

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

# Методические указания

к выполнению индивидуальных графических заданий  
**по инженерной компьютерной графике**  
для студентов специальностей:

1 - 40 01 01 – Программное обеспечение информационных технологий

1 - 53 01 02 – Автоматизированные системы обработки информации

1 - 39 03 02 – Программируемые мобильные системы

1 - 40 03 01 – Искусственный интеллект



УДК К 515(076.8)

Методические указания разработаны в соответствии с учебными и рабочими программами курса «Инженерная компьютерная графика» для студентов специальностей:

1 - 40 01 01 – Программное обеспечение информационных технологий,

1 - 53 01 02 – Автоматизированные системы обработки информации,

1 - 39 03 02 – Программируемые мобильные системы,

1 - 40 03 01 – Искусственный интеллект.

Предназначены для самостоятельной работы студентов при выполнении индивидуальных графических заданий и при подготовке к практическим занятиям и зачету.

В методических указаниях приведены примеры выполнения и алгоритмы решения задач домашних графических и аудиторных работ по курсу «инженерная компьютерная графика».

Составители: Матюх С. А. – старший преподаватель  
Шевчук Т. В. – старший преподаватель

Под общей редакцией:

Рецензент: Зеленый П. В., Белорусский национальный технический университет,  
к. т. н., доцент кафедры инженерной графики машиностроительного профиля

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения .....	4
<b>1. Основные правила оформления чертежей .....</b>	<b>4</b>
1.1. Форматы .....	4
1.2. Масштабы .....	5
1.3. Линии .....	6
1.4. Шрифты .....	7
1.5. Нанесение размеров на чертежах .....	10
1.6. Графические изображения материалов .....	11
<b>2. Геометрические построения .....</b>	<b>12</b>
2.1. Сопряжения .....	12
2.2. Уклон и конусность .....	14
2.3. Деление окружности на равные части .....	15
<b>3. Виды. Разрезы. Сечения. Аксонометрия .....</b>	<b>16</b>
3.1. Виды .....	16
3.2. Разрезы .....	16
3.3. Сечения .....	18
3.4. Аксонометрические проекции .....	19
<b>4. Разъемные резьбовые соединения .....</b>	<b>22</b>
4.1. Разъемные резьбовые соединения .....	22
4.2. Изображение резьбы на чертежах .....	23
4.3. Болтовое соединение .....	24
4.4. Винтовое соединение .....	27
4.5. Условные изображения болтового и винтового соединений .....	30
<b>5. Неразъемные соединения .....</b>	<b>30</b>
5.1. Паяные соединения .....	31
5.2. Клееные соединения .....	32
5.3. Изображение соединений пайкой и склеиванием .....	32
<b>6. Эскизирование деталей. Детализовочный чертеж .....</b>	<b>33</b>
6.1. Чертежи общих видов .....	33
6.2. Сборочные чертежи .....	33
6.3. Детализовочные чертежи .....	35
6.4. Эскизирование деталей .....	36
<b>7. Пересечение поверхности плоскостью. Построение развертки .....</b>	<b>37</b>
7.1. Сечение гранных тел проецирующими плоскостями .....	37
7.2. Построение разверток .....	38
<b>8. Пересечение поверхностей .....</b>	<b>41</b>
8.1. Метод вспомогательных секущих плоскостей-посредников .....	41
8.2. Пересечение поверхностей вращения .....	41
8.3. Пересечение поверхностей вращения, одна из которых – проецирующая .....	42
8.4. Пересечение поверхности вращения с гранной поверхностью .....	43
8.5. Пересечение гранных поверхностей .....	44
<b>9. Схемы электрические .....</b>	<b>45</b>
9.1. Правила выполнения чертежей схем. Общие положения .....	45
9.2. Графическое обозначение элементов .....	46
9.3. Перечень элементов спецификации .....	46
<b>Список рекомендуемой литературы .....</b>	<b>47</b>
<b>Приложения .....</b>	<b>48</b>

