем спецификацию (рис. 4.34).

Этап 5. По окончании работы все чертежи брошюруются в следующем порядке:

- 1) титульный лист (рис. 4.35);
- 2) спецификация (рис. 4.34);  
(далее согласно спецификации)
- 3) сборочный чертеж (рис. 4.33);
- 4) схема деления (рис. 4.29);
- 5) рабочие чертежи деталей по возрастанию обозначения (рис. 4.30—4.32).

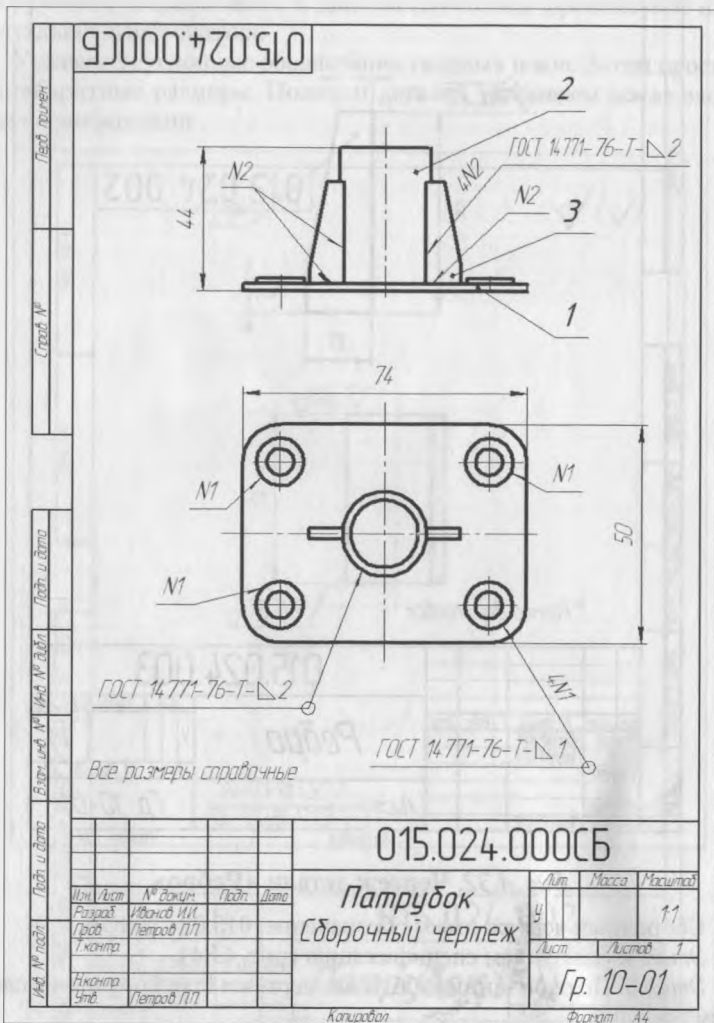


Рис. 4.33. Сборочный чертеж изделия «Патрубок»

Формат Зона Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
		Документация		
А4	015.024.000СБ	Сборочный чертеж		
А4	015.024.000Е1	Схема деления		
		Детали		
А4	1 015.024.001	Фланец	1	
А4	2 015.024.002	Патрубок	1	
А4	3 015.024.003	Ребра	2	
		Стандартные изделия		
	4	Шлифа 8.01 ГОСТ 11374-78	4	
015.024.000				
Имя Лист			Лист	
Размер			Лист	
Лист			Лист	
Исполнитель			Лист	
Чел			Лист	
<b>Патрубок</b>			<b>Гр. 10-01</b>	
Копировать			Формат А4	

Рис. 4.34. Спецификация

*Наименование учебного заведения (шрифт 5 с наклоном)*  
*Наименование кафедры*

*КД сварных сборочных единиц*  
*Вариант № (шрифт 7 с наклоном)*

*Студент группы \_\_\_\_\_ Иванов И.И.*

*Преподаватель \_\_\_\_\_ Петров И.И.*

*2016 г.*

*Рис. 4.35. Пример оформления титульного листа*

## Вопросы и задания для самоконтроля

- 4.19. Дайте определение сборочной единицы по ГОСТ 2.101—68.
- 4.20. Какую информацию содержит в себе сборочный чертеж?
- 4.21. Перечислите способы соединения деталей.
- 4.22. Какой документ является главным для сборочной единицы?
- 4.23. Каковы правила заполнения спецификации?
- 4.24. Что такое специфицированное изделие? Что такое неспецифицированное изделие?
- 4.25. Каково назначение схемы деления изделия на составные части?
- 4.26. Как обозначается схема деления изделия на составные части в основной надписи?
- 4.27. Какие графические формы применяются для обозначения изделий в схеме деления:
- а) для детали;
  - б) стандартного изделия;
  - в) материала?

## Упражнения

**Упражнение 4.4.** Выполните сборочный чертеж и оформите спецификацию для изделия «Кронштейн», изображенного на рис. 4.36.

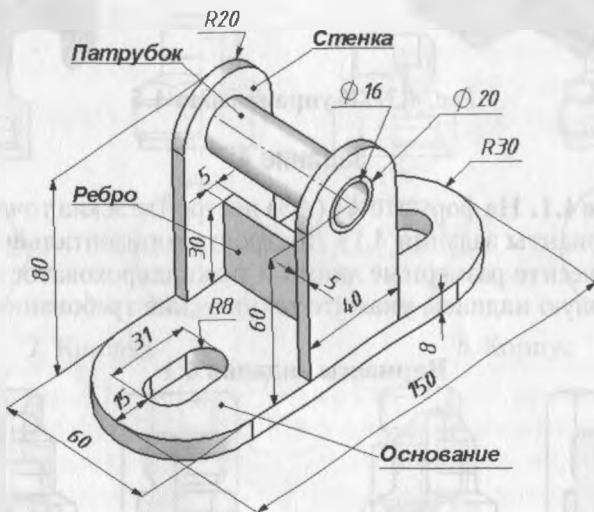


Рис. 4.36. К упражнению 4.4

**Упражнение 4.5.** Дана изометрическая проекция (1,22:1) сборочной единицы «Тройник» (рис. 4.37). Выполните эскизы деталей, входящих в состав сборочной единицы. Размеры определите по изометрической проекции. Оформите сборочный чертеж, схему деления и спецификацию.

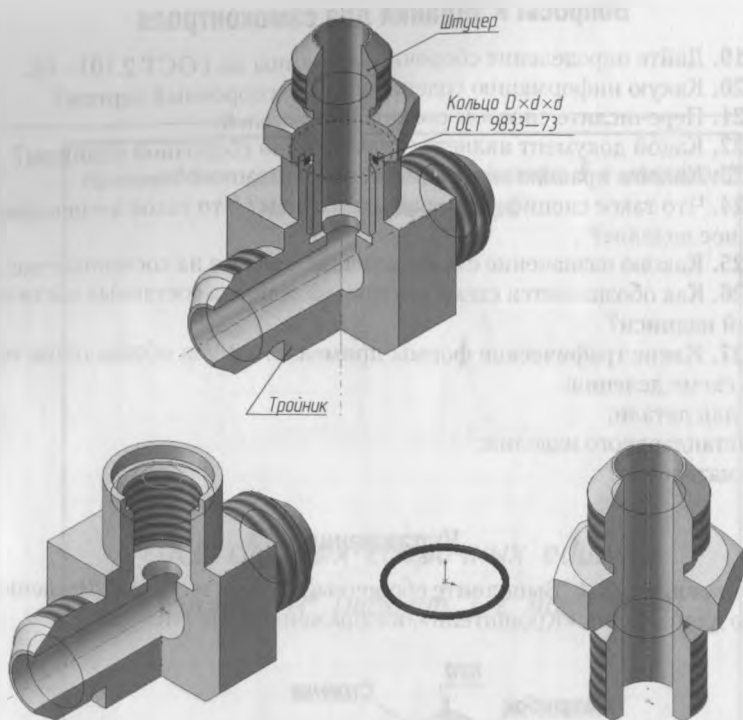
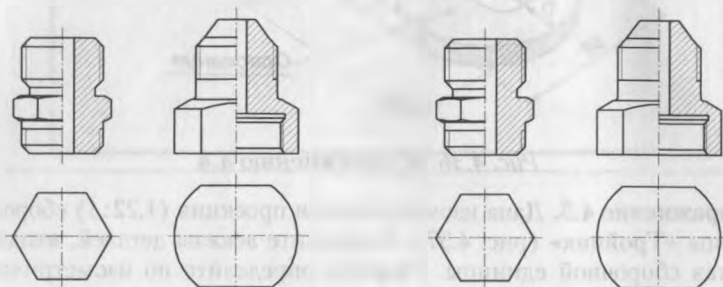


Рис. 4.37. К упражнению 4.5

### Задание 4

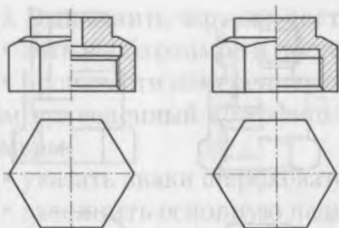
**Задание 4.1.** На формате А4 (А3) постройте эскиз точеной детали (см. варианты задания 4.1). Достройте горизонтальное изображение. Нанесите размерные линии и знаки шероховатости. Заполните основную надпись, укажите технические требования.

#### Варианты задания 4.1

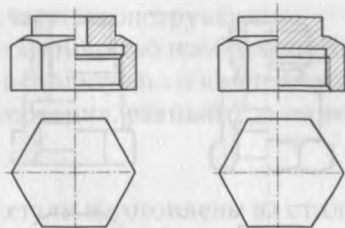


1. Переходник

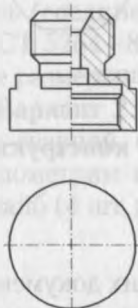
2. Крышка



3. Гайка накидная



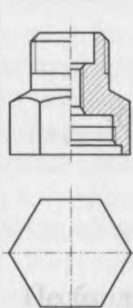
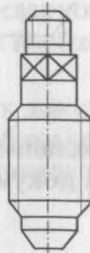
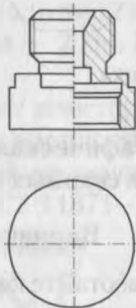
4. Заглушка



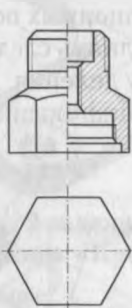
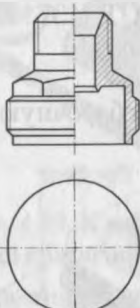
5. Крышка



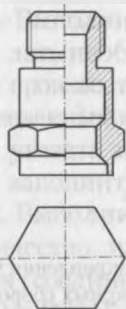
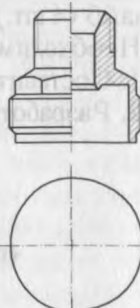
6. Затвор



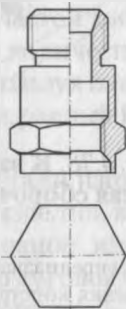
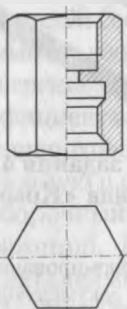
7. Крышка



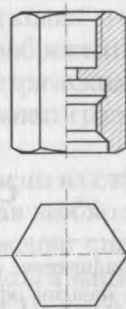
8. Корпус

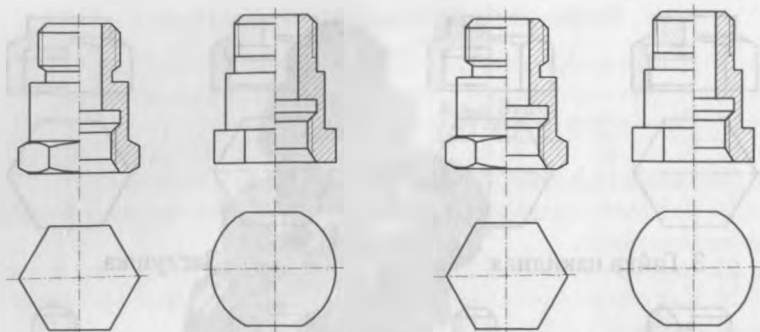


9. Крышка



10. Муфта





11. Крышка

12. Крышка

**Задание 4.2. Графическая работа «Разработка конструкторской документации сварных сборочных единиц»<sup>1</sup>**

### Варианты задания 4.2

**Вариант 1.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Крышка», изображенной в изометрии на рис. 4.38, состоящей из основания, крышки, ребер (4 шт.) и шайб (4 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.



**Рис. 4.38. К варианту 1 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Крышка»**

<sup>1</sup> Графические работы предназначены для формирования и закрепления у студентов навыков оформления конструкторской документации сварных сборочных единиц. Изделия, предложенные в качестве задания к данной графической работе, не имеют практического применения.

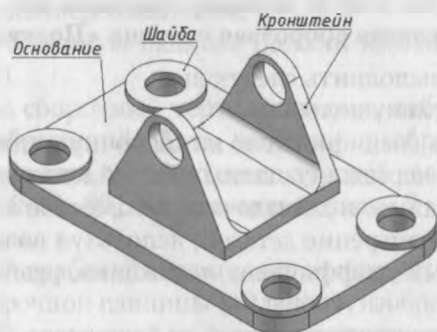
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:

- дать необходимое и достаточное количество изображений;
- произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;

- указать знаки шероховатости;
- заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264–80). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 2.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Кронштейн», изображенной в изометрии на рис. 4.39, состоящей из основания, кронштейна и шайб (4 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.

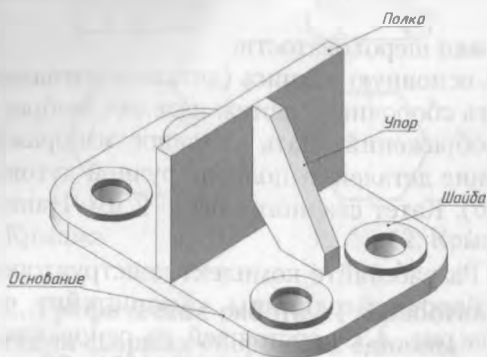


*Рис. 4.39. К варианту 2 задания 4.2.*  
**Сварная сборочная единица «Кронштейн»**

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:
  - дать необходимое и достаточное количество изображений;
  - произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;
  - указать знаки шероховатости;
  - заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).
4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено дуговой сваркой в защитном газе по ГОСТ 14771–76). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 3.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Полка», изображенной в изометрии на рис. 4.40, состоящей из основания, полки, упора и шайб (4 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.



**Рис. 4.40.** К варианту 3 задания 4.2.  
**Сварная сборочная единица «Полка»**

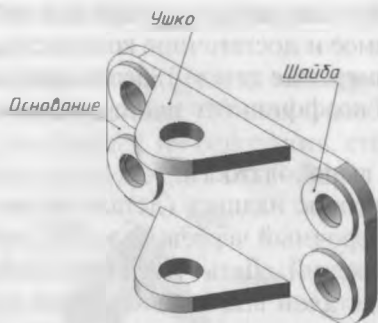
Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:
  - дать необходимое и достаточное количество изображений;
  - произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;
  - указать знаки шероховатости;
  - заполнить основную надпись (детали изготовлены из листового алюминия).
4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено дуговой сваркой в инертных газах по ГОСТ 14806–80). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 4.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Кронштейн», изображенной в изометрии на рис. 4.41, состоящей из основания, ушек (2 шт.) и шайб (4 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:
  - дать необходимое и достаточное количество изображений;



**Рис. 4.41. К варианту 4 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Кронштейн»**

• произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;

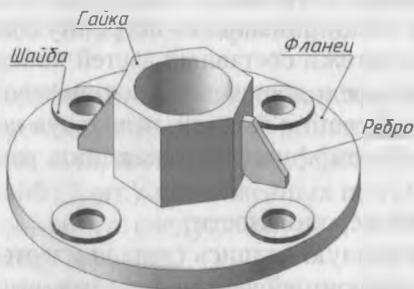
- указать знаки шероховатости;
- заполнить основную надпись (детали изготовлены из листового алюминия).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено дуговой сваркой в инертных газах по ГОСТ 14806—80). Катет сварного шва — 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 5.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Фланец», изображенной в изометрии на рис. 4.42, состоящей из фланца со сквозными отверстиями, гайки, ребер (2 шт.) и шайб (4 шт.), выполненных по ГОСТ 11371—78.

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.



**Рис. 4.42. К варианту 5 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Фланец»**

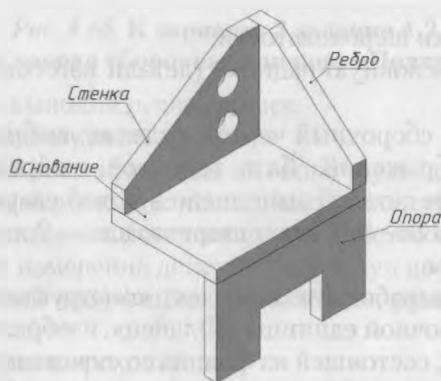
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:

- дать необходимое и достаточное количество изображений;
- произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;

- указать знаки шероховатости;
- заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264–80. Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 6.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Уголок», изображенной в изометрии на рис. 4.43, состоящей из основания, стенки, ребра, опоры.



**Рис. 4.43. К варианту 6 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Уголок»**

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:

- дать необходимое и достаточное количество изображений;
- произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;

- указать знаки шероховатости;
- заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено дуговой сваркой в защитном

газе по ГОСТ 14771–76. Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 7.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Уголок», изображенной в изометрии на рис. 4.44, состоящей из основания, стенки, ребер (2 шт.) и шайбы, выполненных по ГОСТ 11371–78.



**Рис. 4.44.** К варианту 7 задания 4.2.  
**Сварная сборочная единица «Уголок»**

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:
  - дать необходимое и достаточное количество изображений;
  - произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;
  - указать знаки шероховатости;
  - заполнить основную надпись (детали изготовлены из листового алюминия).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено дуговой сваркой в инертных газах по ГОСТ 14806–80). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 8.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Кронштейн», изображенной в изометрии на рис. 4.45, состоящей из основания, стенки (2 шт.), ребер (4 шт.) и шайб (2 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:
  - дать необходимое и достаточное количество изображений;

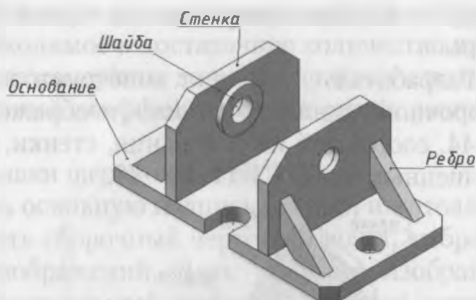


Рис. 4.45. К варианту 8 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Кронштейн»

- произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;

- указать знаки шероховатости;
- заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено дуговой сваркой в защитном газе по ГОСТ 14771—76). Катет сварного шва — 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 9.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Кронштейн», изображенной в изометрии на рис. 4.46, состоящей из основания со сквозными отверстиями под патрубки, ребра и шайб (2 шт.), выполненных по ГОСТ 11371—78.

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.

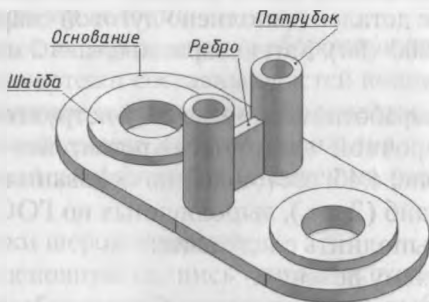


Рис. 4.46. К варианту 9 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Кронштейн»

3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:

- дать необходимое и достаточное количество изображений;
- произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;

- указать знаки шероховатости;

- заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264–80). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 10.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Кронштейн», изображенной в изометрии на рис. 4.47, состоящей из основания, стенок (2 шт.), ребра и шайб (2 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.

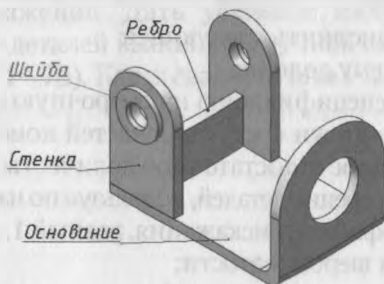


Рис. 4.47. К варианту 10 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Кронштейн»

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.

2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.

3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:

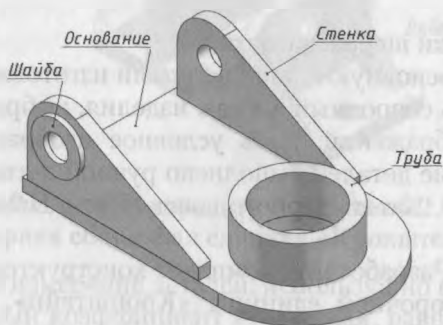
- дать необходимое и достаточное количество изображений;
- произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;

- указать знаки шероховатости;

- заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено дуговой сваркой в защитном газе по ГОСТ 14771–76). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 11.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Кронштейн», изображенной в изометрии на рис. 4.48, состоящей из основания, стенок (2 шт.), трубы и шайб (2 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.



**Рис. 4.48. К варианту 11 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Кронштейн»**

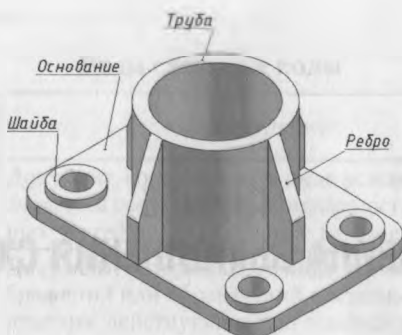
Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:
  - дать необходимое и достаточное количество изображений;
  - произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;
  - указать знаки шероховатости;
  - заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).
4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264–80). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

**Вариант 12.** Разработайте комплект конструкторских документов сварной сборочной единицы «Патрубок», изображенной в изометрии на рис. 4.49, состоящей из основания, трубы, ребер (4 шт.) и шайб (4 шт.), выполненных по ГОСТ 11371–78.

Необходимо выполнить следующее:

1. Составить схему деления.
2. Разработать спецификацию на сборочную единицу.
3. Выполнить чертежи составных частей конструкции:
  - дать необходимое и достаточное количество изображений;
  - произвести измерение деталей, используя по изометрическим осям приведенный коэффициент искажения, равный 1, и нанести размеры;



**Рис. 4.49. К варианту 12 задания 4.2.  
Сварная сборочная единица «Патрубок»**

- указать знаки шероховатости;
- заполнить основную надпись (детали изготовлены из стали).

4. Выполнить сборочный чертеж изделия, выбрав необходимое количество изображений. Дать условное изображение сварных швов (соединение деталей выполнено ручной сваркой в защитном газе по ГОСТ 14771–76). Катет сварного шва – 2 мм. Нанести необходимые размеры.

## Глава 5

# ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

---

В результате изучения данной главы студент должен:

### **знать**

- виды и типы схем;
- правила выполнения схем в соответствии с ЕСКД;

### **уметь**

- выполнять графическое изображение электрической схемы;
- оформлять необходимую конструкторскую документацию на электрическую схему;

### **владеть**

- теоретическими основами (правилами, методами) выполнения схем в соответствии с ЕСКД;
  - умениями и навыками выполнения электрических схем;
  - умениями и навыками оформления необходимой конструкторской документации на электрическую схему.
- 

## 5.1. Общие сведения

*Схема* — это документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. Виды и типы схем, общие требования к их выполнению и понятия о составных частях изделия и связях между ними устанавливает ГОСТ 2.701—2008.

*Вид схемы* — классификационная группировка схем, выделяемая по признакам принципа действия, состава изделия и связей между его основными частями. Некоторые виды схем и их коды представлены в табл. 5.1.

*Тип схемы* — классификационная группировка схем, выделяемая по признаку их основного назначения (табл. 5.2).

Код схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы (табл. 5.1), и цифровой части, определяющей тип схемы (см. табл. 5.2), например: ЭЗ — схема электрическая принципиальная; Г4 — схема гидравлическая соединений; Е1 — схема деления

## Виды схем и их коды

Вид схемы	Определение	Код вида схемы
Схема деления	Документ, содержащий в виде условных обозначений состав изделия, входимость составных частей, их назначение и взаимосвязи	Е
Схема электрическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи	Э
Схема гидравлическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие жидкость, и их взаимосвязи	Г
Схема пневматическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие воздух, и их взаимосвязи	П
Схема кинематическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений механические составные части и их взаимосвязи	К
Схема комбинированная	Документ, содержащий элементы и взаимосвязи различных видов схем одного типа	С

Таблица 5.2

## Типы схем и их коды

Тип схемы	Определение	Код типа схемы
Схема структурная	Документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи	1
Схема функциональная	Документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом	2
Схема принципиальная (полная)	Документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представление о принципах работы изделия	3
Схема соединений (монтажная)	Документ, показывающий соединения составных частей изделия и определяющий провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.)	4

Тип схемы	Определение	Код типа схемы
Схема подключения	Документ, показывающий внешние подключения изделия	5
Схема общая	Документ, определяющий составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации	6
Схема расположения	Документ, определяющий относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости, также жгутов (проводов, кабелей), трубопроводов, световодов и т.п.	7
Схема объединенная	Документ, содержащий элементы различных типов схем одного вида	0

структурная; Э4 — схема электрическая соединений; Э0 — схема электрическая соединений и подключения.

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301—68 и ГОСТ 2.004—88.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно.

При выполнении схем применяют следующие графические обозначения:

- условно-графические обозначения (УГО), установленные в стандартах ЕСКД, а также построенные на их основе;
- прямоугольники;
- упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями УГО должно быть не менее 1,0 мм. Расстояние между двумя соседними параллельными линиями взаимосвязи должно быть не менее 3,0 мм. Расстояние между отдельными УГО должно быть не менее 2,0 мм.

Рекомендуемая толщина линий взаимосвязи и УГО — от 0,3 до 0,4 мм.

Линии взаимосвязи должны иметь наименьшее количество изломов и пересечений.