## Общие сведения

Чертеж – это своеобразный язык, с помощью которого, используя всего лишь точки, линии и ограниченное число знаков и цифр, человек имеет возможность изобразить на плоскости геометрические фигуры или их сочетание (машины, приборы, инженерные сооружения и т. д.). Причем этот графический язык является интернациональным, он понятен любому технически грамотному человеку, независимо от того, на каком языке он говорит. Иными словами, для выполнения чертежа необходимы знания правильного его оформления, т. е. знания ГОСТов и «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД). В ГОСТах даны единые нормы и правила составления чертежей, а также стандартные условные изображения и обозначения.

Научно-технический прогресс и рост производительных сил предъявляют высокие требования к подготовке высококвалифицированных инженеров, имеющих глубокие теоретические знания и твердые практические навыки по специальности. Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является графическая грамотность, т. е. умение выполнять и читать чертежи.

### 1. Основные правила оформления чертежей

**1.1. Форматы.** Во всех отраслях производства чертежи и техническая документация выполняются на листах строго определенных размеров. ГОСТ 2.301-68 устанавливает пять основных форматов чертежей – форматы А0, А1, А2, А3, А4 (рис. 1).

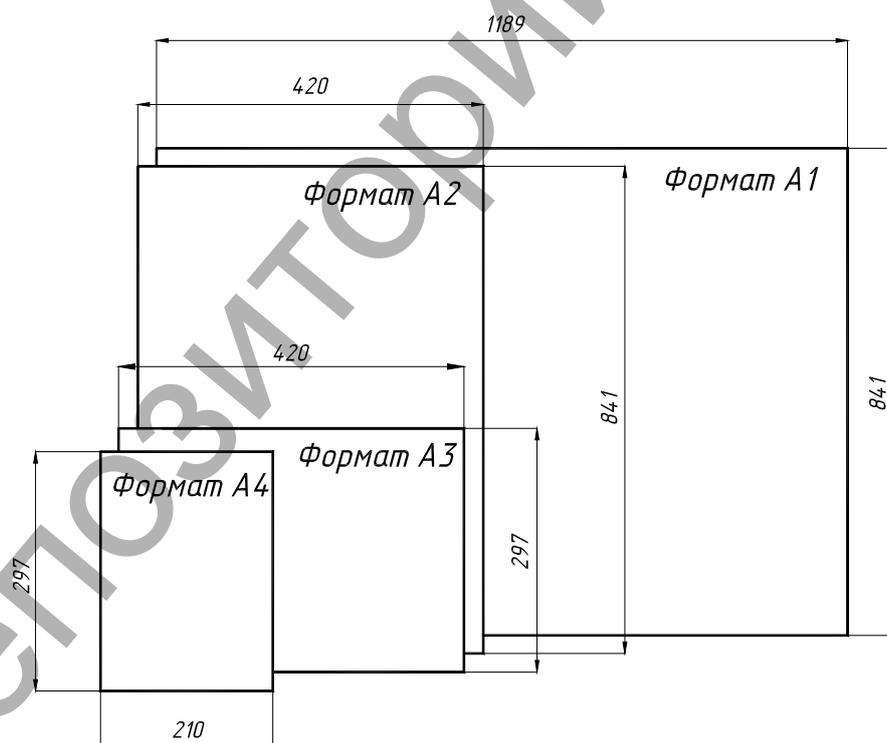


Рисунок 1

Дополнительные форматы образуются путем увеличения коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной тонкими линиями. Поле чертежа ограничивается внутренней рамкой, которая выполняется сплошной толстой линией. Поле формата шириной 20 мм отставляется для подшивки чертежа (рис.2).