Элементы, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь обозначения в соответствии со стандартами на правила выполнения конкретных видов схем.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как пра-

вило, над основной надписью. Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Перечень элементов в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4, основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104—2006 (формы 2 и 2а).

При выпуске перечня элементов в виде самостоятельного документа его код должен состоять из буквы «П» и кода схемы, к которой выпускают перечень.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

## 5.2. Правила выполнения электрических схем

*Электрическая принципиальная схема* — это схема, на которой изображены все электрические элементы, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, и все электрические связи между ними, а также электрические элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например схем соединений и чертежей. Их используют для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле, ремонте. Поэтому электрическая принципиальная схема должна быть максимально наглядной и удобной для чтения. Правила выполнения электрической принципиальной схемы определяются ГОСТ 2.702—2011.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном состоянии. Элементы изделия на схеме вычерчивают в виде условных графических изображений, установленных в стандартах ЕСКД. Размеры условных графических обозначений электрических элементов устанавливает ГОСТ 2.747—68 «Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений».

Буквенно-цифровые и условные графические обозначения, применяемые в электрических схемах, описаны в следующих нормативных документах:

- ГОСТ 2.709—89 «Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах»;
- ГОСТ 2.710—81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах»;
- ГОСТ 2.721—74 «Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения»;

- ГОСТ 2.723—68 «Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители»;
- ГОСТ 2.725—68 «Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие»;
- ГОСТ 2.726—68 «Обозначения условные графические в схемах. Токоъемники»;
- ГОСТ 2.727—68 «Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители»;

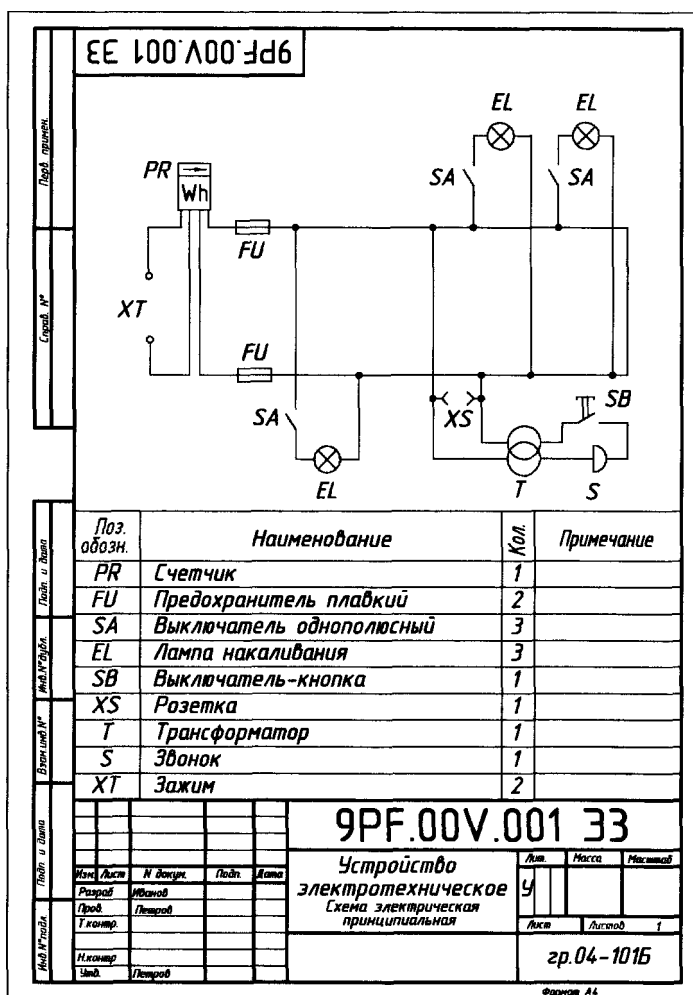


Рис. 5.1. Устройство электротехническое.  
Схема электрическая принципиальная

- ГОСТ 2.728–74 «Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы»;
- ГОСТ 2.729–68 «Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные»;
- ГОСТ 2.730–73 «Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые»;
- ГОСТ 2.735–68 «Обозначения условные графические в схемах. Антенны и радиостанции»;
- ГОСТ 2.736–68 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезотехнические и магнитострикционные; линии задержки»;

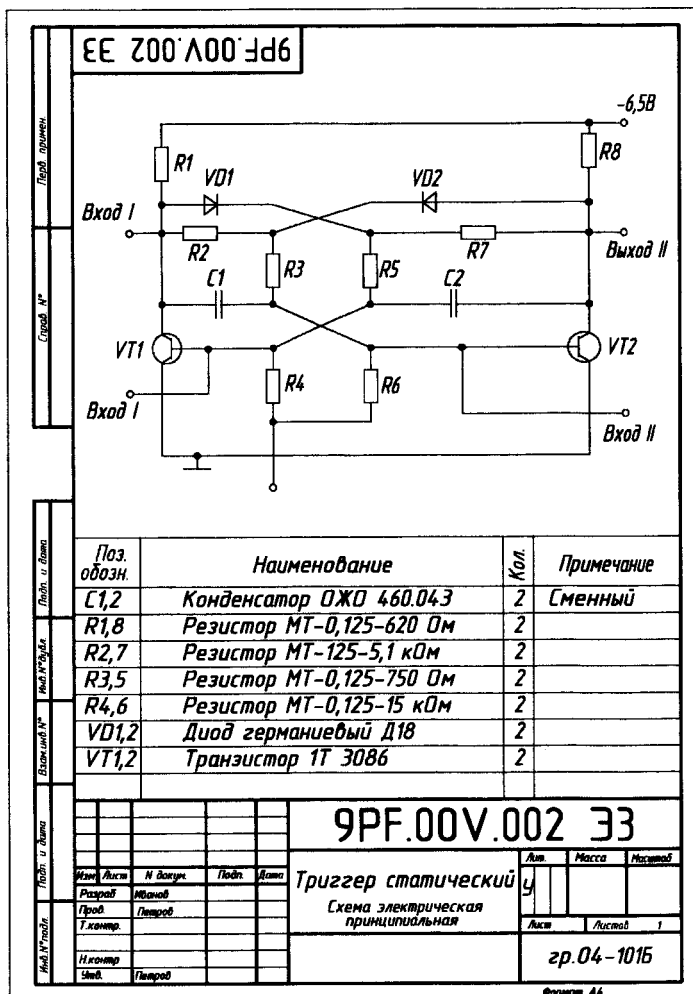


Рис. 5.2. Триггер статический. Схема электрическая принципиальная

- ГОСТ 2.737–68 «Обозначения условные графические в схемах. Устройства связи»;
- ГОСТ 2.739–68 «Обозначения условные графические в схемах. Аппараты, коммутаторы и станции коммутационные телефонные»;
- ГОСТ 2.741–68 «Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические»;
- ГОСТ 2.752–71 «Обозначения условные графические в схемах. Устройства телемеханики»;
- ГОСТ 2.755–87 «Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения».

Примеры выполнения схем электрических принципиальных приведены на рис. 5.1, 5.2.

## Вопросы и задания для самоконтроля

- 5.1. Что показывают на электрической схеме?
- 5.2. Поясните, какое основное назначение имеют следующие электрические схемы: структурные, принципиальные, схемы соединений (монтажные), схемы подключения.
- 5.3. Какова роль условных обозначений на схемах?
- 5.4. Чему равна толщина линий условных графических обозначений на электрических схемах?
- 5.5. Какой должна быть толщина линий электрических связей на электрических схемах?
- 5.6. Как показывается на схеме электрическая связь между пересекающимися линиями в местах их пересечения?

## Упражнения

**Упражнение 5.1.** Определите, к какому типу принадлежит электрическая схема, изображенная на рис. 5.3. Вычертите ее на формате А3 в клетку. Составьте перечень элементов к электрической схеме.

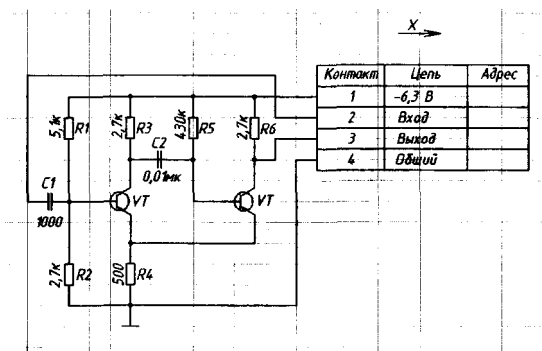
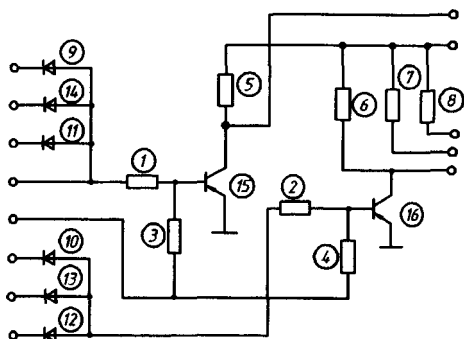


Рис. 5.3. К упражнению 5.1

**Упражнение 5.2.** На рис. 5.4 дана электрическая схема прибора «Сумматор сигналов». Сумматор сигналов широко используется в вычислительной технике, обработке сигналов, телевидении, электроакустике, средствах связи. Вычертите электрическую схему прибора, соблюдая размеры условных графических обозначений электрических элементов. Подпишите обозначения элементов.



**Рис. 5.4. Сумматор сигналов. Схема электрическая принципиальная:**  
 1, 2 – резистор МЛТ-0,25-1 кОм; 3, 4 – резистор МЛТ-0,25-5,6 кОм; 5, 6 – резистор МЛТ-0,25-10 кОм; 7, 8 – резистор МЛТ-0,5-820 Ом; 9–14 – диод КД102Б; 15, 16 – транзистор МП42А

## Задание 5

Дана принципиальная схема электрической цепи. Цифрами указано местонахождение электроприборов. На формате А4 начертите схему электрическую принципиальную, заменив цифры условными обозначениями электроприборов. Пример выполнения задания изображен на рис. 5.1. При заполнении основной надписи в графе «Обозначение документа» рекомендуется заменить *F* на номер факультета, а *V* – на номер варианта.

Варианты задания 5 представлены на рис. 5.5–5.14.

## Варианты задания 5

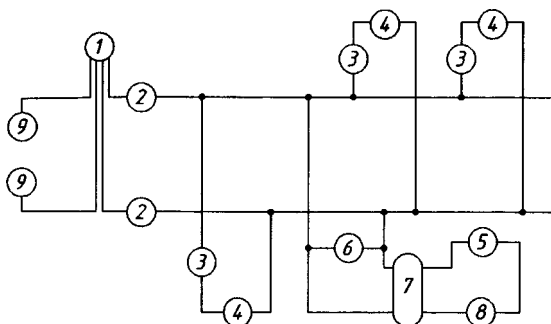


Рис. 5.5. Задание 5. Вариант 1. Схема электрическая принципиальная:

1 – счетчик; 2 – предохранитель плавкий; 3 – выключатель однополюсный; 4 – лампа накаливания; 5 – выключатель-кнопка; 6 – розетка; 7 – трансформатор; 8 – звонок; 9 – зажим

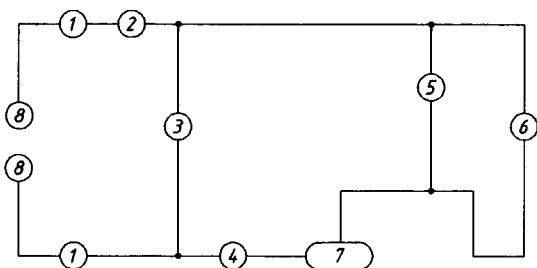


Рис. 5.6. Задание 5. Вариант 2. Схема электрическая принципиальная:

1 – предохранитель плавкий; 2 – амперметр; 3 – розетка; 4 – выключатель однополюсный; 5 – вольтметр; 6 – лампа накаливания; 7 – переменный резистор; 8 – зажим

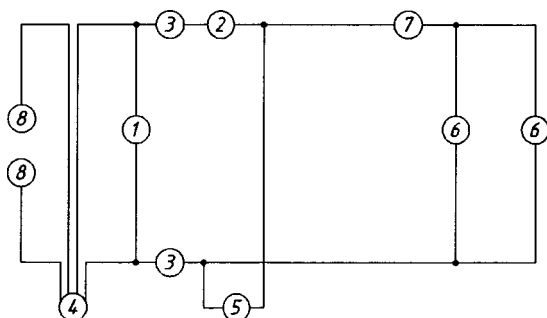
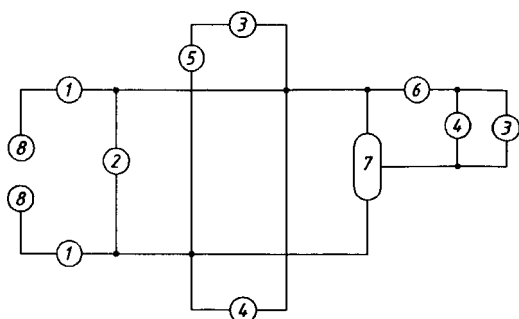


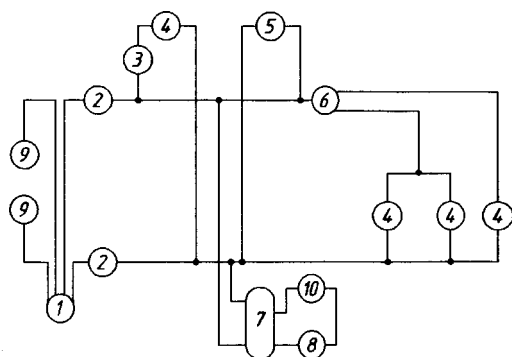
Рис. 5.7. Задание 5. Вариант 3. Схема электрическая принципиальная:

1 – вольтметр; 2 – амперметр; 3 – предохранитель; 4 – счетчик; 5 – розетка; 6 – лампа накаливания; 7 – выключатель однополюсный; 8 – зажим



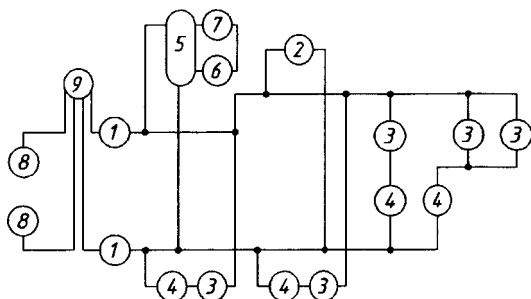
**Рис. 5.8. Задание 5. Вариант 4. Схема электрическая принципиальная:**

1 – предохранитель; 2 – вольтметр; 3 – лампа накаливания; 4 – розетка;  
5 – выключатель однополюсный; 6 – амперметр; 7 – переменный резистор;  
8 – зажим



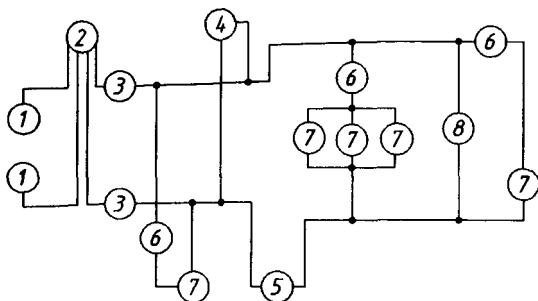
**Рис. 5.9. Задание 5. Вариант 5. Схема электрическая принципиальная:**

1 – счетчик; 2 – предохранитель; 3 – выключатель однополюсный; 4 – лампа накаливания; 5 – розетка; 6 – переключатель; 7 – трансформатор; 8 – звонок;  
9 – зажим; 10 – выключатель-кнопка

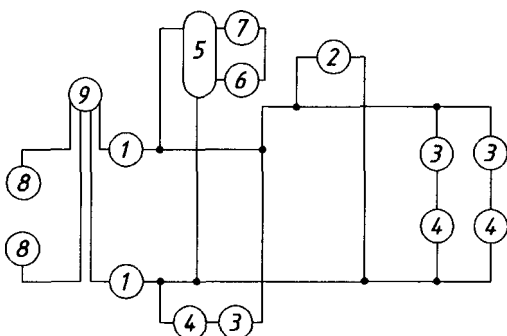


**Рис. 5.10. Задание 5. Вариант 6. Схема электрическая принципиальная:**

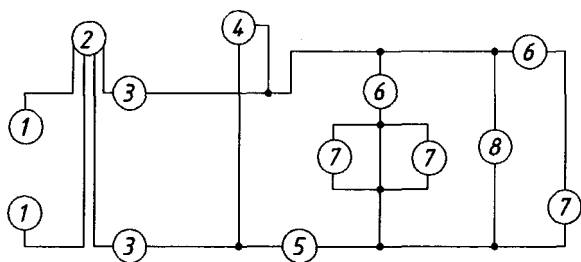
1 – предохранитель; 2 – розетка; 3 – лампа накаливания; 4 – выключатель однополюсный; 5 – трансформатор; 6 – звонок; 7 – выключатель-кнопка;  
8 – зажим; 9 – счетчик



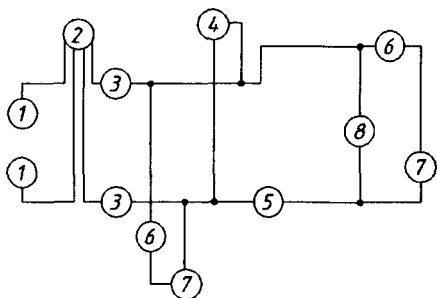
**Рис. 5.11. Задание 5. Вариант 7. Схема электрическая принципиальная:**  
 1 – зажим; 2 – счетчик; 3 – предохранитель плавкий; 4 – вольтметр; 5 – амперметр; 6 – выключатель однополюсный; 7 – лампа накаливания; 8 – розетка



**Рис. 5.12. Задание 5. Вариант 8. Схема электрическая принципиальная:**  
 1 – предохранитель; 2 – розетка; 3 – лампа накаливания; 4 – выключатель однополюсный; 5 – трансформатор; 6 – звонок; 7 – выключатель-кнопка; 8 – зажим; 9 – счетчик



**Рис. 5.13. Задание 5. Вариант 9. Схема электрическая принципиальная:**  
 1 – зажим; 2 – счетчик; 3 – предохранитель плавкий; 4 – вольтметр; 5 – амперметр; 6 – выключатель однополюсный; 7 – лампа накаливания; 8 – розетка



*Рис. 5.14. Задание 5. Вариант 10.*

**Схема электрическая принципиальная:**

1 — зажим; 2 — счетчик; 3 — предохранитель плавкий; 4 — вольтметр; 5 — амперметр; 6 — выключатель однополюсный; 7 — лампа накаливания; 8 — розетка

## Глава 6

# КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

---

В результате изучения данной главы студент должен:

**знать**

- основные сведения о системах автоматизированного проектирования (САПР);
- функциональные возможности системы КОМПАС-3D;
- инструменты построения чертежей и 3D-моделей в КОМПАС-3D;

**уметь**

- строить 3D-модели деталей и сборочных единиц в КОМПАС-3D;
- создавать ассоциативные чертежи по 3D-моделям деталей и сборочных единиц в КОМПАС-3D;
- адаптировать чертежи, выполненные средствами САПР, к требованиям ЕСКД;

**владеть**

- приемами и инструментами моделирования деталей с помощью САПР (на примере КОМПАС-3D);
  - приемами и инструментами моделирования сборочной единицы с помощью САПР (на примере КОМПАС-3D);
  - методикой и инструментами выполнения конструкторской документации деталей и сборочных единиц с помощью САПР (на примере КОМПАС-3D).
- 

### 6.1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования

Системы автоматизированного проектирования (САПР) создавались для автоматизации чертежно-графических работ с целью облегчить труд конструктора и увеличить производительность труда. Однако со временем в САПР в дополнение к инструментам черчения появились возможности трехмерного моделирования объектов, а также возможности выполнения инженерных расчетов.

Классификация САПР по принципу функциональности включает: системы нижнего уровня (КОМПАС, AutoCAD, MasterCAM, T-FlexCAD, OmniCAD и т.п.), среднего уровня (SolidWorks, Solid

Edge, Inventor, Mechanical Desktop, DesignSpace и т.д.) и верхнего уровня (Pro/ENGINEER, CATIA, Unigraphics, CADD5, Euclid, ADAMS, ANSYS и др.).

*Системы нижнего уровня* (так называемые «легкие» САПР) служат для выполнения почти всех работ с двумерными чертежами и имеют ограниченный набор функций по трехмерному моделированию. С помощью этих систем выполняются порядка 90% всех работ по проектированию. Имеющиеся ограничения иногда создают сложности в использовании таких систем.

«Легкие» САПР изначально были предназначены для создания чертежей отдельных деталей и сборок. Поэтому «платой» за дополнительные возможности по трехмерному моделированию является усложнение интерфейса и меньшее удобство в работе.

*Системы среднего уровня* предназначены для объемного моделирования. Они обладают возможностями САПР нижнего уровня, а также позволяют работать с довольно большими сборками. По некоторым параметрам они уже не уступают «тяжелым» САПР, а в удобстве работы даже превосходят. Обязательным условием является наличие функции обмена данными (или интеграции). Такие САПР представляют собой не просто программы, а программные комплексы, так как в их состав включены различные специализированные программные модули, позволяющие производить инженерные расчеты.

*Системы верхнего уровня* (так называемые «тяжелые» САПР) специализируются на 3D-моделировании и применяются для решения наиболее трудоемких задач:

- для моделирования поведения сложных механических систем в реальном масштабе времени;
- прочностных расчетов;
- оптимизирующих расчетов с визуализацией результатов;
- расчетов температурных полей и теплообмена и т.д.

Обычно в состав системы входят как графические модули, так и модули для проведения расчетов и моделирования, постпроцессоры для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Этот класс САПР является наиболее мощным по своим функциональным возможностям, однако такие САПР довольно сложны в работе, а также имеют высокую стоимость.

Классификация САПР по целевому назначению включает следующие основные виды САПР:

- *CAD (Computer Aided Design)* — система автоматизации проектных (чертежных) работ;
- *CAE (Computer Aided Engineering)* — система автоматизации инженерных работ;

- *CAM (Computer Aided Manufacturing)* – система автоматизированной подготовки производства;

- *PDM (Product Data Management)* – система управления инженерными данными и производственной информацией.

Наиболее важными для автоматизации проектно-конструкторских работ являются направления САД и САЕ, поскольку именно они, работая в тесной взаимосвязи, позволяют получать геометрические модели будущих изделий и моделировать их поведение с учетом различных физических факторов.

В табл. 6.1 представлены основные достоинства и недостатки некоторых САПР разного уровня.

Таблица 6.1

**Основные достоинства и недостатки некоторых САПР разного уровня**

САПР	Описание	Достоинства	Недостатки
КОМПАС	Система трехмерного моделирования нижнего уровня	Соответствие требованиям ЕСКД; полная интеграция со всеми популярными САД/САМ/САЕ-системами; простота освоения; полностью русскоязычный интерфейс; собственное математическое ядро; возможности параметризации; автоматическая генерация чертежей по модели	Ограниченные возможности по трехмерному моделированию; отсутствие прикладного интерфейса программирования
AutoCAD	САПР для двух- и трехмерного моделирования нижнего уровня	Удобный интерфейс; наличие среды разработки программных приложений; широкие возможности 2D-моделирования; поддержка твердотельного поверхностного и полигонального моделирования	Отсутствие трехмерной параметризации; не имеет функции «Дерево построений»
SolidWorks	Система твердотельного моделирования среднего уровня	Прикладные модули для инженерных расчетов; встроенный интерфейс прикладного программирования; поддержка трансляции данных с использованием нейтральных форматов; двунаправленная ассоциативность; автоматическая генерация	Сложности при построении больших сборок

САПР	Описание	Достоинства	Недостатки
		чертежей по модели; поддержка ЖЦИ; оптимальное соотношение «цена — качество»	
Pro/ ENGINEER (CREO)	CAD/CAM/CAE-система верхнего уровня	PLM-система; полная ассоциативность; высокое быстродействие; функциональность; трехмерная параметризация; поддержка PDM (обмен данными с другими САПР); соответствие чертежей требованиям ЕСКД	Закрывающая система (отсутствует возможность подключения пользовательских программных модулей)
CATIA	CAD/CAM/CAE-система верхнего уровня	Поддержка форматов нейтрального файла; развитые возможности трехмерного моделирования; большой набор дополнительных прикладных модулей; удобство работы с большими сборками; поддержка ЖЦИ	Отсутствие специализированных модулей формирования проектных альтернатив; высокая стоимость; сложности при выполнении КД по правилам ЕСКД; высокое потребление ресурсов ПК

*Примечание.* Принятые сокращения: ЖЦИ — жизненный цикл изделия; PLM-система — система управления жизненным циклом продукции; КД — конструкторская документация.

В данном учебнике рассмотрены особенности работы в САПР «КОМПАС-3D», поскольку она легка в освоении и ее бесплатная учебная версия доступна на сайте производителя.

## 6.2. Проектирование в САПР «КОМПАС-3D»

### 6.2.1. Основные сведения о САПР «КОМПАС-3D»

**Функциональные возможности КОМПАС-3D.** Система твердотельного трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» создана российской компанией «АСКОН» в 1989 г. на базе ядра геометрического моделирования, разработанного специалистами компании<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> КОМПАС — сложносокращенное слово, образованное из сокращенных начальных элементов словосочетания «КОМПлекс Автоматизированных Систем».

*Основные задачи*, которые решает система «КОМПАС-3D», — формирование трехмерной модели детали, отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как типичные, так и нестандартные конструктивные элементы с целью передачи геометрии в различные расчетные пакеты или пакеты разработки управляющих программ, а также создание конструкторской документации на разработанные детали.

Моделирование твердого тела в системе осуществляется последовательным выполнением булевых операций над объемными примитивами. КОМПАС-3D позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе ранее спроектированного прототипа. Благодаря наличию собственного математического ядра и параметрических технологий, система «КОМПАС-3D» позволяет производить расчет массы, объема и площади поверхности трехмерной модели, координат центра тяжести, осевых и центробежных моментов инерции, направления главных осей инерции и т.п.