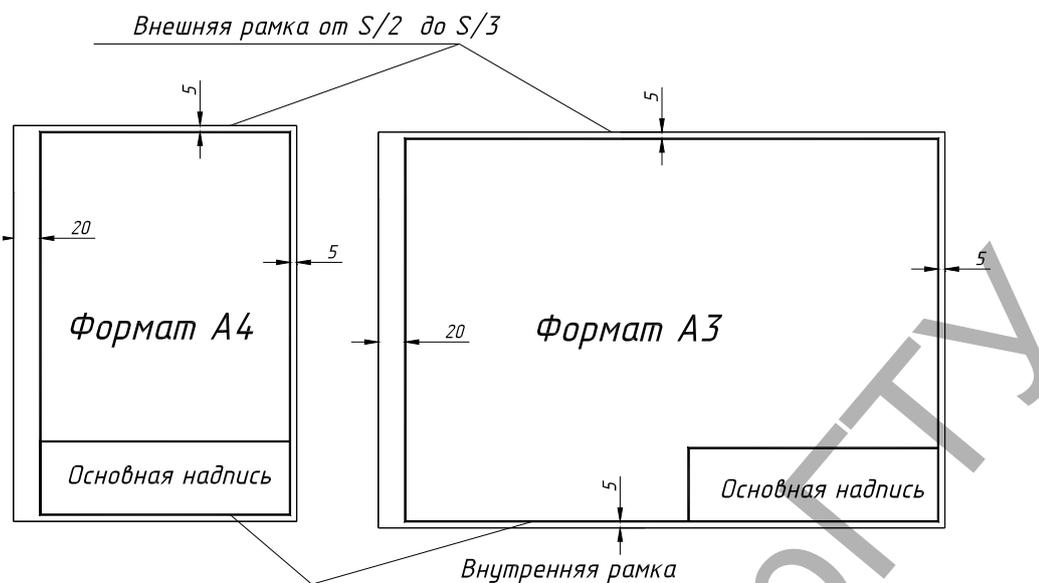


Рисунок 2

В правом нижнем углу выполняется основная надпись (ГОСТ 2.104-68). Штмп для основной надписи формата А4 располагают только вдоль короткой стороны листа (см. рис. 2). Размеры и заполнение основной надписи приведены на рис. 3.

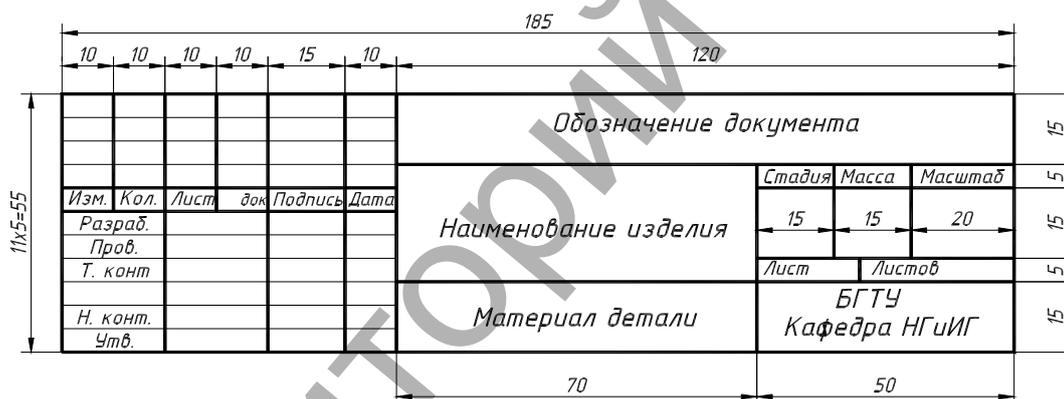


Рисунок 3

Обозначение документа, изделия, объекта (шифр), например:

**1 - 53 01 02. АС45. 01. 30,**

где **1 - 53 01 02** – шифр специальности; **АС45** – номер группы; **01**– порядковый номер работы; **30** – № варианта.