*Функциональные возможности КОМПАС-3D* включают:

- моделирование изделий с целью создания конструкторской и технологической документации (сборочных чертежей, спецификаций, детализировок и т.д.);
- создание модели изделия с целью расчета его технических характеристик;
- передачу геометрии смоделированных изделий в расчетные пакеты;
- моделирование деталей для передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ;
- создание изометрических изображений (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации и т.д.).

С помощью команд экспорта созданную в КОМПАС-3D модель можно сохранить в нейтральных форматах IGES, SAT, STL и передать в другие системы с целью ее дальнейшей обработки.

**Интерфейс КОМПАС-3D и основы работы с программой** рассмотрим на примере КОМПАС-3D V15.

**Запуск программы.** Система «КОМПАС-3D» работает в среде Windows и запускается с помощью кнопок *Пуск* → *Все программы*.

После запуска системы открывается *Главное окно* системы. В верхней части окна находится *Заголовок*, где отражены название системы, тип открытого документа, его наименование и наименование текущего вида, если документом является чертеж. Во второй строке расположено *Главное меню*. Его содержание меняется в зависимости от типа документа, созданного пользователем. В третьей строке (под строкой *Главного меню*) находится *Стандартная*

панель, где расположены кнопки вызова наиболее часто используемых команд. Пока файл не создан, почти все кнопки этого меню неактивны.

При нажатии на кнопку *Создать* на экране появится диалоговое окно создания документа. Для создания фрагмента выбирают значок *Фрагмент*.

**Главное меню** в режиме создания фрагмента или чертежа содержит 11 пунктов: *Файл, Редактор, Выделить, Вид, Вставка, Инструменты, Спецификация, Сервис, Окно, Справки, Библиотеки*. **Главное меню** служит для вызова выпадающих меню, которые вызываются нажатием левой кнопки мыши. Выпадающее меню предназначено для вызова всплывающих меню, диалоговых окон или команд системы. Для выбора пункта меню достаточно щелкнуть по нему левой кнопкой мыши.

Для построения в КОМПАС-3D применяются «быстрые» панели инструментов (панели быстрого запуска), включить которые можно в разделе *Вид → Панели инструментов*.

**Стандартная панель** (рис. 6.1) не меняется в зависимости от типа файла. После создания документа почти все ее кнопки становятся активными.



Рис. 6.1. Стандартная панель КОМПАС-3D

**Геометрические построения** (рис. 6.2) — панель, содержащая инструменты для геометрических построений при выполнении двухмерных чертежей и эскизов: от отрезков и простейших геометрических фигур до возможности выполнять штриховку и создания фасок и скруглений.

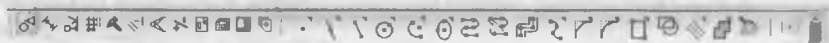


Рис. 6.2. Панель *Геометрические построения*

**Вид** — панель, предназначенная для управления видом и ориентацией при моделировании в трехмерном пространстве (рис. 6.3). Состояние панели *Вид* зависит от режима, в котором работает система. Ее команды служат для настройки изображений на мониторе.

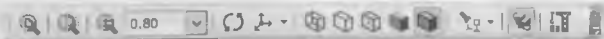


Рис. 6.3. Панель Вид

С помощью данной панели можно настроить отображение 3D-модели: твердотельное или каркасное, с невидимыми ребрами или без них. Панель содержит также инструменты для автоматического смещения модели к нужной нормали и ориентирования ее в трехмерном пространстве.

**Редактирование детали** (рис. 6.4) — панель, содержащая команды, с помощью которых осуществляются различные операции для создания 3D-моделей: вытягивание, вращение, вырезание выдавливанием, моделирование отверстий и т.д.



Рис. 6.4. Панель Редактирование детали

**Дерево модели** (рис. 6.5) — окно, служащее для построения трехмерной модели. На рис. 6.5 в этом окне показано, какие операции с 3D-моделями были совершены, в каком порядке и к какой поверхности данной детали были применены те или иные операции.

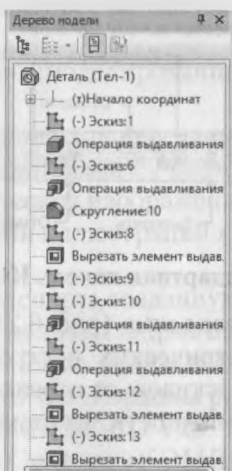


Рис. 6.5. Дерево модели

**Панель текущего состояния** (рис. 6.6) находится под Стандартной панелью и отображает основные параметры текущего документа. В состав Панели текущего состояния входят кнопки Настройка глобальных привязок и Запретить привязки. Система глобальных привязок служит для точной стыковки между собой вводимых геометрических примитивов.



Рис. 6.6. Панель текущего состояния

**Панель свойств** находится в нижней части *Окна документа* (рис. 6.7). Она пуста, пока не вызвана ни одна команда. Когда команда вызвана, в *Панели свойств* появляются различные элементы управления.

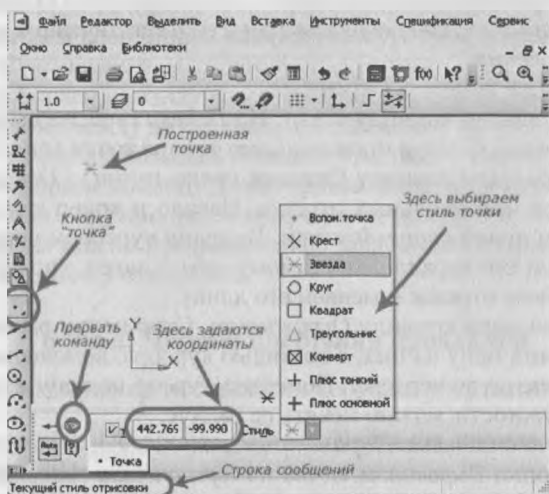


Рис. 6.7. Пример построения точки.

### Обозначение окон в *Панели свойств* построения

В самом низу *Окна документа* расположена *Строка сообщений* (см. рис. 6.7). В ней отображаются различные подсказки и запросы.

На рис. 6.7 представлен пример построения точки, а также обозначение окон в *Панели свойств* построения.

В заключение отметим, что КОМПАС-3D имеет огромное количество панелей, облегчающих работу пользователя. Выше приведены лишь самые важные из них, остальные можно включить вручную во вкладке *Вид*. Также для вызова на экран панелей или их удаления можно использовать контекстное меню, которое вызывается нажатием правой кнопки мыши при положении курсора на поле панелей.

## 6.2.2. Двухмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D»

### 6.2.2.1. Управление геометрическими объектами

Рассмотрим пример управления геометрическими объектами в КОМПАС-3D.

**Пример 6.1.** Постройте базовые примитивы (точки, отрезки, окружности) в системе «КОМПАС-3D».

*Решение*

1. Начало работы. Присвоим имя уже созданному файлу *Фрагмент*. Для этого находим пункт *Файл* в *Главном меню*, в выпадающем меню щелкаем по кнопке команды *Сохранить как*. В открывшемся окне *Укажите имя файла для записи* выбираем папку, в которой сохраняем документ, и вводим имя документа — *Упражнение 1*.

Далее будем последовательно раскрывать панели *Геометрия* → *Параметризация* → *Измерения* нажатием соответствующих кнопок *Панели переключения*.

2. Работа с панелью *Геометрия*.

2.1. Вызываем команду *Точка*. На *Панели свойств* выбираем стиль *Плюс основной*. Ставим произвольные четыре точки (рис. 6.8, а).

2.2. Вызываем команду *Отрезок*, стиль линии — *Основная*. Проводим четыре произвольных отрезка. Начало и конец каждого отрезка фиксируем левой кнопкой мыши. Выделив курсором первый отрезок, перемещаем его параллельно самому себе, а затем, «потянув» за края, поворачиваем отрезок и меняем его длину.

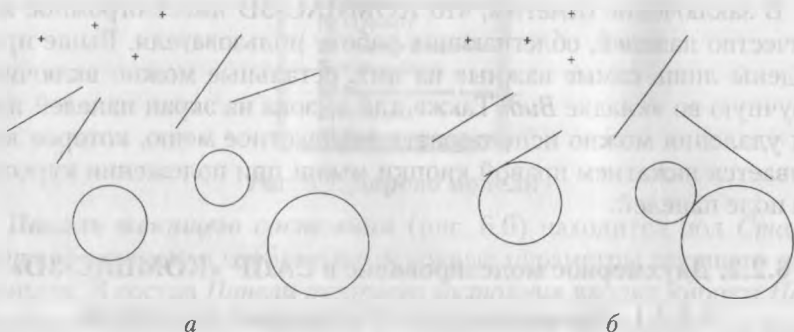
2.3. Вызываем команду *Окружность*. Строим три разные окружности. Выделив одну из них, с помощью курсора, помещенного в центр, передвигаем ее по чертежу. Поместив курсор на одну из отмеченных точек окружности, можно менять ее радиус.

3. Работа с панелью *Параметризация*.

3.1. Кнопка *Выровнять точки по горизонтали* содержит несколько команд. Выбираем первую из них. Указываем курсором две первые точки фрагмента — вторая точка подстраивается на одну горизонталь с первой (рис. 6.8, б).

3.2. Выбираем команду *Выровнять точки по вертикали*. Указываем третью и четвертую точки — последняя точка подстраивается на одну вертикаль с третьей.

3.3. Выбираем команду *Параллельность*. Выделяем курсором два первых отрезка — второй отрезок выстраивается параллельно первому.



**Рис. 6.8. Работа с примитивами:**

а — панель *Геометрия*; б — панель *Параметризация*

3.4. Команда *Перпендикулярность* находится на той же кнопке, что и команда *Параллельность*. Выделяем оставшиеся два отрезка — четвертый отрезок выстраивается перпендикулярно третьему.

3.5. Выбираем команду *Касание*. Выделяем любую окружность и прямую — второй объект перестраивается касательно к первому. Затем выделяем две оставшиеся окружности (рис. 6.8, б).

#### 4. Работа с панелью *Измерения*.

4.1. Выбираем команду *Расстояние между двумя точками*. После вызова команды на экране появляется информационное окно, в котором указываем координаты выбранных курсором точек в системе координат *Фрагмента* и расстояние между ними.

4.2. Выбираем команду *Расстояние между двумя кривыми*. Измеряем расстояние между двумя любыми объектами *Фрагмента*.

4.3. С помощью команды *Площадь* измеряем площадь круга.

4.4. Выбираем команду *Длина кривой*. Выделяем курсором кривую (отрезок или окружность) и получаем ее длину. На *Панели свойств* внизу экрана можно предварительно задать количество знаков после запятой и единицу измерения.

### 6.2.2.2. Чертеж очертания прокладки

Рассмотрим пример построения чертежа очертания прокладки.

**Пример 6.2.** Постройте чертеж очертания прокладки в системе «КОМПАС-3D».

*Решение.* Алгоритм построения чертежа очертания прокладки в системе «КОМПАС-3D» следующий:

- 1) создаем документ;
- 2) подготавливаем формат;
- 3) выборочно или полностью подключаем или отключаем глобальные привязки;
- 4) строим изображения;
- 5) наносим размеры;
- 6) вводим текст;
- 7) заполняем основную надпись.

Выполним задание, следуя вышеприведенному алгоритму.

#### 1. Создание документа.

1.1. На *Стандартной панели* нажимаем кнопку *Создать* и в окне *Новый документ* открываем документ типа *Чертеж* — на экране появится изображение формата А4.

1.2. Для изменения формата и уточнения параметров чертежа щелкаем правой кнопкой мыши в окне документа — появится диалоговое окно. Во вкладке *Параметры текущего чертежа* находим пункт *Параметры первого листа* и раскрываем его. Выделяем строку *Формат* — и получаем в правой части окна данные о формате *Документа*. В нашем случае задаем вертикальный формат А3.

1.3. Сохраняем *Документ*, присвоив ему имя *Упражнение 2*.

## 2. Подготовка формата.

2.1. Подключаем панель *Вид* и в ней нажимаем кнопку *Создать новый вид*. Курсор меняет свой вид на две перпендикулярные стрелки, что означает предложение указать точки начала координат. Внизу появится *Панель свойств*. В ней задаем *Вид 1* и масштаб 1:1.

2.2. Затем щелкаем мышью в том месте формата, где удобно расположить начало координат, например в его нижней центральной части. По умолчанию начало координат находится в левом нижнем углу *Документа*.

3. Глобальные привязки. Перед началом черчения целесообразно ознакомиться с работой системы глобальных привязок. Они нужны

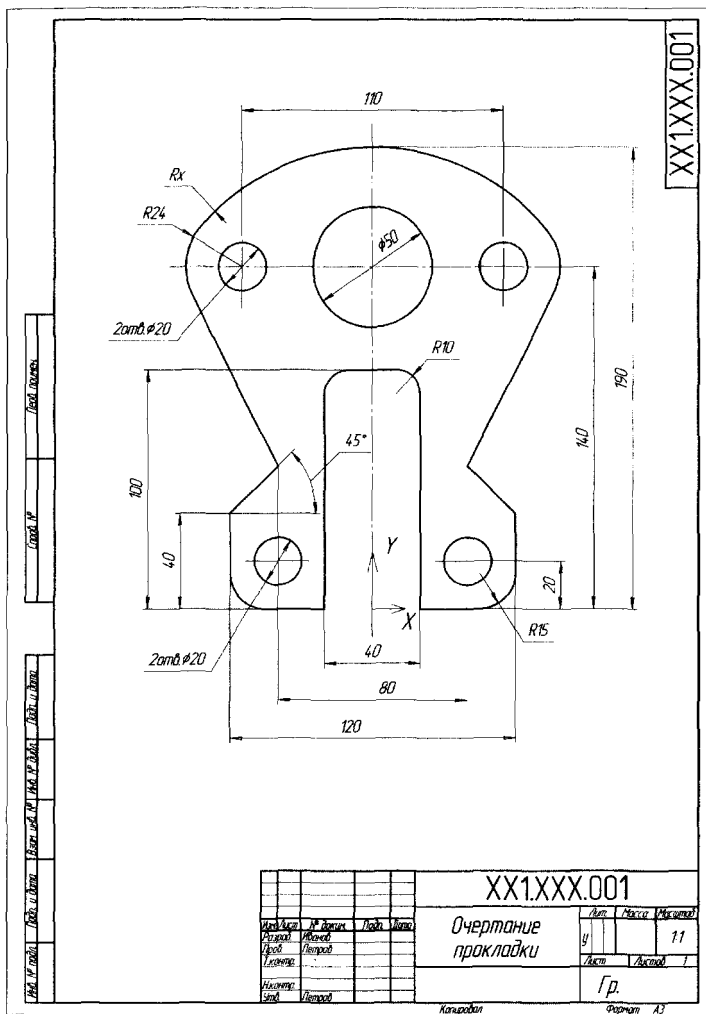


Рис. 6.9. Чертеж очертания прокладки

для точной стыковки вводимых геометрических объектов с предыдущими объектами. Элементами объектных привязок могут служить: точка, середина отрезка, точка на кривой, пересечение кривых, центр окружности и т.д.

Полезно вывести на экран панель *Глобальные привязки*. Эта и другие панели находятся в списке контекстного меню, выводимого на экран щелчком правой кнопки мыши в области расположения основных панелей вверху чертежа.

Глобальные привязки можно подключить или отключить выборочно или полностью с помощью кнопок *Установка глобальных привязок* и *Запрещение глобальных привязок*, находящихся на *Панели текущего состояния*.

4. Построение изображений. Чертеж очертания прокладки представлен на рис. 6.9.

4.1. Начнем построение чертежа с нанесения центральной осевой линии. Задаем режим *Ортогональное черчение* на *Панели текущего состояния*. Делаем активной панель *Геометрия*, подключаем команду *Отрезок*. На *Панели свойств* выбираем стиль линии *Осевая* и проводим длинную вертикальную осевую линию из начала координат.

4.2. Меняем стиль линии на *Основная* и переходим к команде *Непрерывный ввод объектов*. Задаем координаты точки 1 (0; 100) и вводим их командой *enter* с клавиатуры. Строим ломаную линию по размерам чертежа (рис. 6.10, а). Длины отрезков задаем на *Панели свойств* или отслеживаем их по показаниям движения курсора на экране.

4.3. Для нахождения точки 2 используем команду *Параллельная прямая*: на *Панели свойств* задаем опцию *Одна прямая*, выделяем на чертеже осевую линию и указываем курсором направление влево от нее. В окне *Расстояние* вводим 40 и фиксируем наличие линии кнопкой мыши. Закрепляем результат, нажав на значок *Ввод объекта*  $\leftarrow$ .

4.4. Переходим к команде *Окружность*. Строим окружность диаметром 50 с центром (0; 140), окружности диаметром 20 и радиусом 24

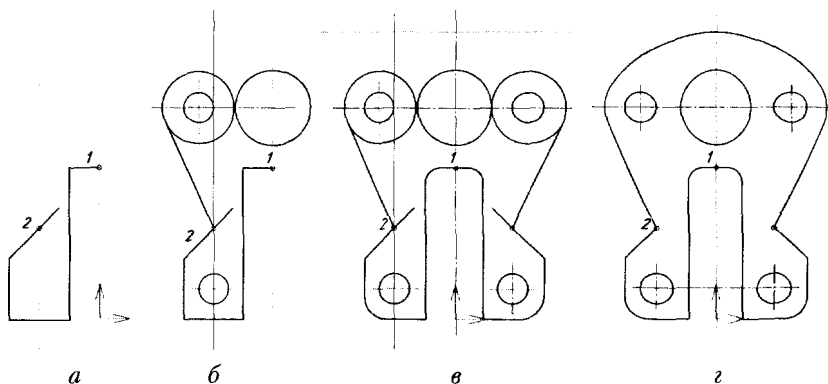


Рис. 6.10. Последовательность построения чертежа очертания прокладки

с общим центром  $(-55; 140)$  и окружность диаметром  $20$  с центром  $(-40; 20)$  (рис. 6.10, б).

4.5. С помощью команды *Отрезок* вычерчиваем осевые линии всех полученных окружностей, используя глобальную привязку *Центр*.

4.6. На кнопке *Отрезок* панели *Геометрия* находим команду *Отрезок, касательный через внешнюю точку*. Курсором отмечаем сначала окружность  $R24$  и вытягиваем касательную к точке 2. Получаем две возможные касательные. Фиксируем ту из них, которая подходит по чертежу рис. 6.9. Завершаем операцию, нажав на значок *Ввод объекта*  $\leftarrow$ .

4.7. Вызываем команду *Скругление*. Задаем сначала радиус  $10$  и указываем кромки для скругления, а затем радиус  $15$ .

4.8. С помощью курсора рисуем тонкой линией прямоугольник, включающий в себя все построенное, кроме окружности диаметром  $50$ . Изображение приобретет зеленый цвет. Вызываем команду *Симметрия* на панели *Редактирование*. На оси симметрии курсором отмечаем две любые точки, используя глобальные привязки. Все выделенные зеленым цветом элементы зеркально отображаются вправо (рис. 6.10, в).

4.9. Подключаем команду *Параллельная прямая* с опцией *Одна прямая*. Отмечаем курсором нижний горизонтальный отрезок чертежа и передвигаем курсор вверх. На *Панели свойств* указываем размер  $190$  – высоту детали. Далее *Ввод объекта*  $\leftarrow$ .

4.10. Строим окружность неизвестного радиуса, обозначенную на рис. 6.9 как  $R_x$ . На кнопке *Окружность* находим опцию *Окружность, касательная к трем кривым*. Курсором отмечаем обе окружности  $R24$  и вспомогательную горизонтальную прямую. На чертеже появится серия окружностей, отвечающих поставленному условию. Среди них находим ту, которая соответствует заданию (рис. 6.10, г), и фиксируем ее курсором. Затем *Ввод объекта*  $\leftarrow$ .

4.11. Теперь надо удалить все лишние отрезки и построения. На панели *Редактирование* находим команду *Усечь кривую*. Курсором удаляем все лишние отрезки. Затем переходим в *Главное меню*  $\rightarrow$  *Редактор*. В выпадающем меню находим строку *Удалить*, в ней – *Вспомогательные прямые и точки*. Чертеж очистился от посторонних элементов. Построение изображений завершено.

5. Нанесение размеров. Основываясь на данных чертежа рис. 6.9, наносим размеры.

5.1. На инструментальной панели *Размеры* сначала открываем команду *Линейный размер*. Указываем *Тип ориентации линейного размера* на *Панели свойств* и сначала наносим все, например, горизонтальные, а затем вертикальные размеры.

Размерное число будет соответствовать размеру построения с учетом масштаба чертежа. При необходимости изменения размера, дважды щелкнув курсором по размерному числу, вызываем на экран окно размерной надписи и корректируем данные.

Вкладка *Параметры* на *Панели свойств* позволяет менять расположение и написание размерных стрелок, задавать размещение размерной надписи, в частности, с помощью полков и без них и т.д.

5.2. Переходим к заданию диаметров и радиусов. Радиус самой большой окружности не был указан в задании и обозначался как  $R_r$ . Его значение компьютер определил в результате построения и при нанесении размера укажет размерное число. Добавим к этому размерному числу справа сверху знак «звездочка» (\*), а над основной надписью сделаем текстовую запись: *Размер для справок*.

6. Ввод текста. Для создания текстовой строки в *Главном меню* находим пункт *Инструменты* и в выпадающем меню открываем команду *Ввод текста*. Сначала указываем точку привязки текста (в данном случае она прямо над основной надписью), а затем задаем номер шрифта 7, следим, чтобы была нажата кнопка *K* (курсив), и вводим текст.

7. Заполнение основной надписи. Дважды щелкаем мышью в любом месте основной надписи. Ее строки выделяются штриховыми линиями. Заполнение основной надписи идет по общим правилам. Программа сама задает размер шрифта той или иной строки. При необходимости корректировки шрифта обращаемся к *Панели свойств*. Заполнение строки *Обозначение документа* осуществляется прямым шрифтом, поэтому кнопка *K* (курсив) должна быть неактивна.

### 6.2.3. Трехмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D»

#### 6.2.3.1. Операции формообразования и алгоритм построения 3D-модели

**Операции формообразования.** Процесс формообразования в режиме трехмерного моделирования сводится к четырем основным операциям: выдавливания, вращения, кинематическим операциям и операциям по сечениям. Здесь рассмотрим операции выдавливания и вращения.

Создадим документ типа *Деталь* и рассмотрим интерфейс системы. На панели *Вид* добавились кнопки, позволяющие управлять ориентацией модели (кнопка *Ориентация* с выпадающим окном), поворачивать ее (кнопка *Повернуть*), а также получать различные варианты отображения детали (кнопки *Каркас*, *Без невидимых линий* и т.д.).

На *Панели текущего состояния* возникла кнопка *Эскиз*, которой мы будем пользоваться постоянно.

Видоизменилась *Компактная панель*, расположенная в левой части экрана монитора. Чаще всего здесь будет активна кнопка *Редактирование детали*. Пока работа с моделью не начата, кнопки на *Инструментальной панели*, находящейся под *Компактной панелью*, неактивны. После создания условий для выполнения той или иной операции соответствующие кнопки *Инструментальной панели* становятся активными.

Процесс формообразования модели, а также ее элементов можно разбить на два этапа:

- 1) создание эскиза;
- 2) назначение формообразующего перемещения.

После того как создан эскиз в виде плоской фигуры, становятся активны кнопки *Компактной панели*, позволяющие осуществить операции перемещения этой фигуры:

- операции выдавливания по направлению, перпендикулярному плоскости эскиза;
- операции вращения вокруг оси, заданной в плоскости эскиза;
- кинематические операции движения фигуры вдоль направляющей;
- операции по сечениям, т.е. построение тела модели по нескольким срезам.

Важным элементом в работе с моделью является *Дерево модели* (см. рис. 6.5), которое появляется в левой части документа после его создания. В *Дереве модели* отображаются: символ *Начало координат*, стандартные *Плоскости проекций*, *Оси координат*, а затем перечисляются операции получения детали. Щелкнув правой кнопкой мыши по любой операции, можно перейти к контекстному меню и с его помощью производить с данной операцией различные действия: изменить ее свойства, редактировать, удалить, редактировать эскиз и т.д.

Координатные плоскости отображаются в центре *Окна документа* вместе с системой координат. В левом нижнем углу окна находится еще одно изображение системы координат, вращающейся вместе с моделью.

**Алгоритм построения 3D-модели в системе «КОМПАС-3D»** следующий:

1) выбираем первый формообразующий элемент и устанавливаем его опорную плоскость, которая и связывается со стандартной системой координат;

2) в установленной опорной плоскости вычерчиваем эскиз первого элемента в виде плоской фигуры;

3) с помощью команд формообразования производим перемещение полученной плоской фигуры вдоль прямой или кривой линии на заданное расстояние либо вращение полученной плоской фигуры вокруг оси на заданный угол; подобным же образом создаем модель следующего элемента;

4) добавляем вновь созданную модель следующего элемента в модель предыдущего элемента или, наоборот, вычитаем вновь созданную модель следующего элемента из предыдущего.

В результате формируется объем, который и принято называть *телом* детали (отсюда и термин «твердотельное моделирование»).

### 6.2.3.2. Создание трехмерной модели детали методом выдавливания

Рассмотрим пример создания трехмерной модели детали методом выдавливания.

**Пример 6.3.** Создайте трехмерную модель детали, состоящей из нескольких геометрических тел, методом выдавливания. Исходные данные для построения 3D-модели приведены на рис. 6.11.

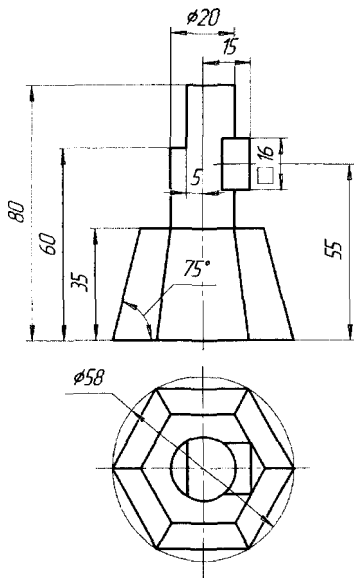


Рис. 6.11. К примеру 6.3.

#### Исходные данные для построения 3D-модели

*Решение.* Выполним задание, следуя вышеприведенному алгоритму построения 3D-модели в системе «КОМПАС-3D».

1. Начало работы.

1.1. Создаем документ типа *Деталь*. Сохраняем его под именем *Упражнение 3*.

1.2. Начинаем процесс формообразования с пирамиды детали. Начало координат располагаем в нижнем основании пирамиды (рис. 6.11). Плоскость основания совмещаем с плоскостью *ZX* и выделяем ее в *Дереве модели*.


1.3. На *Панели текущего состояния* нажимаем кнопку *Эскиз* — изображение в окне перестроится в плоскость *ZX*.

2. Построение эскиза. Требования, предъявляемые к эскизу, который выполняется для операции выдавливания, состоят в следующем:

- контур может быть замкнутым или разомкнутым. Если он разомкнут, то программа построит тонкостенный элемент;


- если контуров несколько, все они должны быть замкнутыми, и один из них должен быть наружным, а другие — вложенными в него. Пересечение контуров недопустимо.

После нажатия на кнопку *Эскиз* станет активной панель *Геометрия*. Строим правильный шестиугольник с помощью операции *Многоугольник*. На *Панели свойств* задаем: количество вершин — 6, способ построения — *По описанной окружности*, диаметр — 58, угол первой вершины — 0 или 90°, а в качестве центра фигуры указываем начало координат. Фиксируем построение левой кнопкой мыши.


3. Операция выдавливания пирамиды. Выключаем кнопку *Эскиз*. На *Панели редактирования* активна кнопка *Операция выдавливания*. Нажимаем ее и задаем: направление — *Прямое*, способ построения — *На расстояние*, расстояние — 35, уклон — *внутрь*, угол — 15°. В *Окне документа* возникает фантом фигуры. Подтверждаем данные нажатием кнопки *Ввод объекта*  и завершаем операцию.

4. Выдавливание цилиндра. Цилиндр будем «приклеивать» к верхнему основанию пирамиды.

4.1. Выделим верхнее основание пирамиды курсором (основание «позеленеет») и перейдем в режим *Эскиза*. Плоскость построения эскиза совпадет с выделенным основанием. Нажимаем кнопку *Окружность* на панели *Геометрия*, указываем центр окружности в начале координат, задаем ее диаметр 20, получаем изображение в *Окне документа* и завершаем операцию.

4.2. Закрываем эскиз и возвращаемся в режим трехмерных построений. На *Панели редактирования* нажимаем кнопку *Операция выдавливания*. Отслеживаем показания на *Панели свойств*: направление — *Прямое*, способ построения — *На расстояние*, расстояние — 45, угол — 0°. Создаем объект нажатием кнопки *Ввод объекта*  и завершаем операцию.

5. Выдавливание прямоугольной бобышки с помощью команды «Смещенная плоскость». Плоскость построения прямоугольника параллельна координатной плоскости *ZY* и удалена от нее на 15 мм по оси *OX*. Воспользуемся командой *Смещенная плоскость* на панели *Вспомогательная геометрия* (рис. 6.12).

5.1. Выделим в *Дереве модели* строку *Плоскость ZY*, а на *Панели свойств* зададим: расстояние — 15, направление смещения — *Обратное*. Далее *Ввод объекта* . Выделим курсором полученную плоскость и перейдем в режим *Эскиза*. Нажимаем на кнопку *Прямоугольник по центру и вершине*.

5.2. Ориентируясь на систему координат, отображенную на экране, задаем координаты центра: (0; -55), высота — 16, ширина — 16. Закрываем *Эскиз*.

5.3. Нажимаем на кнопку *Операция выдавливания*. На *Панели свойств* задаем: направление — *Прямое*, способ построения — *На расстояние*, расстояние — 15.

6. Выполнение выреза на детали.

6.1. На *Дереве модели* выделяем плоскость *XU*, входим в режим *Эскиза* и с помощью команды *Прямоугольник* строим прямоугольник про-

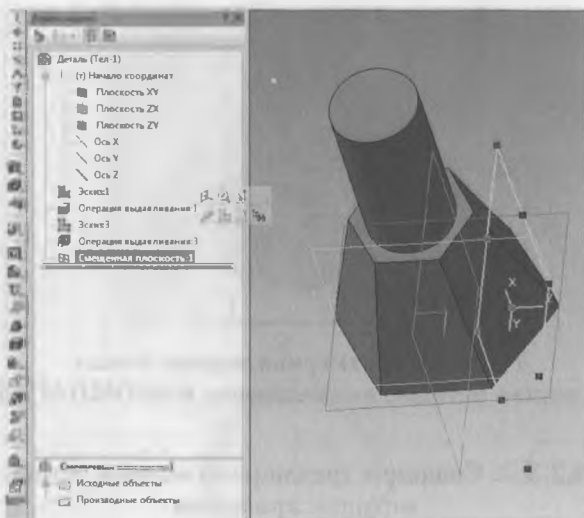


Рис. 6.12. Операция «Смещенная плоскость»

извольных размеров и положения, а затем, перейдя к команде *Линейный размер*, задаем два размера положения прямоугольника (рис. 6.13).

6.2. Уточняем размеры положения фигуры. После щелчка курсора, отмечающего наличие размерной линии, появляется диалоговое окно *Установить значение размера*. Задаем размеры 5 и 60 — и прямоугольник принимает нужное положение. Эскиз можно закрыть.

6.3. На *Панели редактирования* нажимаем кнопку *Вырезать выдавливанием* и вырезаем тело параллелепипеда. На *Панели свойств* задаем: направление — *Средняя плоскость*, расстояние — любое более 10. Результат выполнения выреза представлен на рис. 6.14.

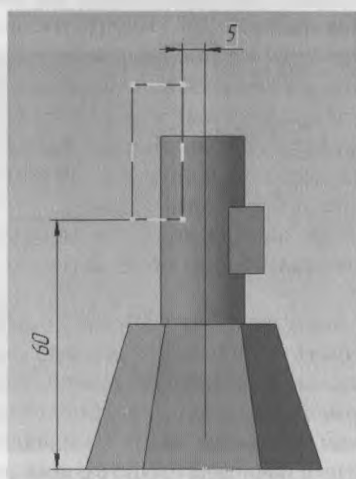
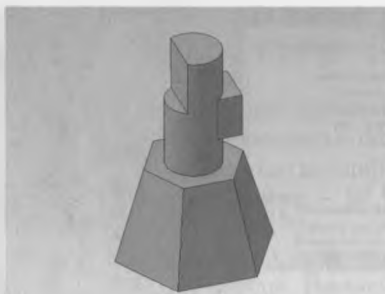


Рис. 6.13. Построение эскиза для выреза



**Рис. 6.14. Трехмерная модель детали, созданная методом выдавливания в «КОМПАС-3D»**

### **6.2.3.3. Создание трехмерной модели детали методом вращения**

Рассмотрим пример создания трехмерной модели детали методом вращения.

**Пример 6.4.** Создайте трехмерную модель детали методом вращения. Исходные данные для создания 3D-модели детали представлены на рис. 6.15.

*Решение*

1. Начало работы.

1.1. Создаем документ типа *Деталь* и сохраняем его под именем *Уп-ражнение 4*.

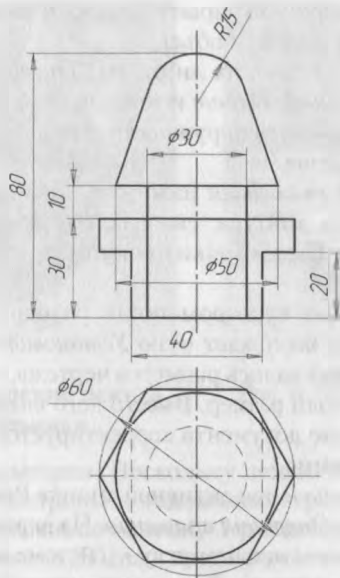
1.2. Контур, вращением которого предполагается получение трехмерной модели, и ось вращения размещаем в плоскости  $XU$ . Выделяем эту плоскость в *Дереве модели*.

1.3. На *Панели текущего состояния* нажимаем кнопку *Эскиз*. Обращаем внимание на направление осей координат в левом нижнем углу документа. Придерживаемся этих направлений при построении эскиза.

2. Построение эскиза. Требования, предъявляемые к эскизу, который выполняется для операции вращения, состоят в следующем:

- ось вращения может быть только одна;
- ось вращения изображается в виде отрезка со стилем линии *Осевая*;
- если контур вращения один, он может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контуров несколько, то все они должны быть замкнуты. Один из них должен быть внешним, а остальные — вложенными в него;
- контуры не должны пересекать ось вращения.

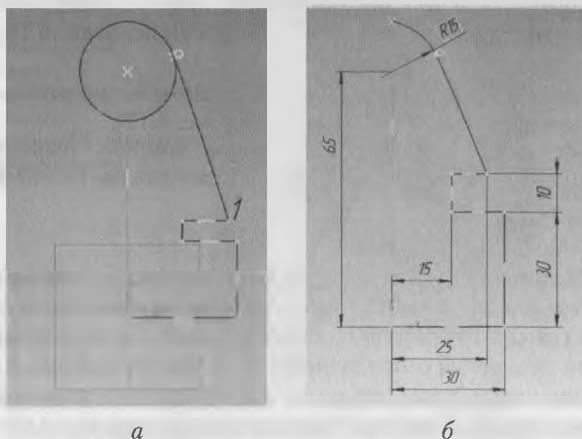
2.1. На панели *Геометрия* находим команду *Отрезок* и в режиме ортогонального черчения проводим вверх из начала координат осевую линию. Контур вращения начинаем строить с помощью команды *Непрерывный ввод объектов*. Стиль линии — *Основная*.



**Рис. 6.15. К примеру 6.4. Исходные данные для построения 3D-модели**

2.2. При построении ломаной линии профиля вращения не соблюдаем размеров чертежа, только приблизительно придерживаясь пропорций изображения.

Ломаную линию строим из начала координат до точки 1 (рис. 6.16, а). Закрываем команду *Непрерывный ввод объектов*. Затем, воспользовавшись привязкой *Точка на кривой*, в произвольном месте оси вращения изображаем окружность любого радиуса. Касательную из точки 1 к полученной окружности строим с помощью команды *Касательный отрезок*



**Рис. 6.16. К примеру 6.4. Построение эскиза детали**

зок через внешнюю точку. Выбираем из двух возможных подходящий по чертежу отрезок и «создаем объект».

2.3. Для устранения лишних линий на *Панели переключения* активизируем кнопку *Редактирование* и с помощью команды *Усечь кривую* убираем лишнюю часть дуги окружности.

3. Нанесение размеров.

3.1. На *Панели переключения* нажимаем кнопку *Размеры* и поочередно задаем размеры контура: сначала, например, горизонтальные, а затем вертикальные. В виде точки отсчета, где это возможно, выбираем начало координат.

3.2. После выделения курсором линии, размеры которой мы хотим установить, на экране возникает окно *Установить значение размера*. Так как мы не придерживались размеров чертежа, в строке *Выражение* находится произвольный размер. Вместо него вписываем нужное число. Изображение в окне документа корректируется (рис. 6.16, б).

4. Операция вращения.

4.1. Закрываем *Эскиз* и при активной кнопке *Редактирование детали* вызываем команду *Операция вращения*. На экране появится фантом тела вращения, а в левом нижнем углу — система координат.

4.2. В нижней части экрана будет находиться *Панель свойств Операции вращения*. Поскольку контур вращения на эскизе не был замкнут, по умолчанию система предлагает способ построения *Тороид*, т.е. тонкостенную оболочку. Изменяем способ построения на *Сфероид*, чтобы получить тело вращения. Далее: направление — *Прямое*, способ — *На угол*, угол —  $360^\circ$ . Затем раскрываем вкладку *Тонкая стенка* и в окне *Тип построения тонкой стенки* отмечаем *Нет*.

Заметим, что к способу *Сфероид* можно было бы перейти сразу, замкнув контур эскиза.

5. Вырезание шестигранного профиля.

5.1. Поворачивая модель, находим и выделяем курсором нижнее основание детали — основание приобретет ярко-зеленый цвет.

5.2. Входим в режим *Эскиза* и в плоскости основания создаем эскиз шестиугольника (см. пример 6.3).

5.3. Затем строим произвольную окружность так, чтобы ее диаметр был больше размеров шестиугольника (рис. 6.17).

5.4. Закрываем *Эскиз* и подключаем команду *Вырезать выдавливанием*. На *Панели свойств* задаем расстояние — 30 и «создаем объект»  $\llcorner$ .

6. Моделирование вырезов.

6.1. Выделяем курсором плоскость нижнего основания детали и в ней, перейдя в режим *Эскиза*, строим прямоугольник произвольных размеров (рис. 6.18), а затем задаем размеры его привязки к системе координат так, чтобы они удовлетворяли чертежу на рис. 6.15.

6.2. Закрываем *Эскиз* (см. рис. 6.18) и включаем команду *Вырезать выдавливанием*. На *Панели свойств* задаем: направление построения — *Прямое*; расстояние — 20. Далее «создаем объект»  $\llcorner$ .

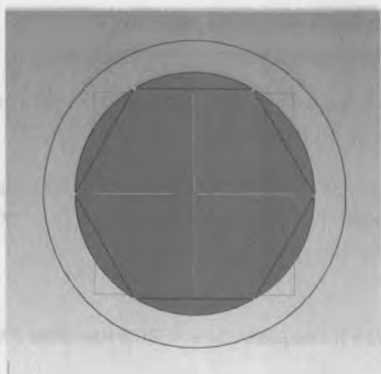


Рис. 6.17. Построение эскиза шестиугольника

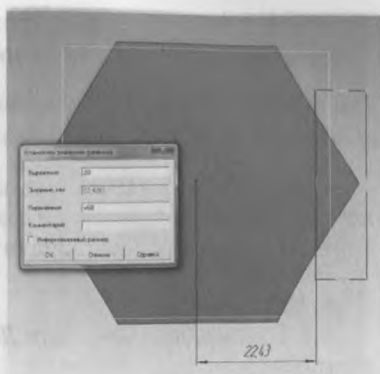


Рис. 6.18. Построение эскиза для выреза

7. Метод симметрии. Поскольку деталь имеет два симметричных выреза, второй построим методом симметрии. На странице *Редактирования детали* нажимаем кнопку *Зеркальный массив*, в *Дереве модели* указываем *Плоскость ZY* (плоскость отражения), а затем там же выделяем пункт *Вырезать элемент выдавливанием*. В окне документа появится фантом копии. Далее нажатием кнопки *Ввод объекта* завершаем операцию.

Построенная модель детали изображена на рис. 6.19.

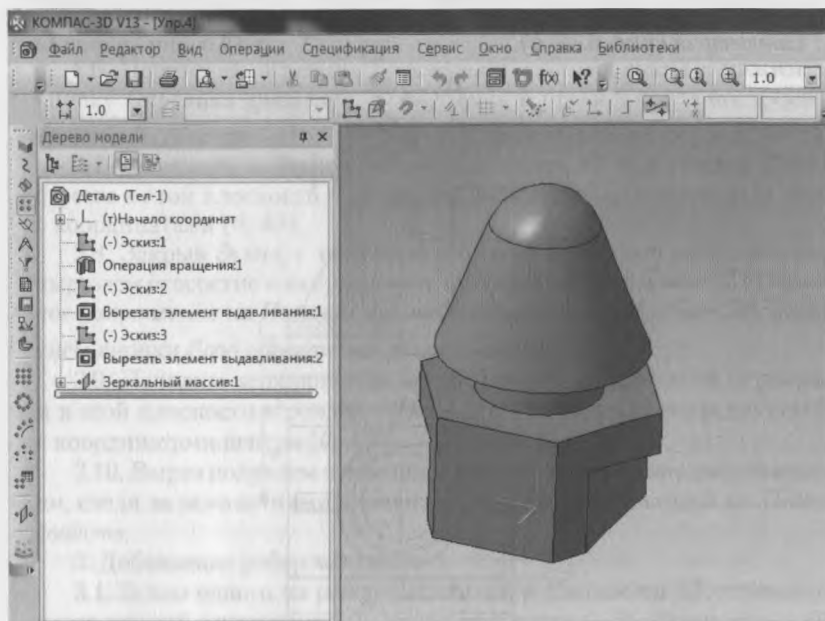


Рис. 6.19. Трехмерная модель детали, созданная методом вращения в КОМПАС-3D

#### 6.2.3.4. Создание трехмерной модели детали путем комбинации методов выдавливания и вращения

Рассмотрим пример создания трехмерной модели детали путем комбинации методов выдавливания и вращения.

**Пример 6.5.** Создайте трехмерную модель детали путем комбинации методов выдавливания и вращения. Исходные данные для построения трехмерной модели детали представлены на рис. 6.20.

*Решение*

1. Начало работы.

1.1. Создаем документ типа *Деталь* и сохраняем его под именем *Упражнение 5*.

1.2. Начало координат размещаем в центре верхней плоскости основания. Основание детали получаем выдавливанием вдоль оси *OX* *U*-образного профиля, построенного в плоскости *ZY*.

1.3. Выделяем в *Дереве модели* *Плоскость ZY*, переходим в режим *Эскиза*, нажимаем кнопку *Ортогональное черчение* и вызываем команду *Отрезок* со стилем линии *Осевая*. Направление осей координат показано на пиктограмме, расположенной в левом нижнем углу *Документа*. Проводим осевую линию в направлении оси *OY*.

2. Построение модели.

2.1. Переходим к команде *Непрерывный ввод объектов*.

2.2. Строим половину профиля основания, уточняем его размеры, а затем отражаем его зеркально относительно оси, используя команду *Симметрия* (рис. 6.21, а).

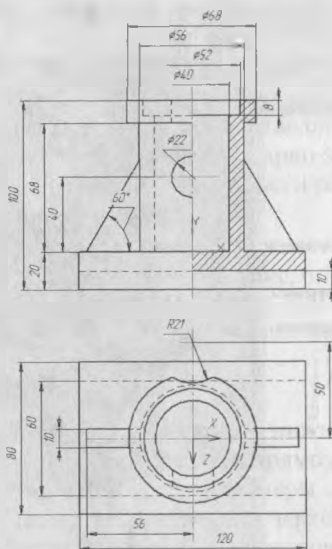


Рис. 6.20. К примеру 6.5. Исходные данные для построения 3D-модели

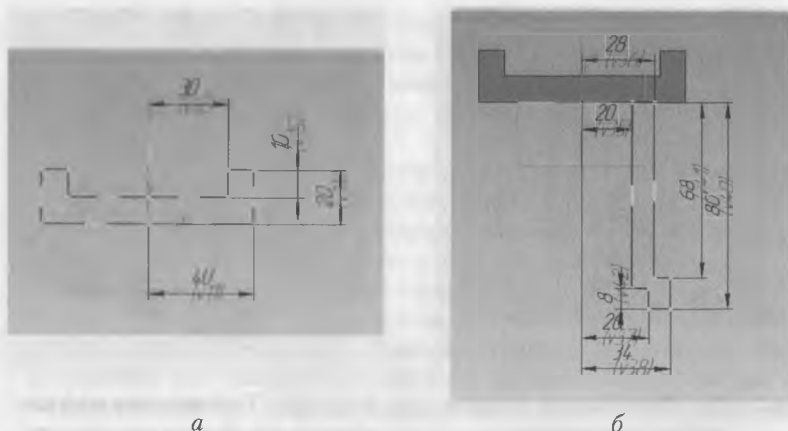


Рис. 6.21. Построение модели

2.3. «Выдавливаем» профиль, полученный на эскизе, вдоль оси  $OX$  от *Средней плоскости* на расстояние 120.

2.4. С помощью *Операции вращения* получаем цилиндр с буртиком и центральными отверстиями и «приклеиваем» его к верхней плоскости основания *Детали*. В *Дереве модели* обозначаем *Плоскость ZY* и в ней проводим ось вращения из начала координат вдоль оси  $OY$ .

2.5. Вызываем команду *Непрерывный ввод объектов* и проводим ломаную линию контура вращения, а затем уточняем ее размеры, как показано на рис. 6.21, б.

2.6. Переходим в режим *Трехмерного моделирования* и нажимаем кнопку *Операция вращения*. Убеждаемся в правильности построения и «создаем объект» ↵.

2.7. Выделяем в *Дереве модели* *Плоскость XY* и в режиме *Эскиза* строим в этой плоскости окружность диаметром 22 с центром в точке с координатами  $(0; 40)$ .

2.8. Закрыв *Эскиз*, с помощью команды *Вырезать выдавливанием* вырезаем отверстие в направлении, противоположном оси  $OZ$  (*Обратное направление* на *Панели свойств*), на расстояние *большее* 28. Нажатием кнопки *Ввод объекта* ↵ завершаем операцию.

2.9. Находим верхнюю плоскость *Детали*, выделяем ее курсором, и в этой плоскости в режиме *Эскиза* строим окружность радиусом 21 с координатами центра  $(0; -50)$ .

2.10. Вырез получаем с помощью операции *Вырезать выдавливанием*, следя за показаниями элементов управления командой на *Панели свойств*.

3. Добавление ребер жесткости.

3.1. Эскиз одного из ребер выполняем в *Плоскости XY*: строим отрезок прямой с координатами начальной точки  $(-56; 0)$  под углом  $60^\circ$ . Отрезок можно не доводить до тела *Детали*: система сама продлит контур ребра до ближайшей поверхности (рис. 6.22).

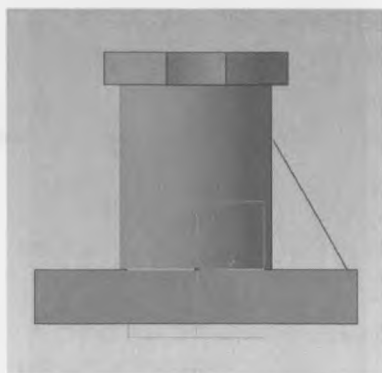


Рис. 6.22. Построение эскиза ребра жесткости



Рис. 6.23. Трехмерная модель детали с ребрами жесткости, созданная в КОМПАС-3D

3.2. Далее на панели *Редактирование детали* нажимаем кнопку *Ребро жесткости*. На *Панели свойств* во вкладке *Параметры* должна быть активна кнопка *Положение — В плоскости эскиза* и кнопка *Направление — Обратное*. Во вкладке *Толщина* назначаем: тип построения тонкой стенки — *Средняя плоскость*, толщина стенки — *10*.

Правильно оценить направление выдавливания поможет стрелка на фантоме тонкой стенки, которая появится после включения команды.

3.3. Второе ребро получаем с помощью команды *Зеркальный массив* отражением первого ребра относительно плоскости *ZY*.

Построенная модель детали изображена на рис. 6.23.

#### 6.2.4. Создание чертежей по 3D-модели в САПР «КОМПАС-3D»

Используя трехмерную модель, можно построить ее чертеж.

*Ассоциативный чертеж* — это чертеж, все изображения которого ассоциативно связаны с 3D-моделью, на основе которой он создан, т.е. любые изменения формы или размеров модели вызывают соответствующие изменения изображений чертежа, пока ассоциативные связи не разрушены. При рассогласовании между изображениями чертежа и моделью система посылает запрос о перестроении чертежа, и, при получении согласия, чертеж перестраивается в соответствии с изменениями в модели.

**Пример 6.6.** Постройте ассоциативный чертеж детали.

*Решение.* Стадии разработки ассоциативного чертежа рассмотрим на примере предыдущей детали.

1. Начало работы.

1.1. Открываем файл *Упражнение 5*, сворачиваем его, а затем создаем *Новый документ* типа *Чертеж* и присваиваем ему имя *Упражнение 6*.

1.2. Правой кнопкой мыши подключаем контекстное меню. Выделяем строку *Параметры текущего чертежа* — появляется окно *Параметры*. Во вкладке *Текущий чертеж* раскрываем содержание пункта *Параметры первого листа*. Задаем удобный для нас формат А3 с горизонтальной ориентацией.

1.3. Возвращаемся к контекстному меню и вызываем на экран *Дерево чертежа*, которое появится в левой части *Окна документа*. Оно будет содержать список видов, разрезов, сечений и выносных элементов, входящих в чертеж. Знак «плюс» (+) рядом с названием изображения говорит о том, что оно является ассоциативным.

2. Построение ассоциативных видов.

2.1. На компактной панели находим страницу *Ассоциативные виды*, раскрываем ее и нажимаем кнопку *Стандартные виды*. На запрос в окне *Выберите модель* открываем файл *Упражнение 5* — на экране возникает фантомное изображение трех основных видов.

2.2. На *Панели свойств* система предлагает задать наименование вида, который будет принят за главный (*Ориентация модели*), схему расположения основных видов, масштаб чертежа и точку вставки главного вида. Вкладка *Линии* позволяет изменить стиль видимых линий и включить или отключить невидимые линии.

Прежде чем определить ориентацию главного вида, оценим предложения системы по возможным видам. В окне *Выберите схему видов* по умолчанию рассматриваются три основных вида. При желании количество их можно сократить или увеличить. Возможно исключение любых видов, кроме главного.

Выделяем курсором все шесть видов и указываем точку привязки главного вида. Просматриваем полученные на экране виды и выбираем главный из них, а также другие виды, необходимые для отображения формы детали. Если наш выбор главного вида не совпадет с предложением системы, она впоследствии переориентирует схему на принятый нами главный вид.

В данном случае наш выбор главного вида совпал с предложением системы. Будет построен также вид сверху, а вместо вида слева выполним профильный разрез. Фронтальный разрез мы совместим с видом спереди.

2.3. Так как при просмотре видов мы уже обозначили точку привязки изображений, процедуру вызова стандартных видов придется повторить. Предыдущие построения удаляем с помощью кнопки *Отменить* на *Стандартной панели*.

2.4. После повторного вызова файла переходим к кнопке *Схема* и удаляем в окне *Выберите схему видов* вид слева. Оставляем величину зазора между изображениями без изменения. Сохраняем масштаб 1:1 (рис. 6.24). Выбираем на формате подходящее место для расположения изображений и фиксируем его курсором.

3. Выполнение разрезов. При построении разреза необходимо, чтобы вид, на котором будет задано положение секущей плоскости (опорный вид), был *текущим*, т.е. видом, с которым можно производить действия. Визуально текущий вид отличается от остальных видов синим



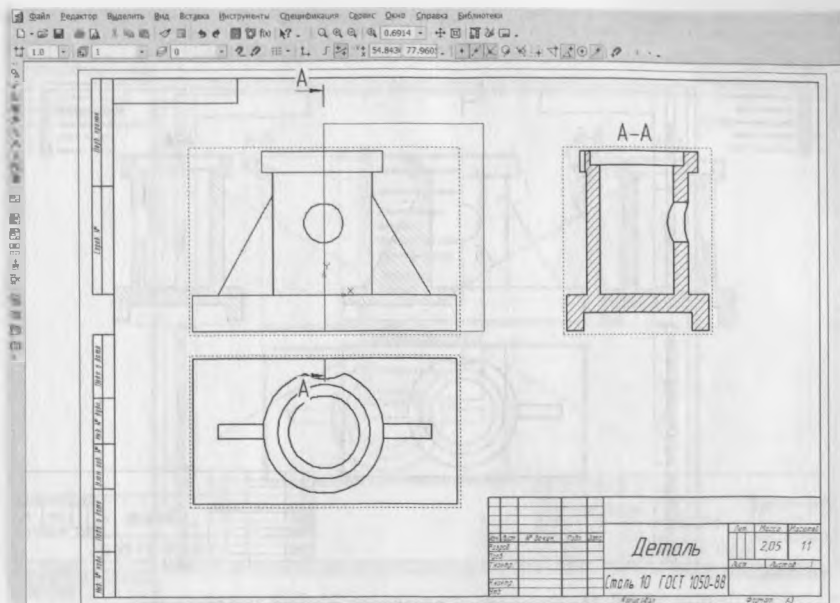


Рис. 6.25. Построение разрезов

этого вида. На экране появится бесконечная тонкая прямая линия – предполагаемое положение плоскости сечения. Когда прямая окажется в нужном месте (в центре фигуры), щелчком мышь. Тонкая линия исчезнет, и мы получим разрез на фронтальном изображении. Согласно правилам оформления местных разрезов он не обозначен.

5. Построение сечений. Выполним сечение прямоугольного профиля ребра жесткости. Вид спереди остается в состоянии текущего вида.

5.1. При помощи команды *Перпендикулярная прямая* на панели инструментов *Геометрия* проведем вспомогательную прямую, перпендикулярную кромке ребра жесткости. На *Панели переключения* находим кнопку *Обозначения* и с помощью команды *Линия разреза* задаем след секущей плоскости, обозначенной Б–Б.

5.2. Открываем панель инструментов *Ассоциативные виды*, а в ней – команду *Разрез-сечение*. Наводим курсор на обозначение сечения и щелкаем мышью в тот момент, когда буквенное обозначение подсвечивается красным цветом.

5.3. На *Панели свойств* во вкладке *Параметры* нажимаем кнопки *Проекционная связь* и *Сечение модели*. Указываем курсором место, где должно расположиться сечение – система построит сечение ребра (рис. 6.26).

5.4. Полученное нами вынесенное сечение можно перестроить как наложенное. Выделим сечение щелчком мыши по его габаритной рамке (оно станет зеленым). Вызовем команду *Сдвиг* на панели инструментов *Редактирование* и перенесем сечение таким образом, чтобы се-

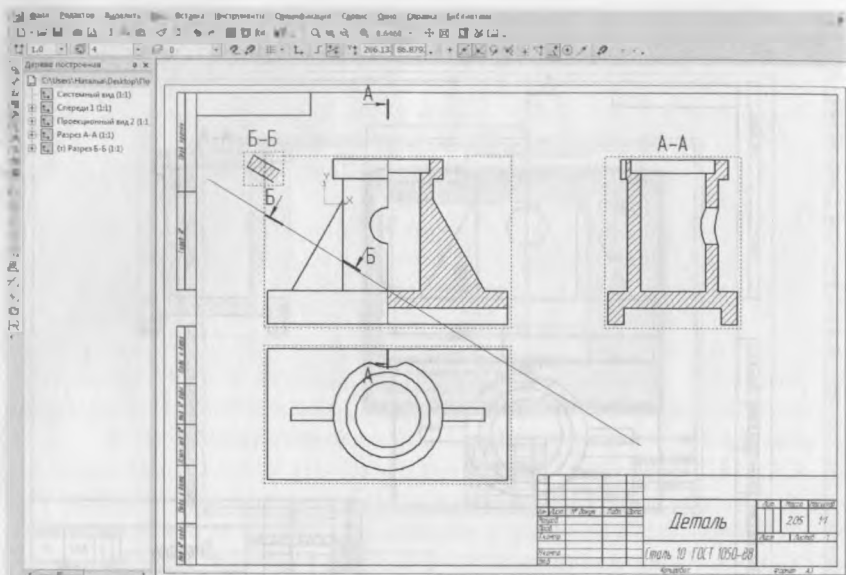


Рис. 6.26. Построение сечения ребра жесткости

редина сечения совпала со следом секущей плоскости (рис. 6.27). Вспомогательную линию удалим.

5.5. Получив все необходимые изображения чертежа, наносим осевые линии.

6. Редактирование изображений чертежа.

6.1. Сохраним неотредактированный файл под именем *Упражнение ба*.

6.2. Разрушим ассоциативные связи чертежа с моделью, поскольку без этого редактирование невозможно. В *Окне документа* выделяем вид спереди. При этом он вместе с рамкой окрасится в зеленый цвет. Над выделенным видом щелкаем правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбираем команду *Разрушить вид* (рис. 6.28). Свое решение подтверждаем в диалоговом окне *Разрушить вид*.

6.3. Такую же процедуру необходимо повторить для вида сверху. Остальные изображения разрушились автоматически, так как базировались на главном виде.

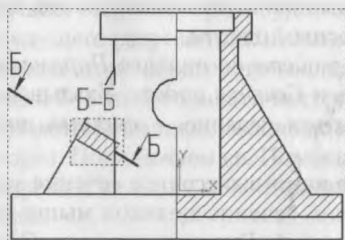


Рис. 6.27. Создание наложенного сечения

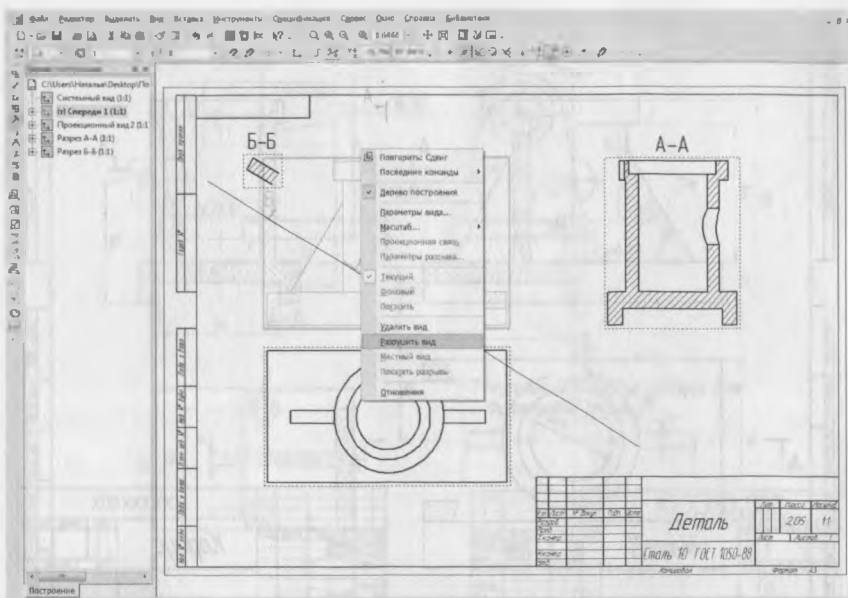


Рис. 6.28. Разрушение ассоциативных связей

Контекстное меню для разрушения видов можно вызвать и через *Дерево модели*.

6.4. Далее необходимо отредактировать чертеж так, чтобы он полностью соответствовал стандартам ЕСКД. Удаляем обозначение профильного разреза А—А, так как он получен плоскостью, являющейся плоскостью симметрии детали. Симметрично наложенное сечение Б—Б, согласно ЕСКД, тоже не должно сопровождаться обозначением. Фронтальный разрез, напротив, должен быть обозначен по общим правилам, хотя он и строился как местный.

6.5. Вызываем команду *Линия разреза* на панели инструментов *Обозначения* и отмечаем курсором положение плоскости сечения. Чтобы сделать надпись над изображением разреза, раскроем пункт *Инструменты* в строке *Главного меню* и в выпадающем меню обратимся к команде *Ввод текста*. После ввода координат точки привязки во вкладке *Формат* задаем параметры текстовой строки и печатаем текст: А—А.

6.6. Изменяем стиль линий, ограничивающих наложенное сечение, для чего дважды щелкаем мышью по линиям контура сечения и в *Панели свойств* заменяем основные линии на тонкие. Удаляем тонкую линию, разделяющую вид и разрез на главном изображении, и заменяем ее на осевую. Проводим недостающие осевые линии на изображениях чертежа.

6.7. Отредактируем также продольный разрез тонкой стенки. Согласно правилам тонкая стенка при продольном разрезе режется, но не заштриховывается. Удаляем штриховку во фронтальном разрезе.

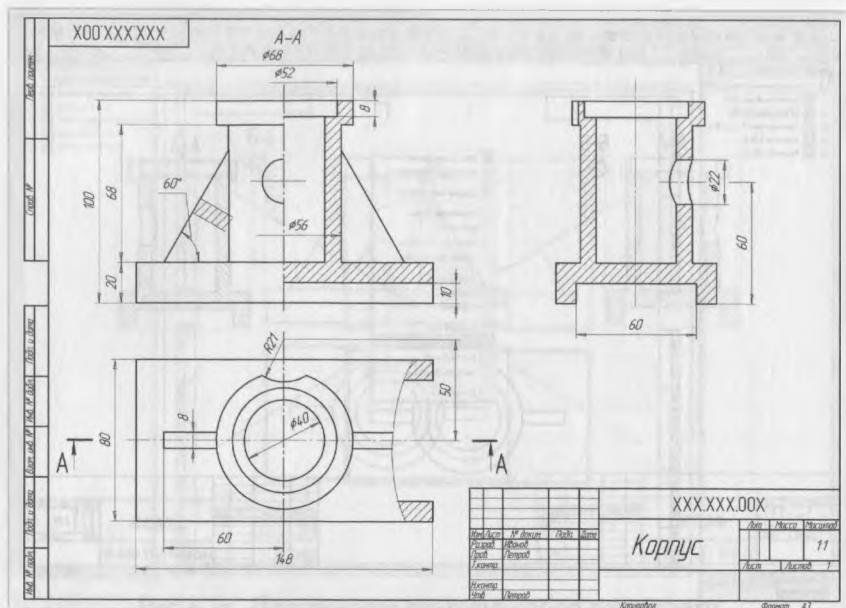


Рис. 6.29. Чертеж детали с ребрами жесткости в КОМПАС-3D

Показываем контур ребра жесткости основными линиями, а затем заштриховываем то, что необходимо.

7. Нанесение необходимых размеров. Действия выполняем в ручном режиме (рис. 6.29).

8. Заполнение основной надписи. Действия выполняем в ручном режиме (см. рис. 6.29).

## 6.2.5. Моделирование некоторых типов деталей

### 6.2.5.1. Моделирование литой детали

Детали, полученные литьем или горячей штамповкой, обладают целым рядом геометрических особенностей: это наличие скруглений, уклонов и конусностей, ребер жесткости, приливов и бобышек. В качестве примера моделирования литой детали выберем стойку, чертеж которой показан на рис. 6.30.

**Пример 6.7.** Выполните моделирование детали «Стойка» и чертеж этой детали на основе ее модели.

*Решение*

1. Моделирование детали «Стойка». В качестве основной формообразующей операции будем использовать выдавливание.

Для получения модели произведем следующие действия.

1.1. Создаем документ типа *Деталь* и сохраняем его под именем *Стойка*.

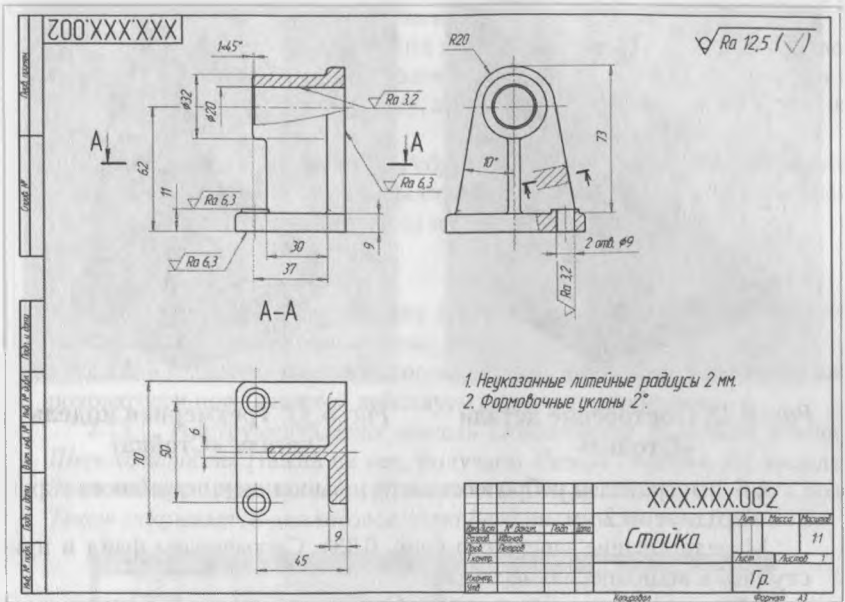


Рис. 6.30. Чертеж детали «Стойка»

1.2. При помощи операции *Выдавливание* строим основание стойки и закругляем радиусом 2 мм его верхнюю кромку.

1.3. На основании выдавливаем две круглые бобышки и выполняем закругление по контуру бобышек радиусом 1 мм. Вырезаем выдавливанием отверстия в бобышках (рис. 6.31);

1.4. Выдавливаем вертикальную стенку стойки и выполняем скругления радиусом 2 мм (см. рис. 6.31).

1.5. Выдавливаем цилиндр диаметром 32 мм, выполняем скругления радиусом 2 мм, вырезаем отверстие в цилиндре и срезаем фаску (рис. 6.32).

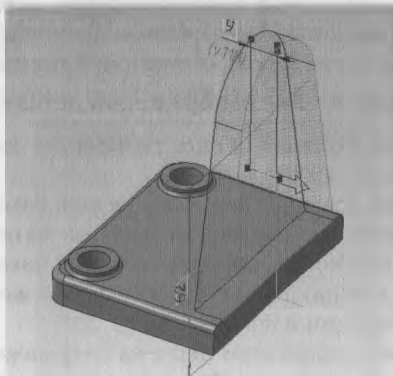


Рис. 6.31. Построение детали «Стойка»



Рис. 6.32. Построение детали «Стойка»



Рис. 6.33. Трехмерная модель детали «Стойка»

1.6. Выстраиваем ребро жесткости и выполняем оставшиеся скругления радиусом 2 мм.

Моделирование завершено (рис. 6.33). Сворачиваем файл и приступаем к выполнению чертежа.

2. Построение чертежа детали «Стойка» на основе ее модели.

2.1. Создаем файл типа *Чертеж* и сохраняем его под именем *Чертеж стойки*.

2.2. Задаем формат А3, горизонтальный, масштаб 1:1 и с помощью команды *Стандартные виды* на панели *Ассоциативные виды* строим вид спереди и вид слева (рис. 6.34).

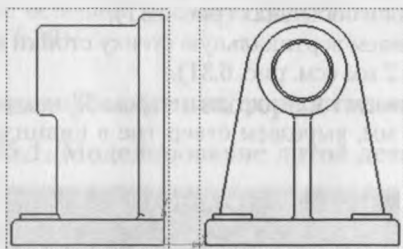


Рис. 6.34. Построение изображений детали «Стойка»

2.3. Используя команду *Линия разреза* на панели *Обозначения*, строим горизонтальный разрез А-А.

2.4. С помощью команды *Местный разрез*, находящейся на панели *Ассоциативные виды*, выполняем местный разрез отверстия в бобышке.

2.5. При помощи команды *Разрез-сечение*, находящейся на той же кнопке, изображаем наклонное сечение ребра жесткости, используя описание этой операции в примере 6.6 (п. 5).

2.6. Перед редактированием чертежа сохраняем файл под именем *Чертеж стойки 1* на тот случай, если впоследствии придется внести изменения в модель.

2.7. Разрушаем связи чертежа с моделью.

2.8. Перемещаем изображения по чертежу в режиме ортогонального черчения, достигая их наиболее удобного расположения. Для этого заключаем изображение в рамку, а затем применяем команду *Сдвиг* на панели *Редактирование*.

2.9. Редактируем сечение *Ребра жесткости*: удаляем буквенное обозначение, сохранив при этом стрелки направления взгляда; меняем толщину линий контура сечения на тонкую.

2.10. Строим осевые линии.

2.11. Наносим размеры.

2.12. Записываем технические требования, используя команду *Ввод текста* на панели *Инструменты*.

2.13. Указываем шероховатость поверхностей. Для нанесения шероховатости поверхностей действуем следующим образом.

2.13.1. Инструментальная панель *Обозначения* содержит кнопку *Шероховатость*. Нажав на нее, получаем *Панель свойств*. На вкладке *Знак* выбираем тип знака шероховатости. После щелчка мышью в поле *Текст* открывается диалоговое окно *Введите текст* (рис. 6.35).

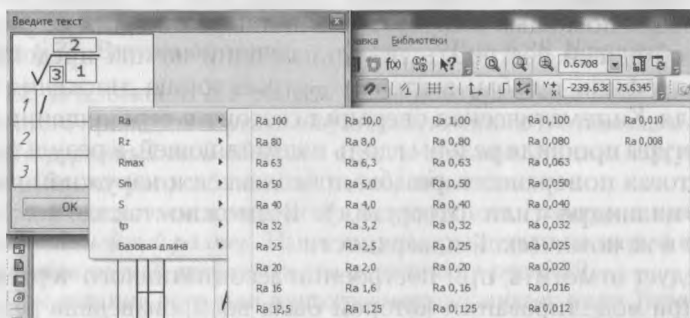


Рис. 6.35. Выбор параметра шероховатости

2.13.2. Дважды щелкаем в поле 1 – раскрывается список параметров шероховатости. Наводим курсор на нужный параметр – и получаем список его возможных значений. Находим требуемое значение. Подводим курсор к той линии изображения, где должен располагаться знак шероховатости, и фиксируем точку вставки.

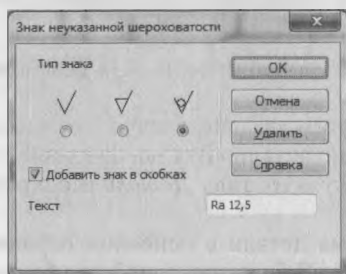


Рис. 6.36. Добавление знака неуказанной шероховатости

2.13.3. Раскрыв вкладку *Параметры*, можем добавить к знаку шероховатости обозначение *По контуру*, а также применить полку для простановки знака.

2.13.4. Обозначение неуказанной шероховатости в правом верхнем углу чертежа проводим по следующей схеме: *Вставка* → *Неуказанная шероховатость* → *Ввод*. В диалоговом окне задаем значение неуказанной на чертеже шероховатости (рис. 6.36).

2.13.5. Файл сохраняем под первым именем — *Чертеж стойки*.

### 6.2.5.2. Моделирование резбовых изделий

Соединение с помощью резьбы является наиболее распространенным способом соединения изделий. Резьба представляет собой сложную поверхность, образованную при винтовом движении по цилиндрической или конической поверхности некоего плоского контура, который называется *профилем резьбы*.

Ввиду трудоемкости точного изображения на чертежах все виды резьбы показываются условно в соответствии с ГОСТ 2.311–68.

Воспроизведение поверхности резьбы при 3D-моделировании возможно с помощью кинематической операции. Для ее реализации необходимо построить два эскиза: один из них представляет собой профиль резьбы, а второй — траекторию движения этого профиля. Кинематическая операция состоит в перемещении плоской фигуры профиля резьбы вдоль направляющей, в результате чего винтовая поверхность резьбы добавляется к наружной поверхности цилиндра (или отверстия). Возможно также получение резьбы и на конической поверхности.

Следует отметить, при построении ассоциативного чертежа детали, при моделировании которой была воспроизведена реальная резьбовая поверхность, мы не получим условного изображения резьбы, как этого требует ГОСТ 2.311–68.

Система «КОМПАС-3D» дает возможность создать условное изображение резьбы. Возникающий при этом фантом условного изображения резьбы показывает ее глубину и уходит внутрь детали. На ассоциативном чертеже фантом реализуется в виде тонкой линии, что совпадает с правилами условного изображения резьбы на чертежах.

**Пример 6.8.** Постройте модели двух резьбовых деталей, показанных на рис. 6.37 и 6.38.

*Решение.* Выполним задание, следуя уже известному алгоритму.

1. Моделирование детали «Втулка опорная».

1.1. Создаем документ типа *Деталь* и сохраняем его под именем *Втулка опорная*.

Поскольку форма детали в основном ограничена поверхностями вращения, имеющими общую ось, наиболее быстрый результат при ее моделировании принесет использование метода вращения.

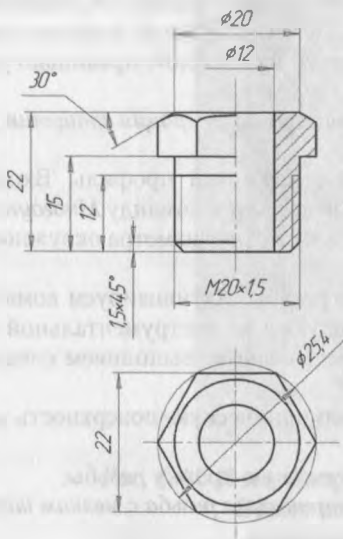


Рис. 6.37. Втулка опорная

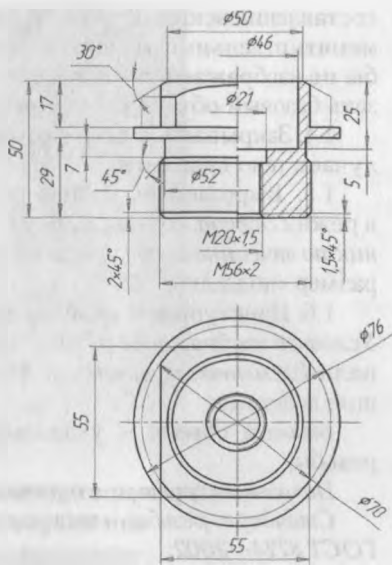


Рис. 6.38. Крышка

1.2. В плоскости  $XU$  рисуем эскиз контура вращения (рис. 6.39). Для этого проводим вертикальную осевую линию и с помощью команды *Непрерывный ввод объектов* строим ломаную линию контура вращения без точного соблюдения размеров детали.

1.3. Подключаем инструментальную панель *Размеры* и нажимаем кнопку *Линейный размер*. Наносим размеры детали от начала координат или от осевой линии, как это показано на рис. 6.39.

При задании того или иного размера возникает окно *Установить значение размера*, в котором и проставляем необходимый размер. Изображение корректируется. Такой способ позволяет ускорить процесс

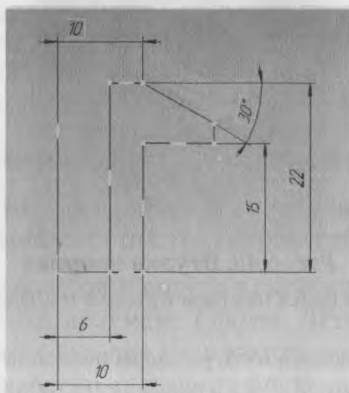


Рис. 6.39. К моделированию детали «Втулка опорная». Эскиз контура вращения

составления эскиза. В дальнейшем, в случае необходимости, можно изменять отдельные размеры детали или ее форму. Фаску в начале резьбы не изображаем, так как наличие фаски не позволит правильно указать базовый объект для построения резьбы.

1.4. Закрываем *Эскиз* и с помощью команды *Операция вращения* получаем тело вращения.

1.5. Вырезаем выдавливанием шестигранный профиль. Входим в режим *Эскиза*. При создании эскиза используем команду *Многоугольник по вписанной окружности*, указав в качестве диаметра окружности размер «под ключ» 22.

1.6. Приступаем к моделированию резьбы. Активизируем команду *Условное изображение резьбы*, находящуюся на инструментальной панели *Элементы оформления*. На *Панели свойств* выполняем следующие действия:

*Базовый объект* — указываем цилиндрическую поверхность для резьбы;

*Начальная граница* — отмечаем начальную кромку резьбы;

*Стандарт резьбы* — выделяем *Метрическая резьба с мелким шагом ГОСТ 8724—2002*;

*Номинальный диаметр резьбы* — вводим значение 20;

*Шаг* — 1,5;

*Резьба* — выбираем *На заданную длину*;

*Длина резьбы* — 12.

1.7. На поверхности модели получим условное изображение резьбы в виде тонкой цветной линии. Фиксируем изображение кнопкой *Создать объект*.

1.8. С помощью команды *Фаска* панели *Редактирование детали* снимаем фаску в начале резьбы длиной 1,5 мм под углом 45°.

Моделирование втулки опорной завершено (рис. 6.40).

2. Моделирование детали «Крышка».

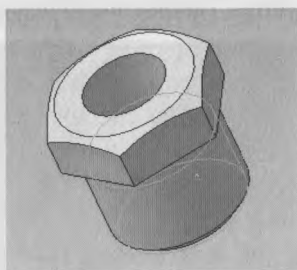


Рис. 6.40. Втулка опорная

2.1. Следующий файл назовем *Крышка* и создадим модель по чертежу рис. 6.38.

2.2. Контур вращения и его размеры показаны на рис. 6.41. Диаметр отверстия под резьбу  $M20 \times 1,5$  находим по таблице *Выбор параметров стандартной резьбы*, вызываемой из *Панели свойств* операции *Условное изображение резьбы*.

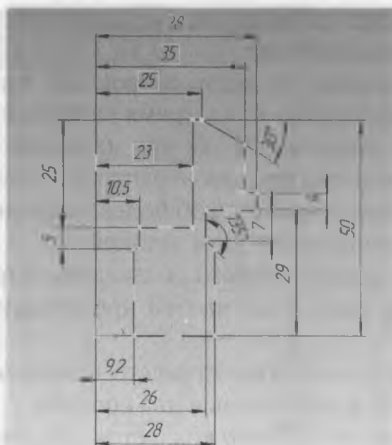


Рис. 6.41. К моделированию детали «Крышка».  
Эскиз контура вращения

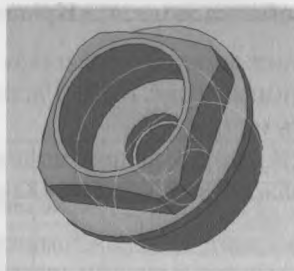


Рис. 6.42. Крышка

2.3. После операции вращения обрезаем цилиндр диаметром 70 мм с помощью квадратного профиля со стороной 55 мм на глубину 17 мм.

2.4. Создаем условное изображение резьбы: сначала наружной с параметрами  $M56 \times 2$ , а затем внутренней  $M20 \times 1,5$ . Снимаем фаски в начале резьбы  $2 \times 45^\circ$  и  $1,5 \times 45^\circ$ .

Модель детали «Крышка» показана на рис. 6.42.

## 6.2.6. Моделирование сборочной единицы

### 6.2.6.1. Документ *Сборка*. Краткие сведения о возможностях трехмерной сборки

Для построения сборочной модели в системе «КОМПАС-3D» существует специальный документ *Сборка*. Детали и другие составные части сборочной единицы называются *компонентами* сборки. После открытия документа они по очереди вызываются в *Окно документа*. С помощью различных операций, доступных в *Сборке*, можно передвигать, вращать, задавать параметрические связи меж-

составления эскиза. В дальнейшем, в случае необходимости, можно изменять отдельные размеры детали или ее форму. Фаску в начале резьбы не изображаем, так как наличие фаски не позволит правильно указать базовый объект для построения резьбы.

1.4. Закрываем *Эскиз* и с помощью команды *Операция вращения* получаем тело вращения.

1.5. Вырезаем выдавливанием шестигранный профиль. Входим в режим *Эскиза*. При создании эскиза используем команду *Многоугольник по вписанной окружности*, указав в качестве диаметра окружности размер «нод ключ» 22.

1.6. Приступаем к моделированию резьбы. Активизируем команду *Условное изображение резьбы*, находящуюся на инструментальной панели *Элементы оформления*. На *Панели свойств* выполняем следующие действия:

*Базовый объект* — указываем цилиндрическую поверхность для резьбы;

*Начальная граница* — отмечаем начальную кромку резьбы;

*Стандарт резьбы* — выделяем *Метрическая резьба с мелким шагом ГОСТ 8724–2002*;

*Номинальный диаметр резьбы* — вводим значение 20;

*Шаг* — 1,5;

*Резьба* — выбираем *На заданную длину*;

*Длина резьбы* — 12.

1.7. На поверхности модели получим условное изображение резьбы в виде тонкой цветной линии. Фиксируем изображение кнопкой *Сохранить объект*.

1.8. С помощью команды *Фаска* панели *Редактирование детали* снимаем фаску в начале резьбы длиной 1,5 мм под углом 45°.

Моделирование втулки опорной завершено (рис. 6.40).

2. Моделирование детали «Крышка».

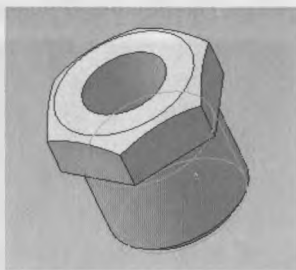


Рис. 6.40. Втулка опорная

2.1. Следующий файл назовем *Крышка* и создадим модель по чертежу рис. 6.38.

2.2. Контур вращения и его размеры показаны на рис. 6.41. Диаметр отверстия под резьбу М20×1,5 находим по таблице *Выбор параметров стандартной резьбы*, вызываемой из *Панели свойств* операции *Условное изображение резьбы*.

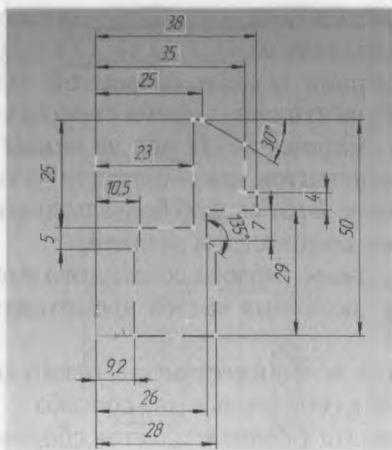


Рис. 6.41. К моделированию детали «Крышка». Эскиз контура вращения

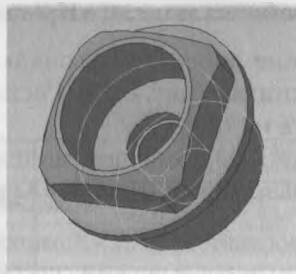


Рис. 6.42. Крышка

2.3. После операции вращения обрезаем цилиндр диаметром 70 мм с помощью квадратного профиля со стороной 55 мм на глубину 17 мм.

2.4. Создаем условное изображение резьбы: сначала наружной с параметрами  $M56 \times 2$ , а затем внутренней  $M20 \times 1,5$ . Снимаем фаски в начале резьбы  $2 \times 45^\circ$  и  $1,5 \times 45^\circ$ .

Модель детали «Крышка» показана на рис. 6.42.

## 6.2.6. Моделирование сборочной единицы

### 6.2.6.1. Документ *Сборка*. Краткие сведения о возможностях трехмерной сборки

Для построения сборочной модели в системе «КОМПАС-3D» существует специальный документ *Сборка*. Детали и другие составные части сборочной единицы называются *компонентами* сборки. После открытия документа они по очереди вызываются в *Окно документа*. С помощью различных операций, доступных в *Сборке*, можно передвигать, вращать, задавать параметрические связи меж-

ду деталями и их элементами, а также редактировать компоненты сборки или даже создавать их.

Создание трехмерной модели сборочной единицы в системе «КОМПАС-3D» осуществляется тремя способами:

- *способ 1* — формирование сборки на основе уже разработанных моделей ее компонентов, как это практически происходит при изготовлении изделия. Этот способ более подходит для сборочных единиц с небольшим количеством деталей;

- *способ 2* — на основе первого созданного компонента моделирование остальных составных частей происходит прямо в *Сборке* в режиме 3D;

- *способ 3* — чаще всего имеет место некий комбинированный способ, сочетающий в себе первые два способа.

На основе документа *Сборка* создается сборочный чертеж, имеющий ассоциативные связи с трехмерной моделью, а также основной документ сборочной единицы — спецификация.

### 6.2.6.2. Разработка модели «Крышка в сборе»

Резьбовое соединение деталей «Крышка» и «Втулка опорная» образует сборочную единицу (рис. 6.43). Располагая моделями этих деталей, можно создать их сборку.

Рассмотрим порядок действий при моделировании сборочной единицы на примере разработки модели «Крышка в сборе».

**Пример 6.9.** Разработайте модель «Крышка в сборе».

*Решение.* Выполним задание первым способом.

1. Начало работы. Прежде всего присвоим моделям *Крышка* и *Втулка опорная* характерные для них свойства. Для этого открываем файл модели, в *Окне документа* вызываем правой кнопкой мыши контекстное меню, выделяем в нем строку *Свойства модели* и на *Панели свойств* задаем *Обозначение модели*, *Наименование* (*Крышка* или *Втулка опорная*) и *Цвет*, которым она будет отмечена в сборке. Сохраняем модель с новыми свойствами.

2. Создание документа *Сборка*. В *Главном меню* открываем: *Файл* → *Создать* → диалоговое окно *Новый документ* → *Сборка*. Присваиваем имя документу — *Крышка в сборе*.

В левой части открывшегося документа располагаются *Компактная панель* и *Дерево модели*. В верхней части *Компактной панели* находится кнопка *Редактирование сборки* (рис. 6.44), включив которую получаем список команд для управления моделью. В нашем случае основными являются команды *Добавить из файла*, *Переместить компонент*, *Повернуть компонент*.

*Дерево модели* содержит отображение плоскостей проекций и начала координат, а также перечисление вставленных в сборку компонентов и сопряжений.



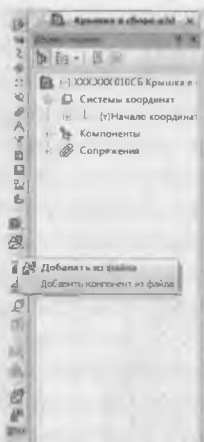


Рис. 6.44. Добавление компонента в файл сборки

Добавляем в Сборку компонент *Втулка опорная* (рис. 6.45). Его положение сначала указывается произвольно в любом месте *Окна документа*. Для перемещения компонента вручную система располагает двумя кнопками на панели *Редактирование сборки: Переместить компонент* и *Повернуть компонент*.

4. Сопряжения компонентов. Далее формируем необходимые сопряжения между компонентами. Команды, обеспечивающие сопряжения, находятся на странице *Сопряжения* панели *Редактирование сборки* (рис. 6.46).

4.1. Прежде всего зададим соосность деталей. С помощью команды *Соосность* последовательно указываем любую цилиндрическую по-

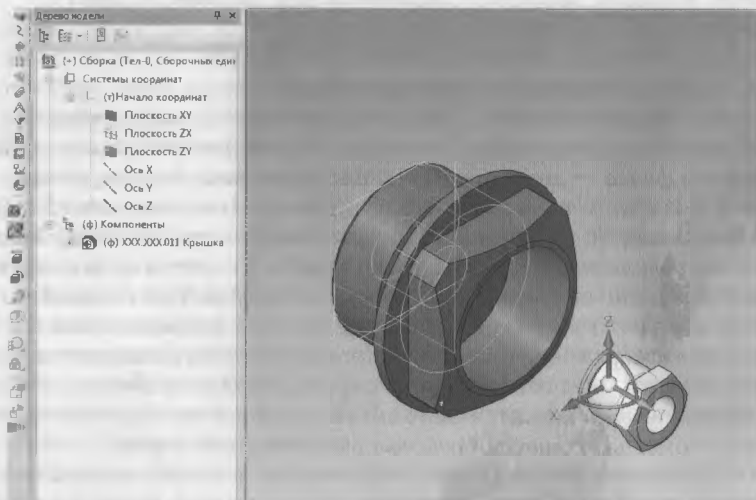


Рис. 6.45. Размещение компонентов в файле сборки

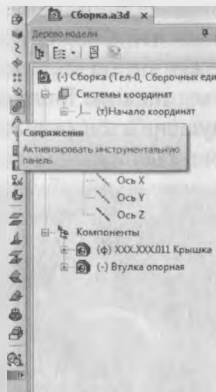


Рис. 6.46. Вызов команды *Сопряжения*

верхность сначала на модели *Крышка*, а затем на модели *Втулка опорная*. При этом контуры объектов сопряжения выделяются красными линиями. Затем, используя команду *Параллельность*, добьемся параллельности граней призматических элементов обеих деталей.

4.2. Теперь надо установить окончательное положение *Втулки* относительно *Крышки*. Нажимая на кнопку *Повернуть* на панели *Вид*, поворачиваем изображение так, чтобы были доступны внутренние поверхности *Крышки*. Вызываем команду *Совпадение объектов* и курсором указываем поверхности *Крышки* и *Втулки*, которые должны быть совмещены. В результате выполнения команд система поставит *Втулку* в нужное положение (рис. 6.47).

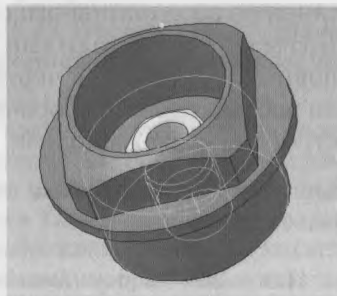
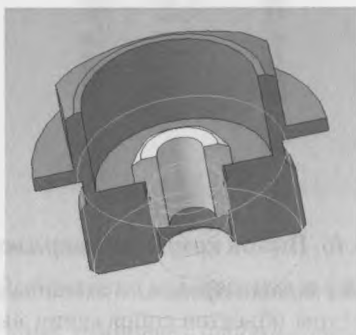


Рис. 6.47. Позиционирование деталей сборки

4.3. Изменения, вносимые при формировании *Сборки*, могут нарушить установленные связи и ограничения между ее компонентами. В таких случаях в *Дереве модели* против компонента, редактирование которого вызвало эти нарушения, появляется красный флажок.

Нарушения можно устранить, перестроив *Сборку*. Для этого на панели *Вид* надо нажать кнопку *Перестроить*. Если же после перестроения нарушения сохранились, система сигнализирует об этом появлением восклицательного знака в *Дереве модели* рядом с обозначением

сопряжения, которое не может быть осуществлено из-за ошибки редактирования. Это означает, что *Сборка* требует внесения изменений. Установить ошибки поможет вызов контекстного меню на строчке, помеченной восклицательным знаком. В окне команды *Что неверно?* находим перечисление допущенных в результате редактирования ошибок. Вносим исправления в *Сборку*.



*Рис. 6.48. Сечение сборки*

Для визуальной оценки правильности сборки существуют команды *Сечение поверхностью* на панели *Редактирование модели* или *Сечение модели* на панели *Вид*. В *Дереве модели* указывается секущая плоскость. Система покажет сечение сборки (рис. 6.48).

Сохраняем файл модели сборки без сечения.

### 6.2.6.3. Ассоциативный сборочный чертеж

Приступая к выполнению ассоциативного сборочного чертежа, необходимо ознакомиться с требованиями, предъявляемыми ГОСТ 2.109–73 «Основные требования к чертежам». В остальном действия при создании ассоциативного сборочного чертежа схожи с действиями при построении чертежа модели.

**Пример 6.10.** Выполните ассоциативный сборочный чертеж по 3D-модели «Крышка в сборе».

*Решение*

1. Начало работы. Нажимаем кнопку *Новый чертеж из модели* на панели *Редактирование сборки*. В данном случае соглашаемся с предложенным форматом A4. Сохраняем документ под именем *Крышка в сборе*. В основную надпись чертежа система автоматически передаст обозначения и наименования, присвоенные пользователем в свойствах составных частей сборки.

2. Построение изображений.

2.1. Подключаем *Дерево чертежа*. В нашем случае сборочный чертеж будет состоять из одного лишь фронтального разреза (см. рис. 6.43).

2.2. Активизируем инструментальную панель *Виды*, а на ней — команду *Произвольный вид*. С помощью этой команды получаем вид спереди.

2.3. Затем вызываем команду *Проекционный вид* и строим, например, вид сверху (рис. 6.49). Этот вид понадобится для задания секущей плоскости фронтального разреза, которым мы заменим вид спереди. Последовательность действий при выполнении этих операций находим на *Панели свойств* → вкладка *Справка*. Изображение *Вид 1* удаляем. На его месте будет расположен разрез.

2.4. Открываем команду *Линия разреза*, находящуюся на инструментальной панели *Обозначения*. Следим, чтобы была активна привязка *Выравнивание* на панели *Глобальные привязки*. Задаем фронтальную секущую плоскость, проходящую через центр изделия, и строим разрез.

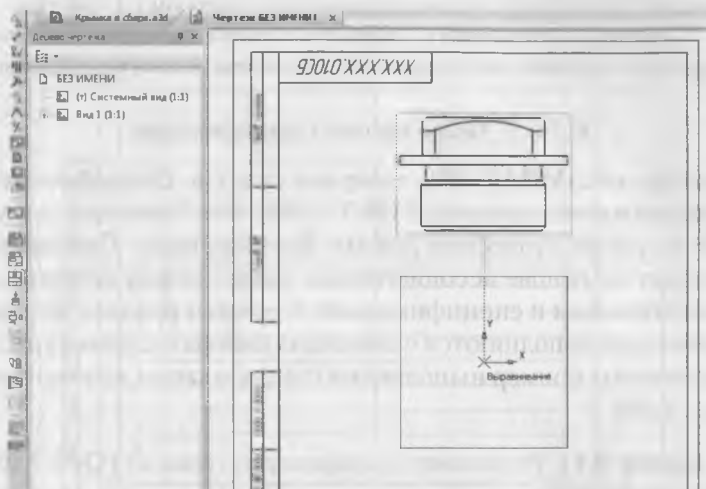


Рис. 6.49. Построение изображений на ассоциативном сборочном чертеже

### 3. Редактирование сборочного чертежа.

3.1. Проверяем правильность полученного изображения. При желании меняем его масштаб или вносим другие изменения. Для этого вызываем контекстное меню и выделяем строку *Параметры вида*. В результате появляется *Панель свойств* команды, с помощью которой было построено изображение. Изменяем масштаб разреза на 2: 1.

3.2. После уточнения изображений с помощью контекстного меню разрушаем разрез А—А и удаляем вид сверху, а также обозначение разреза.

3.3. Для исправления штриховки смежного сечения резьбового соединения удаляем штриховку *Втулки*, меняем линию внутренней поверхности резьбы на тонкую и создаем штриховку еще один раз.

Штриховку крышки тоже надо выполнить заново. Следим, чтобы штриховки деталей отличались.

3.4. Строим осевую линию через центр изображения.

4. Нанесение номеров позиций. *Панель Обозначения* содержит команду *Обозначение позиций*. На *Панели свойств* этой команды во вкладке

*Параметры* можно задать направление и расположение полки, способ размещения текста и т.д.

4.1. Прежде всего надо указать точку начала линии-выноски, затем точку начала полки. При этом номер позиции задается автоматически. Для изменения номера позиции раскрываем диалоговое окно *Введите текст* и вводим нужное число. Завершаем операцию, нажав на кнопку *Создать объект*.

4.2. Для выравнивания номеров позиций нажимаем кнопки *Выровнять позиции по горизонтали* или *Выровнять позиции по вертикали*, находящиеся внутри команды *Обозначение позиций*. Кнопки станут активными, если номера позиций выделены курсором на чертеже.

5. Внесение изменений в основную надпись. Завершив выполнение сборочного чертежа, исправляем и дополняем основную надпись.

#### 6.2.6.4. Выполнение спецификации

Система «КОМПАС-3D» содержит модуль *Спецификация*, составленный в соответствии с ГОСТ 2.106—96 «Текстовые документы». В полуавтоматическом режиме формирование *Спецификации* происходит на основе ассоциативных связей между моделью, сборочным чертежом и спецификацией. В ручном режиме все ячейки *Спецификации* заполняются с помощью набора с клавиатуры.

Рассмотрим пример выполнения спецификации в ручном режиме (рис. 6.50).

**Пример 6.11.** Выполните спецификацию согласно ГОСТ 2.106—96 в ручном режиме.

*Решение*

1. Создаем документ *Спецификация*: меню *Файл* → *Создать* → *Спецификация*. На *Компактной панели*, расположенной слева, должна быть активна кнопка *Спецификация*.

2. На панели *Вид* нажимаем кнопку *Масштаб по высоте листа*. В этом случае *Спецификация* будет размещена на экране на всю его высоту.

3. На панели *Вид* должна быть активна кнопка *Нормальный режим*, а кнопка *Разметка страниц* неактивна.

4. С помощью кнопки *Добавить базовый объект* выводим на экран окно *Выберите раздел* и в *Списке разделов* находим первый раздел — *Документация*. Заполняем графы выделенной строки. При переходе к следующей графе используем клавишу *tab* на клавиатуре. Для заполнения графы *Обозначение* на *Панели свойств* выделяем *формат А* и убираем курсив. Заканчиваем заполнение каждой строки нажатием кнопки *Создать объект*. Перед заполнением следующей строки раздела нажимаем кнопку *Добавить вспомогательный объект*.

5. Перед созданием нового раздела на панели *Текущее состояние* устанавливаем количество резервных строк между разделами. По умол-



8. Для перехода к следующей детали активизируем команду *Добавить базовый объект* на панели *Спецификация*. Курсор переместится в следующую строчку раздела. Последовательно заполним все строчки раздела.

9. Добавляем другие разделы, если они имеются, и заполняем их в ручном режиме.

10. Завершив заполнение *Спецификации*, включаем кнопку *Разметка страниц* на панели *Вид*. Дважды щелкаем левой кнопкой мыши в любом месте основной надписи и заполняем ее (см. рис. 6.50).

## Вопросы и задания для самоконтроля

6.1. Как классифицируются современные САПР по принципу функциональности? К какому типу САПР относится система «КОМПАС-3D»?

6.2. Перечислите функциональные возможности САПР «КОМПАС-3D».

6.3. Приведите классификацию современных САПР по целевому назначению. К какому виду САПР относится система «КОМПАС-3D»?

6.4. Возможно ли продолжить работать с моделью, созданной в системе «КОМПАС-3D», в других САПР? Если да, то при каких условиях?

6.5. Что подразумевается под свойством ассоциативности чертежа и 3D-модели?

## Упражнения

**Упражнение 6.1.** Выполните изображение многоугольников в КОМПАС-3D: правильного пятиугольника, шестиугольника и восьмиугольника. Размеры многоугольника задайте самостоятельно.

**Упражнение 6.2.** Выполните чертеж плоской детали с элементами сопряжений, изображенной на рис. 6.51. Нанесите размеры. Толщину детали принять за 5 мм. Размер  $R^*$  определяется построением.

**Упражнение 6.3.** По заданным на рис. 6.52 проекциям пирамиды создайте ассоциативный чертеж. Нанесите размеры.

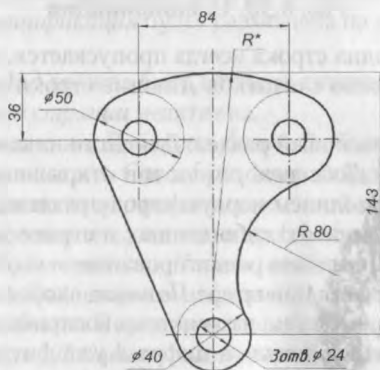


Рис. 6.51. Исходные данные к упражнению 6.2

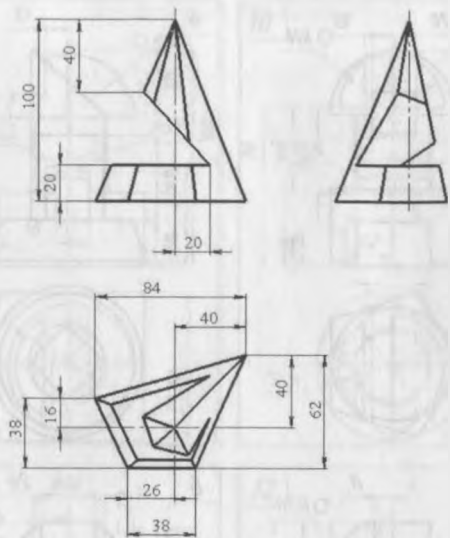


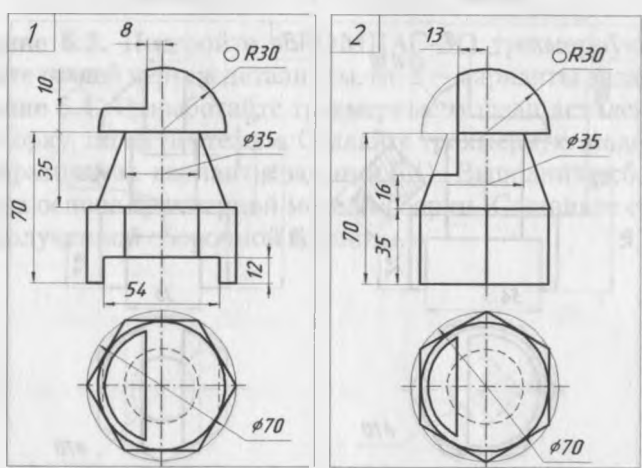
Рис. 6.52. Исходные данные к упражнению 6.3

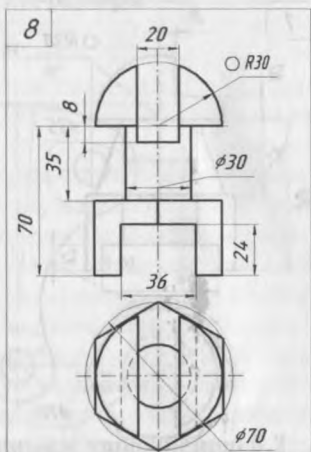
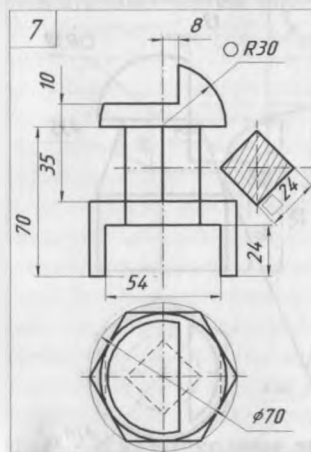
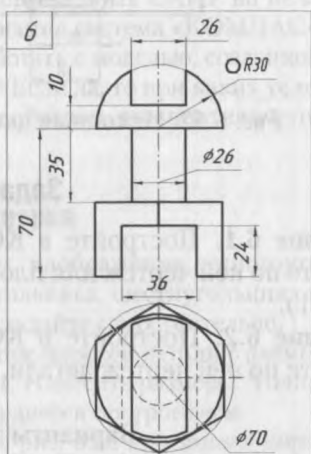
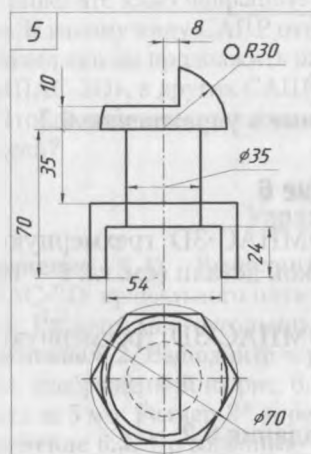
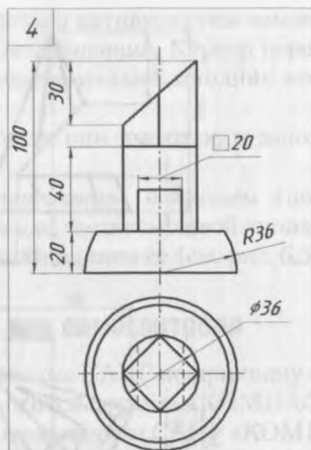
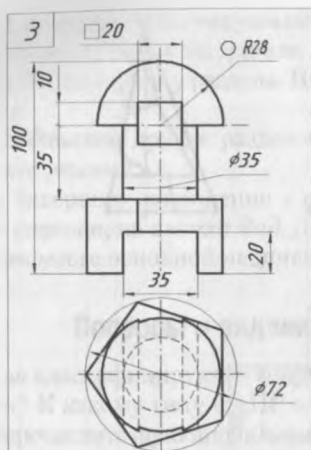
### Задание 6

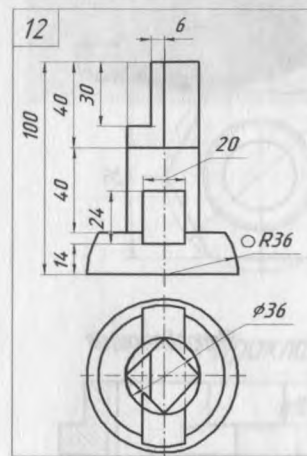
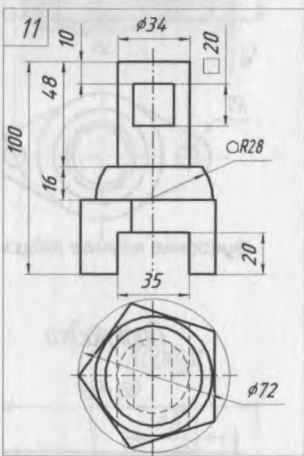
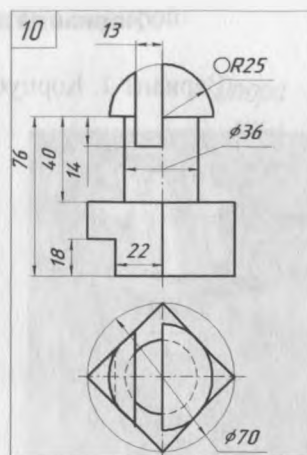
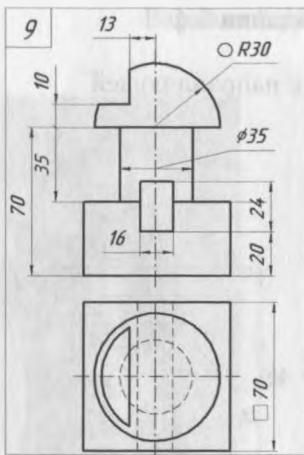
**Задание 6.1.** Постройте в КОМПАС-3D трехмерную модель и создайте по ней чертеж для плоской детали (см. гл. 1 – варианты задания 1).

**Задание 6.2.** Постройте в КОМПАС-3D трехмерную модель и создайте по ней чертеж детали.

### Варианты задания 6.2





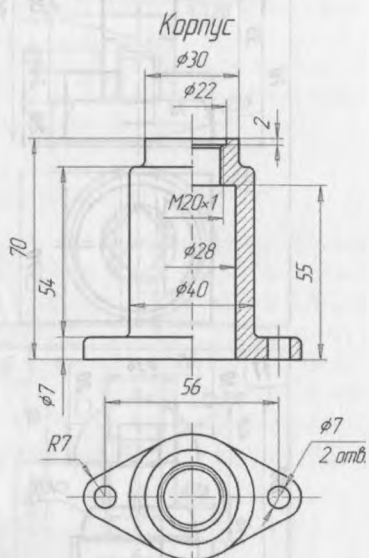
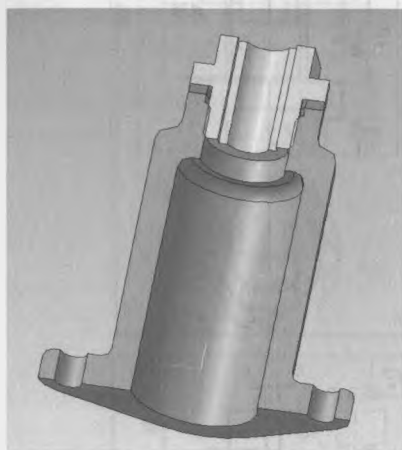


**Задание 6.3.** Постройте в КОМПАС-3D трехмерную модель и создайте по ней чертеж детали (см. гл. 2 – варианты задания 2.2).

**Задание 6.4.** Разработайте трехмерные модели деталей, входящих в сборку, по их чертежам. Создайте трехмерную модель сборки по образцу (см. варианты задания 6.4). Выполните сборочный чертеж на основе трехмерной модели сборки. Составьте спецификацию полученной сборочной единицы.

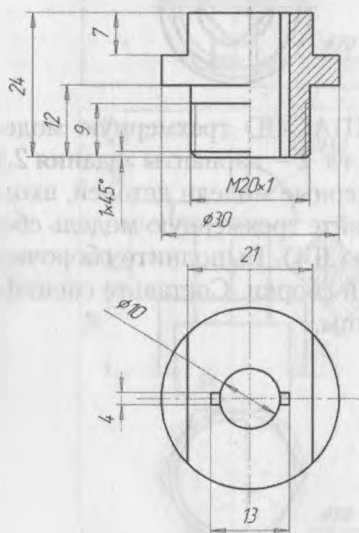
## Варианты задания 6.4

### Вариант 1. Корпус с направляющей



Неуказанные литейные радиусы — 2.3 мм

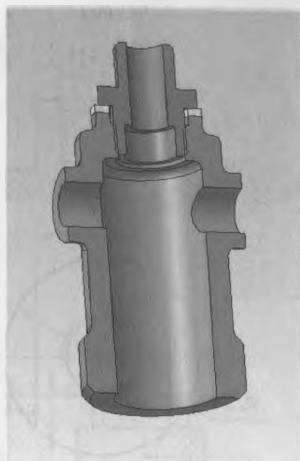
Направляющая



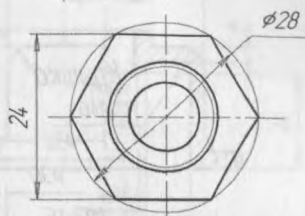
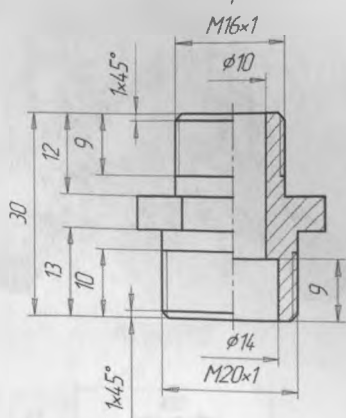
Прокладка



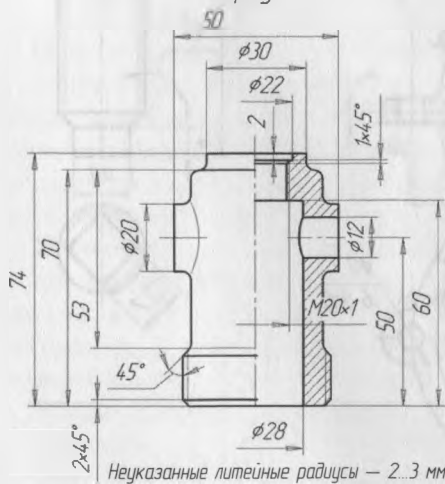
## Вариант 2. Корпус с опорой



Опора

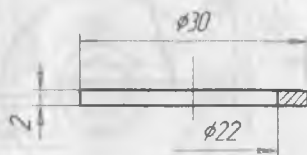


Корпус

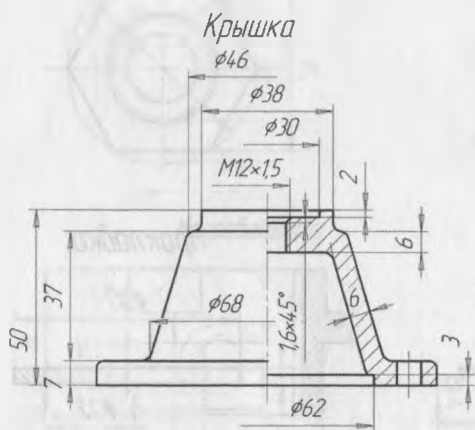
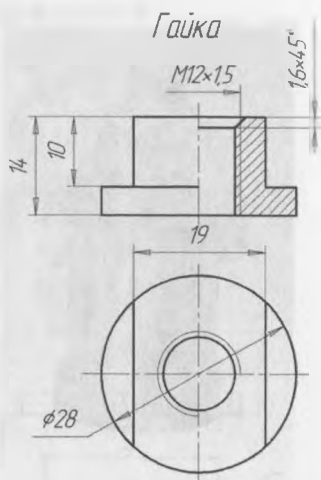
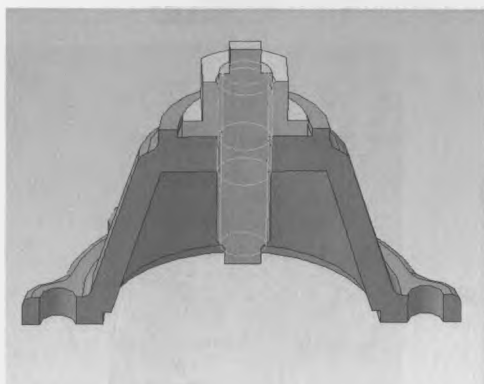


Неуказанные литейные радиусы — 2..3 мм

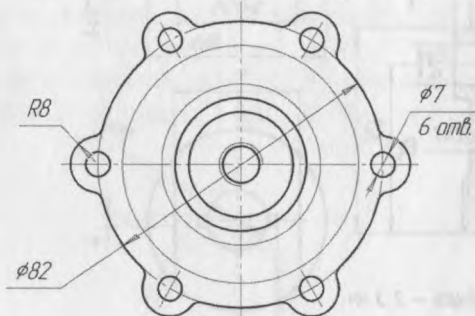
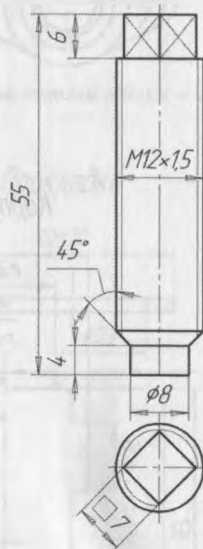
Прокладка



### Вариант 3. Крышка с винтом

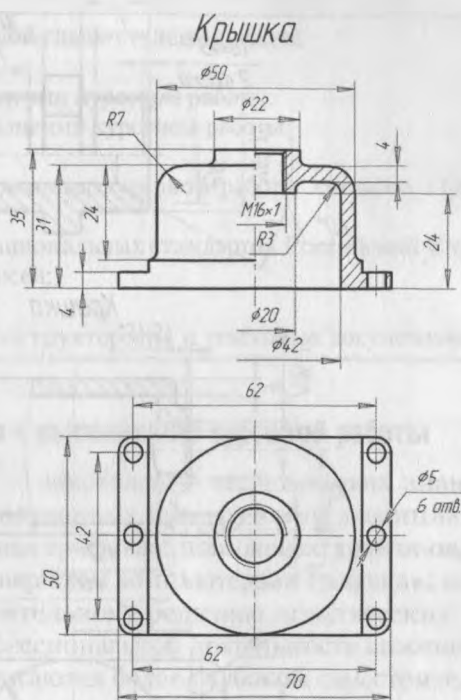
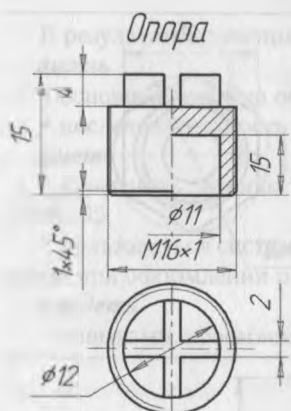
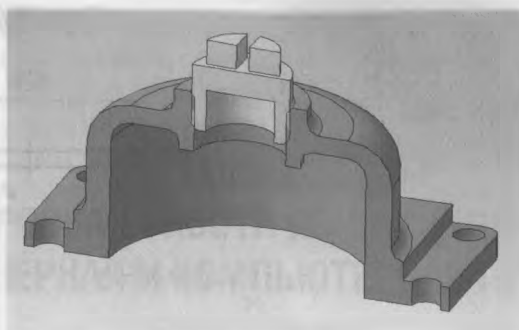


### Винт регулировочный



Неуказанные литейные радиусы — 2.3 мм

Вариант 4. Крышка с опорой



Неуказанные литейные радиусы – 2 3 мм



## Глава 7

# КУРСОВАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

---

В результате изучения данной главы студент должен:

**знать**

- основные правила оформления курсовой работы;
- последовательность выполнения курсовой работы;

**уметь**

- применять правила оформления курсовой работы согласно ГОСТ 2.105–95;
- пользоваться системой национальных стандартов Российской Федерации при оформлении рукописей;

**владеть**

- навыками оформления конструкторских и текстовых документов.
- 

### 7.1. Общие требования к выполнению курсовой работы

**Цели курсовой работы** — закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных при изучении дисциплины «Инженерная и компьютерная графика»; повышение уровня овладения дисциплиной «Инженерная и компьютерная графика»; контроль готовности к самостоятельному решению практических задач в области будущей профессиональной деятельности инженера.

Поставленные цели достигаются более глубокой самостоятельной проработкой отдельных тем курса «Инженерная и компьютерная графика», таких как выполнение групповых конструкторских документов, выполнение чертежей деталей сложной формы с криволинейными поверхностями и др.

В ходе оформления курсовой работы студенты изучают правила выполнения чертежей изделий с учетом их целевого назначения и способов изготовления, например, деталей из листового материала, литых деталей, деталей, полученных горячей штамповкой, методом холодной пластической деформации, и др.

**Структура курсовой работы** включает в себя:

- титульный лист;
- содержание;
- текст пояснительной записки, состоящий из введения, основной части (разделы и подразделы, т.е. главы, параграфы и подпараграфы) и заключения;
- список использованной литературы;
- приложение.

**Пояснительная записка** составляется в следующем порядке:

1) *титульный лист* является первым листом пояснительной записки и заполняется по форме, приведенной на рис. 7.1;

2) *содержание* включает наименование всех структурных частей работы (кроме титульного листа);

<i>Наименование учебного заведения (шрифт 5 с наклоном)</i>	
<i>Наименование кафедры</i>	
<i>Курсовая работа (шрифт 7 накл.)</i>	
<i>на тему</i>	
<i>"Чертежи пружин"</i>	
<i>Студент группы</i> _____	<i>Иванов И.И.</i>
<i>Преподаватель</i> _____	<i>Петров И.И.</i>
<i>2016 г.</i>	

Рис. 7.1. Пример оформления титульного листа курсовой работы

3) *введение* содержит анализ литературных и других источников, цели и задачи работы;

4) *основная часть* содержит текст, раскрывающий суть темы курсовой работы с поясняющими иллюстрациями. Необходимо осветить вопрос широко, с приведением систематизации, классификации, выделением общих черт и различий рассматриваемых объектов. Например, в курсовой работе на тему «Чертежи пружин» сначала следует дать классификацию пружин: пружины растяжения и пружины сжатия. Затем необходимо указать, в чем заключается сходство и различие изображения этих видов пружин на чертежах, привести примеры чертежей для каждого вида пружин.

При выполнении курсовой работы на тему «Технические указания на чертежах деталей» следует на основе анализа ЕСКД, учебной и справочной литературы систематизировать сведения о возможных формулировках технических требований на чертежах деталей и, например, сгруппировать их в таблицу (или список) в зависимости от способа изготовления деталей: технические требования для литых деталей; технические требования для штампованных деталей; технические требования для деталей, изготавливаемых механической обработкой, и т.п.;

5) *заключение* содержит общие итоги курсовой работы и основные выводы;

6) *список использованной литературы* содержит перечень стандартов ЕСКД, учебной и справочной литературы, использованной при написании курсовой работы;

7) *приложение* включает обобщающий чертеж по теме работы. Студент самостоятельно проектирует изделие и выполняет его чертеж, консультируясь с преподавателем.

### **Оформление курсовой работы**

**Форматирование.** Курсовая работа оформляется согласно требованиям, установленным ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам», методом компьютерной графики на листах формата А4, А3. Слева остаются поля для подшивки. Рекомендуются следующие размеры полей: левое (для подшивки) — не менее 30 мм, правое — не менее 10 мм, верхнее — не менее 15 мм, нижнее — не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15–17 мм. Рекомендуемый шрифт — Times New Roman, размер шрифта — 12 или 14.

**Нумерация разделов и подразделов.** Нумерация параграфов (подразделов) в курсовой работе должна быть порядковой в пределах каждой главы (раздела). Номер параграфа должен состоять из порядкового номера главы и порядкового номера параграфа этой главы, разделенных точкой. Таким же образом нумеруются подпа-

раграфы. Отметим также, что нумерация обозначается арабскими цифрами и точка после номера структурной единицы текста (глава, параграф, подпараграф) не ставится (пример 7.1).

**Заголовки.** Разделы и подразделы курсовой работы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов и подразделов. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Расстояние между заголовком и текстом — 1,5–2 строки. Каждый раздел курсовой работы рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Слово «Содержание» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Если в курсовой работе принята особая система сокращения слов или наименований, то в ней должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в начале курсовой работы перед разделом «Введение».

**Объем курсовой работы** — 20–25 страниц.

Нумерация страниц начинается с титульного листа, но номер страницы на нем не ставится. Страницы нумеруются арабскими цифрами, которые ставятся в правом верхнем углу. Страницы текста, которые имеют формат больше А4, не нумеруются, но учитываются как две страницы в последовательности нумерации страниц пояснительной записки. Раздел «Содержание» также включается в общее количество листов данного документа.

Далее представлен пример раздела «Содержание» курсовой работы по теме «Правила выполнения и чтения групповых конструкторских документов».

### Пример 7.1

#### Содержание

Сокращения

Введение

1. Конструкторские документы

1.1. Виды и комплектность конструкторских документов

1.1.1. Виды конструкторских документов по ГОСТ 2.102–68.

1.1.2. Комплектность конструкторских документов по ГОСТ 2.102–68

1.1.3. Обозначения изделий и конструкторских документов

1.2. Групповые конструкторские документы

1.2.1. Особенности чтения групповых чертежей деталей

1.2.2. Особенности чтения групповых чертежей сборочных единиц

2. Оформление конструкторских документов

3. Заключение

Список литературы

Приложение

**Иллюстрации** в пояснительной записке располагаются по тексту после первой ссылки на них. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1».

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например «Рисунок 1.1». Допускается не нумеровать мелкие иллюстрации (мелкие рисунки), которые размещены непосредственно в тексте и на которые в дальнейшем нет ссылок.

При ссылках на иллюстрации следует писать «...в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «...в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела. Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование рисунка помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: «Рисунок 1 — Обозначение сварного соединения».

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия (сборочной единицы), то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей. Допускается, при необходимости, номер, присвоенный составной части изделия на иллюстрации, сохранять в пределах текста курсовой работы.

**Список использованной литературы** необходимо оформлять в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5—2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

## 7.2. Порядок выполнения и защиты курсовой работы

**Порядок выполнения курсовой работы.** Выполнение курсовой работы включает четыре этапа.

### *Этап I*

1. Собрать весь возможный материал, относящийся к теме, из различных источников (рекомендованных преподавателем и подобранных самостоятельно).

2. Составить список использованной литературы.

### *Этап II*

1. Проанализировать собранный материал, составить план работы и рабочее содержание (выделить возможные разделы, подразделы и пункты).

2. Систематизировать весь графический материал.

3. Согласовать собранный материал с преподавателем.

4. Согласовать с преподавателем количество и содержание чертежей по теме курсовой работы.

### *Этап III*

1. Написать текст пояснительной записки.

2. Выполнить чертежи.

3. Оформить пояснительную записку.

*Этап IV.* По теме работы в разделе «Приложение» выполнить чертеж детали или (для сборочной единицы) спецификацию и сборочный чертеж.

**Порядок защиты курсовой работы.** Защита курсовой работы может проводиться как индивидуально (беседа с преподавателем один на один), так и публично (выступление перед группой студентов). Вторым вариантом защиты является предпочтительным, так как способствует развитию навыков публичного выступления.

В ходе защиты курсовой работы студент должен ответить на вопросы преподавателя (или аудитории, при публичной защите) по теме курсовой работы, а также представить на проверку чертежи, приведенные в разделе «Приложение».

При публичной защите студенту необходимо представить презентацию на тему курсовой работы. Слайды презентации должны содержать основные положения текста пояснительной записки. Количество слайдов не должно быть меньше количества структурных единиц текста, указанных в содержании курсовой работы.

Учебным графиком освоения дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» на выполнение курсовой работы отведено 10 недель. Выдача курсовых работ запланирована на третью неделю.

## **7.3. Тематика курсовых работ**

1. Общие сведения об изделиях и их составных частях.

2. Количество изображений на чертеже детали. Выбор главного изображения.

3. Нанесение размеров на чертежах.

4. Технические указания на чертежах деталей.

5. Правила обозначения шероховатости поверхности на чертежах.

6. Изображение типовых элементов деталей на чертеже.
7. Чертежи деталей из листового материала.
8. Чертежи круглых деталей.
9. Чертежи литых деталей.
10. Чертежи деталей, полученных горячей штамповкой.
11. Чертежи пружин.
12. Чертежи цилиндрических зубчатых колес.
13. Изображение и обозначение резьбы на чертежах деталей.
14. Изображение на чертежах резьбовых соединений.
15. Изображение на чертежах шпоночных соединений.
16. Изображение на чертежах шлицевых соединений.
17. Изображение на чертежах соединений заклепками.
18. Изображение на чертежах сварных соединений.
19. Изображение на чертежах соединений, получаемых пайкой и склеиванием.
20. Изображение на чертежах передачи зацеплением цилиндрическими зубчатыми колесами.
21. Сборочный чертеж. Спецификация.
22. Чертеж общего вида.
23. Упрощения на сборочных чертежах и чертежах общего вида.
24. Стандартные аксонометрические проекции.
25. Построение сечений геометрических тел наклонной плоскостью (многогранника, цилиндра, конуса, сферы).

# Тесты<sup>1</sup>

## Тест 1

1. Какой из форматов допускается использовать только в вертикальном положении:

- 1) A0;
- 2) A1;
- 3) A3;
- 4) A4?

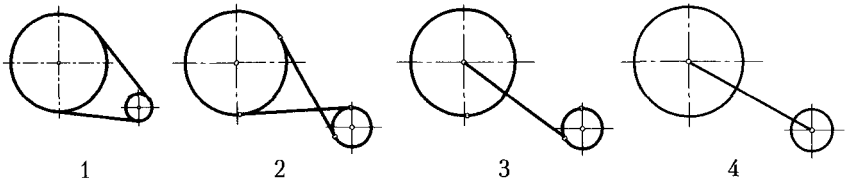
Ответ: \_\_\_\_\_.

2. Какие типы шрифта используются на учебных чертежах:

- 1) тип А без наклона ( $d = h/14$ );
- 2) тип А с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = h/14$ );
- 3) тип Б без наклона ( $d = h/10$ );
- 4) тип Б с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = h/10$ )?

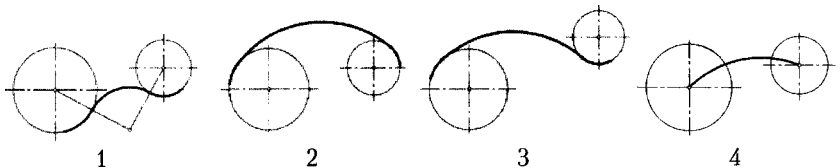
Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Какой рисунок иллюстрирует случай внутреннего сопряжения окружностей и прямой:



Ответ: \_\_\_\_\_.

4. Какой рисунок иллюстрирует случай внешнего сопряжения окружностей:



Ответ: \_\_\_\_\_.

<sup>1</sup> Номер теста соответствует номеру главы, к которой составлены тестовые задания.

**5. Какой размер шрифта применяется для написания размерных чисел на чертежах:**

- 1) шрифт размером 5 мм, прямой;
- 2) шрифт размером 7 мм, наклонный;
- 3) шрифт размером 5 мм, наклонный;
- 4) шрифт размером 3,5 мм, наклонный?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**6. Какое минимальное расстояние может быть между размерной линией и линией контура изображения:**

- 1) любое;
- 2) 10 мм;
- 3) 7 мм;
- 4) 5 мм?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**7. Какой тип линии применяется на чертежах для указания линий невидимого контура:**

- 1) штрихпунктирная тонкая;
- 2) сплошная тонкая;
- 3) штриховая;
- 4) сплошная толстая основная?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**8. Какие единицы измерения используются при нанесении линейных размеров на чертежах:**

- 1) метры;
- 2) миллиметры;
- 3) сантиметры;
- 4) дециметры?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**9. К какому типу относится масштаб 3 : 1:**

- 1) увеличения;
- 2) уменьшения;
- 3) натуральный;
- 4) не применяется?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**10. Как называются линии, с помощью которых наносится размер (Возможно несколько вариантов ответа.):**

- 1) выносная;
- 2) горизонтальная;
- 3) вертикальная;
- 4) размерная?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

## Тест 2

1. Какое из нижеперечисленных определений соответствует понятию «разрез»:

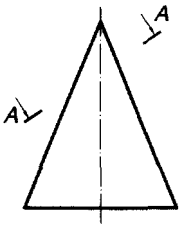
1) ортогональная проекция фигуры, получающейся в одной или нескольких секущих плоскостях или поверхностях при мысленном рассечении проецируемого предмета, на которой показано только то, что получается непосредственно в секущей плоскости;

2) ортогональная проекция предмета, мысленно рассеченного полностью или частично одной или несколькими плоскостями для выявления его невидимых поверхностей, на которой показано то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней;

3) ортогональная проекция обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета, расположенного между ним и плоскостью проецирования;

4) ни одно из вышеперечисленных определений?

Ответ: \_\_\_\_\_.



2. Какая кривая получается при рассечении конуса плоскостью А-А:

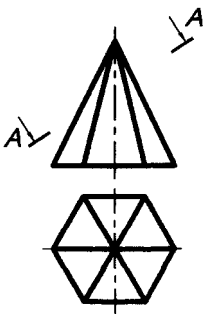
1) окружность;

2) парабола;

3) гипербола;

4) эллипс?

Ответ: \_\_\_\_\_.



3. Какой многоугольник получается при рассечении пирамиды плоскостью А-А:

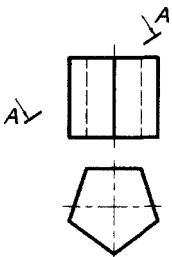
1) четырехугольник;

2) пятиугольник;

3) шестиугольник;

4) восьмиугольник?

Ответ: \_\_\_\_\_.



4. Какой многоугольник получается при рассечении призмы плоскостью А-А:

1) четырехугольник;

2) пятиугольник;

3) шестиугольник;

4) восьмиугольник?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**5. В каком случае при совмещении половины вида с половиной разреза границей вида и разреза служит сплошная волнистая линия:**

- 1) когда изображение симметрично;
- 2) когда на ось симметрии проецируется линия контура;
- 3) при наличии в детали тонкой стенки (ребра жесткости);
- 4) на всех фронтальных разрезах?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**6. Как классифицируются разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей:**

- 1) подразделяются на простые и сложные;
- 2) подразделяются на местные и общие;
- 3) подразделяются на фронтальные, горизонтальные и профильные;
- 4) никак не классифицируются?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**7. Что изображается в сечении:**

- 1) то, что находится за секущей плоскостью;
- 2) то, что находится перед секущей плоскостью;
- 3) то, что находится в секущей плоскости;
- 4) то, что находится в секущей плоскости и за ней?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**8. Чем отличается разрез от сечения:**

- 1) ничем;
- 2) на разрезе изображается то, что находится в секущей плоскости, и то, что за ней, а в сечении — только то, что находится в секущей плоскости;

3) на сечении изображается то, что находится в секущей плоскости, и то, что за ней, а в разрезе — только то, что находится в секущей плоскости;

4) разрезы выполняются с помощью вертикальных и горизонтальных секущих плоскостей, а сечения — с помощью наклонных секущих плоскостей?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**9. Для какой аксонометрической проекции коэффициент искажения по осям принимают равным единице:**

- 1) для прямоугольной изометрической проекции;
- 2) для приведенной изометрической проекции;
- 3) для прямоугольной диметрической проекции;
- 4) для всех аксонометрических проекций?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

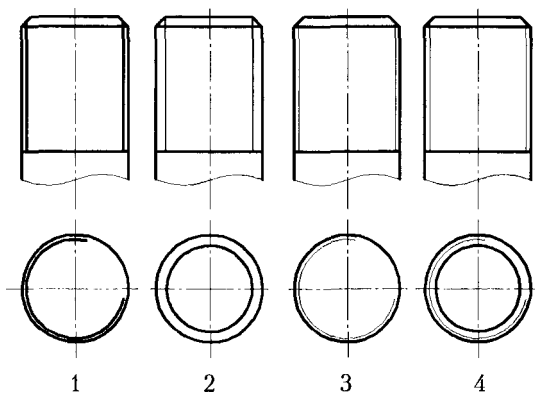
10. В какую фигуру на аксонометрическую плоскость проекций проецируются окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций:

- 1) окружность;
- 2) отрезок;
- 3) эллипс;
- 4) овал?

Ответ: \_\_\_\_\_.

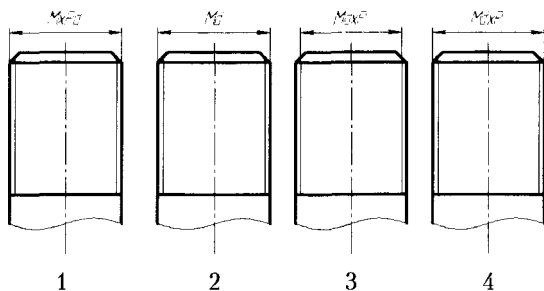
### Тест 3

1. Укажите правильное изображение резьбы на стержне.



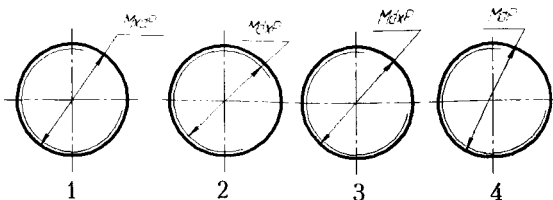
Ответ: \_\_\_\_\_.

2. Укажите правильное нанесение размера и обозначение резьбы с мелким шагом на стержне.



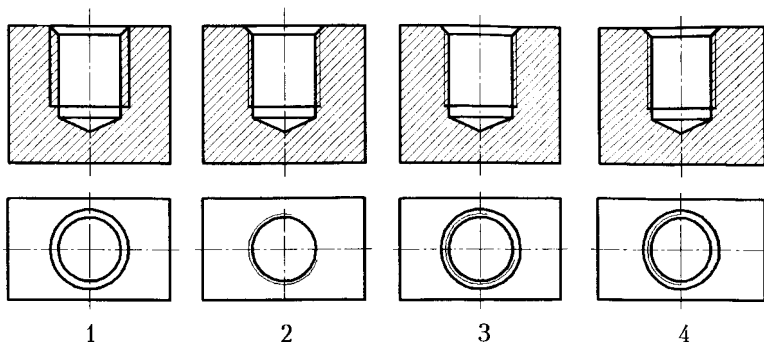
Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Укажите правильное нанесение размера на горизонтальной проекции резьбы на стержне.



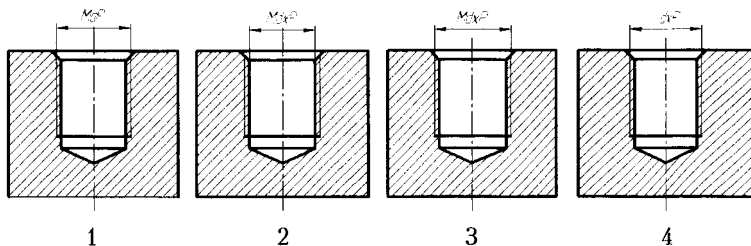
Ответ: \_\_\_\_\_.

4. Укажите правильное изображение резьбы в отверстии.



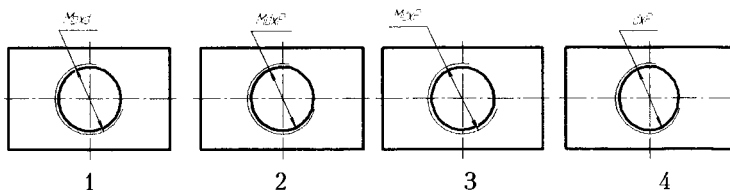
Ответ: \_\_\_\_\_.

5. Укажите правильное нанесение размера и обозначение резьбы в отверстии.



Ответ: \_\_\_\_\_.

6. Укажите правильное нанесение размера на горизонтальной проекции резьбы в отверстии.



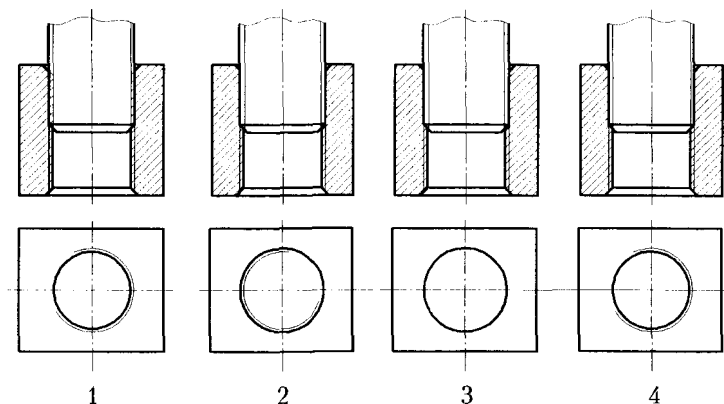
Ответ: \_\_\_\_\_.

7. Укажите правильное обозначение резьбы с крупным шагом:

- 1)  $MdP$ ;
- 2)  $P \times Md$ ;
- 3)  $Md$ ;
- 4)  $Md \times P$ .

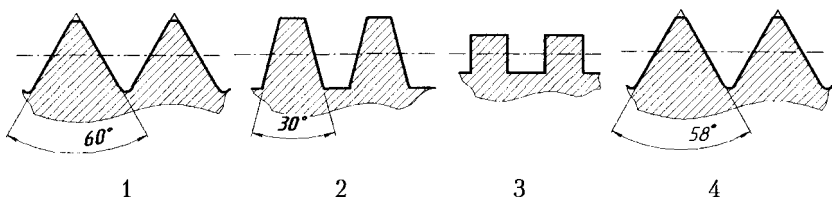
Ответ: \_\_\_\_\_.

8. Укажите правильное изображение резьбового соединения.



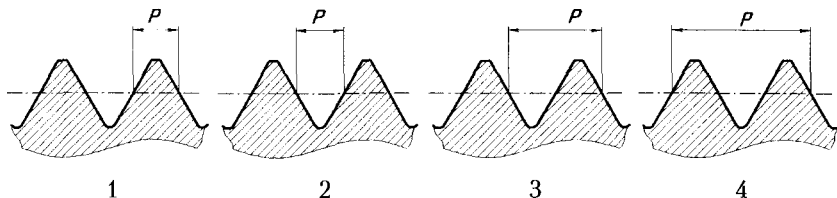
Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Укажите профиль метрической резьбы.



Ответ: \_\_\_\_\_.

10. Укажите правильный размер шага метрической однозаходной резьбы.



Ответ: \_\_\_\_\_.

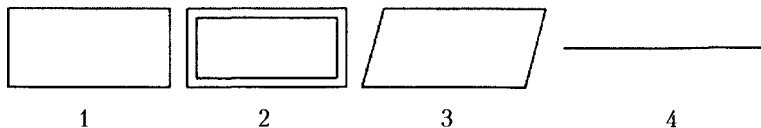
## Тест 4

1. Какой документ является главным для сборочной единицы:

- 1) сборочный чертеж;
- 2) спецификация;
- 3) чертеж детали;
- 4) схема деления изделия на составные части?

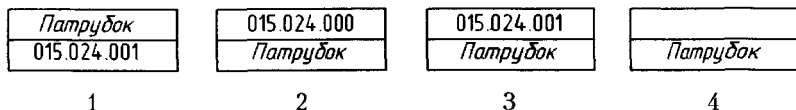
Ответ: \_\_\_\_\_.

2. Укажите, какая графическая форма применяется для обозначения стандартного изделия.



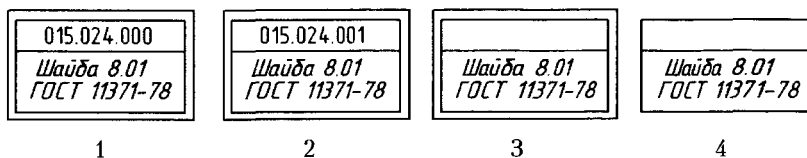
Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Укажите, какая графическая форма является правильной для обозначения детали на схеме деления.



Ответ: \_\_\_\_\_.

4. Укажите, какая графическая форма является правильной для обозначения стандартного изделия на схеме деления.



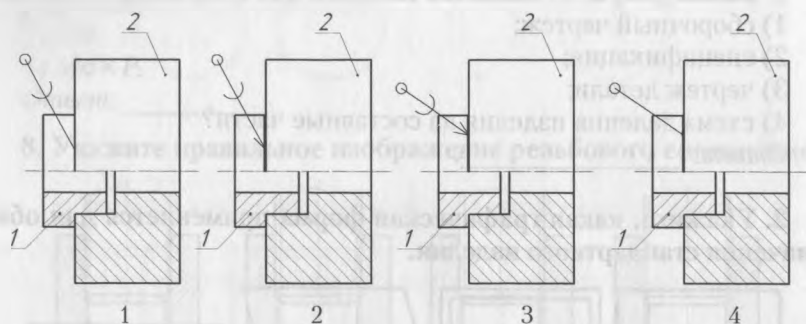
Ответ: \_\_\_\_\_.

5. Какие изделия относятся к специфицированным:

- 1) детали;
- 2) сборочные единицы;
- 3) стандартные изделия;
- 4) сортаментные материалы?

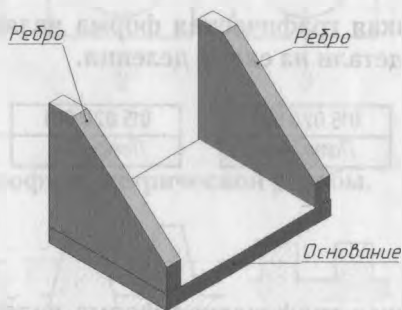
Ответ: \_\_\_\_\_.

6. Укажите, какое соединение двух деталей пайкой изображено верно.



Ответ: \_\_\_\_\_.

7. Укажите, какая спецификация для сборочной единицы «Полка» разработана верно.



Вариант 1

Листы чертежа		Контур	Этаж	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
					<u>Документация</u>				
№					035.012.000СБ	Сборочный чертеж			
					<u>Детали</u>				
№					1 035.012.001	Основание	1		
					2 035.012.002	Рейка	2		
					035.012.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Полка			Лист	Листов
Гривб	Мборач	ИИ						4	
Исполн.					Гр. 03-11				
Учб.	Петров ПП								

Копировать

Формат А4







**8. Чем отличается эскиз детали от чертежа:**

- 1) ничем;
- 2) выполняется без размеров;
- 3) выполняется от руки с соблюдением масштаба;
- 4) выполняется от руки в глазомерном масштабе?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**9. Где указывается материал на чертеже (эскизе) детали:**

- 1) в спецификации;
- 2) на поле чертежа;
- 3) в дополнительной графе;
- 4) в основной надписи?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**10. Где указывается общая шероховатость на чертеже (эскизе) детали:**

- 1) на самой детали;
- 2) в основной надписи;
- 3) в верхнем правом углу чертежа;
- 4) в нижнем правом углу чертежа?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**Тест 5**

**1. Как формулируется определение схемы деления:**

- 1) документ, содержащий элементы и взаимосвязи различных видов схем одного типа;
- 2) документ, содержащий в виде условных обозначений состав изделия, входимость составных частей, их назначение и взаимосвязи;
- 3) документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений механические составные части и их взаимосвязи;
- 4) документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**2. Каково назначение схемы принципиальной:**

- 1) определяет полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дает полное (детальное) представление о принципах работы изделия;
- 2) определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи;
- 3) разъясняет процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом;

4) определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**3. Какой код схемы соответствует схеме деления структурной:**

- 1) Э3;
- 2) Г4;
- 3) Е1;
- 4) Э0?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**4. Какой код схемы соответствует схеме электрической принципиальной:**

- 1) Э0;
- 2) Э3;
- 3) Э4;
- 4) Э5?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**5. Какова рекомендуемая толщина линий взаимосвязи и условно-графических обозначений на схемах:**

- 1) от 0,3 до 0,4 мм;
- 2) от 0,5 до 1,0 мм;
- 3) от 1,0 до 2,0 мм;
- 4) от 0,1 до 0,3 мм?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6. Каким должно быть расстояние между отдельными условно-графическими обозначениями на схеме:**

- 1) не менее 2 мм;
- 2) 10 мм;
- 3) не менее 1 мм;
- 4) не имеет значения?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**7. Какой масштаб используется при выполнении схемы:**

- 1) 1:1;
- 2) 1:2;
- 3) 2:1;
- 4) масштаб на схемах не соблюдают?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**8. Где указывают перечень элементов, помещаемых на схеме:**

- 1) помещают на первом листе схемы;

- 2) выполняют в виде самостоятельного документа – перечня;
  - 3) помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа;
  - 4) в основной надписи?
- Ответ:* \_\_\_\_\_.

**9. Где применяется электрическая принципиальная схема (Возможно несколько вариантов ответа.):**

- 1) служит основанием для разработки других конструкторских документов, например схем соединений и чертежей;
  - 2) используется для изучения принципов работы изделий;
  - 3) используется при наладке и контроле изделия;
  - 4) используется при ремонте изделия?
- Ответ:* \_\_\_\_\_.

**10. Какие требования предъявляются к линиям взаимосвязи на схемах (Допустимо несколько вариантов ответа.):**

- 1) линии взаимосвязи должны иметь наименьшее количество изломов и пересечений;
  - 2) расстояние между двумя соседними параллельными линиями взаимосвязи должно быть не менее 3,0 мм;
  - 3) рекомендуемая толщина линий взаимосвязи равна 1,0 мм;
  - 4) линии взаимосвязи должны изображаться штрихпунктирной линией?
- Ответ:* \_\_\_\_\_.

## Тест 6

**1. Какие из систем автоматизированного проектирования, согласно общепринятой классификации, специализируются на 3D-моделировании и применяются для решения наиболее трудоемких задач:**

- 1) системы нижнего уровня;
  - 2) системы среднего уровня;
  - 3) системы верхнего уровня;
  - 4) системы нижнего и среднего уровня?
- Ответ:* \_\_\_\_\_.

**2. К какому виду САПР относится система «КОМПАС-3D»:**

- 1) к системам нижнего уровня;
  - 2) к системам среднего уровня;
  - 3) к системам верхнего уровня;
  - 4) к системам сложного уровня?
- Ответ:* \_\_\_\_\_.

**3. Каково целевое назначение систем CAD (Computer Aided Design):**

- 1) системы автоматизации инженерных работ;
- 2) системы управления инженерными данными и производственной информацией;
- 3) системы автоматизации проектных (чертежных) работ;
- 4) системы автоматизированной подготовки производства?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**4. Какие из нижеперечисленных видов САПР являются наиболее важными для автоматизации проектно-конструкторских работ:**

- 1) CAD (Computer Aided Design);
- 2) CAE (Computer Aided Engineering);
- 3) CAM (Computer Aided Manufacturing);
- 4) PDM (Product Data Management)?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**5. Какую информацию содержит дерево построения модели в САПР:**

- 1) отражает последовательность операций с 3D-моделями;
- 2) содержит инструменты для построения 3D-моделей;
- 3) отражает основные параметры текущего документа;
- 4) содержит информацию о последовательности изготовления детали?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**6. Какие из перечисленных операций можно применить в САПР при создании 3D-модели усеченного конуса (Возможно несколько вариантов ответа.):**

- 1) операцию выдавливания по направлению, перпендикулярному плоскости эскиза;
- 2) операцию вращения вокруг заданной в плоскости эскиза оси;
- 3) кинематическую операцию движения фигуры вдоль направляющей;
- 4) операции по сечениям, т.е. построение тела модели по нескольким срезам?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

**7. Что подразумевает под собой термин «ассоциативный чертеж» при работе с САПР:**

- 1) изображения на чертеже формируются без участия человека;
- 2) виды на чертеже детали автоматически перестраиваются при внесении изменений в 3D-модель;

3) размеры, нанесенные на чертеже, имеют масштаб, отличный от 1:1;

4) невозможно разрушить ассоциативные связи чертежа и 3D-модели?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

### **8. Для чего нужна система глобальных привязок в КОМПАС-3D:**

1) для точной стыковки 3D-моделей друг с другом в файле сборки;

2) для позиционирования геометрических объектов на рабочем поле экрана;

3) для точной стыковки вводимых геометрических объектов с предыдущими объектами;

4) для точной стыковки построенных поверхностей модели друг с другом?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

### **9. Какие особенности моделирования резьбовых деталей существуют в системе «КОМПАС-3D» (Возможно несколько вариантов ответа.):**

1) если при моделировании детали была воспроизведена реальная резьбовая поверхность, мы не получим условного изображения резьбы в соответствии с ГОСТ 2.311–68 при создании чертежа;

2) система «КОМПАС-3D» не дает возможности создать условное изображение резьбы, поэтому его выполняют на чертежах вручную;

3) при задании резьбы на детали формируется фантом условного изображения резьбы, который показывает ее глубину и уходит внутрь детали;

4) при моделировании детали система «КОМПАС-3D» не дает возможности воспроизвести реальную резьбовую поверхность?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

### **10. Каким образом осуществляется создание моделей сборочных единиц в системах САПР:**

1) построением нескольких деталей в одном файле в собранном виде;

2) загрузкой в файл сборки нескольких деталей и выравниванием их друг относительно друга с применением сопряжений;

3) загрузкой в файл сборки нескольких деталей и перемещением их друг относительно друга с последующей фиксацией;

4) загрузкой в файл сборки нескольких деталей и перемещением их друг относительно друга с заданием габаритных размеров?

*Ответ:* \_\_\_\_\_.

## ОТВЕТЫ К ТЕСТАМ

Номер теста	Номер вопроса	Ответ	Номер теста	Номер вопроса	Ответ
Тест 1	1	4	Тест 4	1	2
	2	3, 4		2	2
	3	2		3	3
	4	1		4	3
	5	3		5	2
	6	2		6	3
	7	3		7	3
	8	2		8	4
	9	4		9	4
	10	1, 4		10	3
Тест 2	1	2	Тест 5	1	2
	2	4		2	1
	3	3		3	3
	4	2		4	2
	5	2		5	1
	6	1		6	1
	7	3		7	4
	8	2		8	3
	9	2		9	1, 2, 3, 4
	10	3		10	1, 2
Тест 3	1	3	Тест 6	1	3
	2	4		2	1
	3	3		3	3
	4	2		4	1, 2
	5	3		5	1
	6	2		6	1, 2, 3, 4
	7	3		7	2
	8	2		8	3
	9	1		9	1, 3
	10	3		10	2

## Список рекомендуемой литературы

1. *Бабулин, Н. А.* Построение и чтение машиностроительных чертежей / Н. А. Бабулин. — М. : Академия, 2000.
2. *Большаков, В. П.* Инженерная и компьютерная графика. Изделия с резьбовыми соединениями : учеб. пособие для академического бакалавриата / В. П. Большаков, А. В. Чагина. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
3. *Боресков, А. В.* Компьютерная графика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. В. Боресков, Е. В. Шикин. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
4. *Волжанова, О. А.* Схемы электрические принципиальные : учебно-метод. пособие / О. А. Волжанова. — Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2012. — 20 с.
5. *Вышнепольский, И. С.* Техническое черчение : учебник для вузов и ссузов / И. С. Вышнепольский. — 10-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
6. *Изображения (виды, разрезы, сечения) предметов : учеб. пособие / В. А. Ермакова [и др.]. — М. : Изд-во МАИ, 2006. — 40 с.*
7. *Кудрявцева, Н. Е.* Выполнение и оформление курсовой работы по кафедре «Инженерная графика» / Н. Е. Кудрявцева, Т. М. Хвесюк. — М. : Изд-во МАИ, 2004. — 12 с.
8. *Куприков, М. Ю.* Инженерная графика : учебник для ссузов / М. Ю. Куприков, Л. В. Маркин. — М. : Дрофа, 2010. — 495 с.
9. *Левицкий, В. С.* Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учебник для прикладного бакалавриата / В. С. Левицкий. — 9-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
10. *Логиновский, А. Н.* Инженерная 3d-компьютерная графика : учеб. пособие для бакалавров / А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева ; отв. ред. А. Л. Хейфец. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
11. *Селезнев, В. А.* Компьютерная графика : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. А. Селезнев, С. А. Дмитроченко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
12. *Силаев, Г. В.* Конструкция автомобилей и тракторов : учебник для вузов / Г. В. Силаев. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
13. *Хейфец, А. Л.* Компьютерная графика для строителей : учебник для академического бакалавриата / А. Л. Хейфец, В. Н. Васильева, И. В. Бу-

торина ; под ред. А. Л. Хейфеца. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

14. *Чекмарёв, А. А.* Инженерная графика : учебник для прикладного бакалавриата / А. А. Чекмарёв. — 12-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

15. *Чекмарёв, А. А.* Начертательная геометрия : учебник для прикладного бакалавриата / А. А. Чекмарёв. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

16. *Чекмарёв, А. А.* Начертательная геометрия и черчение : учебник для прикладного бакалавриата / А. А. Чекмарёв. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

**Наши книги можно приобрести:**

**Учебным заведениям и библиотекам:**  
в отделе по работе с вузами  
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: vuz@urait.ru

**Частным лицам:**  
список магазинов смотрите на сайте urait.ru  
в разделе «Частным лицам»

**Магазинам и корпоративным клиентам:**  
в отделе продаж  
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru

**Отзывы об издании присылайте в редакцию**  
e-mail: red@urait.ru

**Новые издания и дополнительные материалы доступны  
в электронной библиотечной системе «Юрайт»  
biblio-online.ru**

*Учебное издание*

# **ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

Учебник и практикум для прикладного бакалавриата

Под общей редакцией  
*Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничновой*

Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Гарнитура «Petersburg». Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 15,38.

**ООО «Издательство Юрайт»**  
111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4а.  
Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: izdat@urait.ru, www.urait.ru