**1.2. Масштабы.** Масштабы для вычерчивания чертежей принимаются по ГОСТ 2.302-68 «Масштабы» (табл. 1).

**Масштаб** – это отношение линейных размеров на чертеже к действительным. На чертежах *всегда* наносятся *действительные* размеры в миллиметрах. Применение масштабов распространяется только на *величину изображения*.

Если на листе все чертежи выполнены в одном масштабе, то в соответствующей графе основной надписи ставится только этот масштаб; если нет, то в графе основной надписи ставят прочерк, а масштаб указывают непосредственно рядом с надписью в скобках, например: А-А (1:10); Б (1:50).

Таблица 1

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

**1.3. Линии.** Типы линий при выполнении чертежей, их наименование, начертание, толщину и основное назначение устанавливает ГОСТ 2.303-68 «Линии» (табл. 2).

Толщина сплошной основной линии  $s$  должна быть в пределах от **0,5 до 1,4 мм** в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

На изображении детали (рис. 4) показан пример применения типов линий в соответствии с ГОСТ 2.303-68.

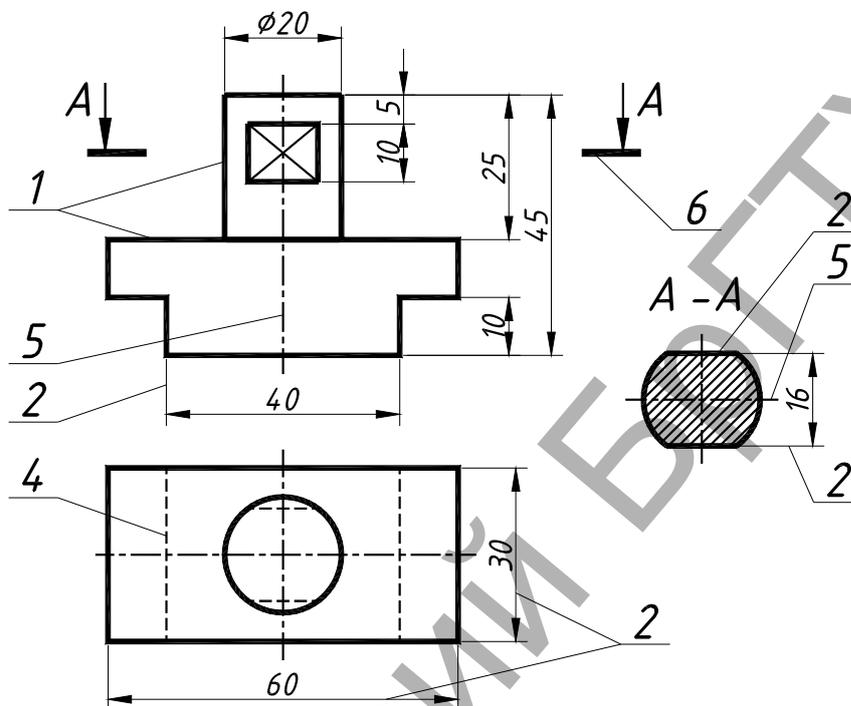


Рисунок 4

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже. Длина штрихов и промежутки между ними должны быть одинаковыми на всем чертеже.

Таблица 2

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		$s$	Линии видимого контура. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза).
2. Сплошная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии размерные и выносные. Линии штриховки. Линии-выноски, полки линий-выносок. Линии построения характерных точек при специальных построениях.
3. Сплошная волнистая		От $s/3$ до $s/2$	Линии обрыва. Линии разграничения вида и разреза.
4. Штриховая		От $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура. Линии пересечения невидимые.
5. Штрихпунктирная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и центровые. Линии сечений, являющихся осями симметрии для вынесенных сечений.
6. Разомкнутая		От $s$ до $1\frac{1}{2} s$	Линии сечений.
7. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии сгиба на развертках.

Штрихпунктирные и штриховые линии должны заканчиваться и пересекаться штрихами. При начертании штрихпунктирной линии вместо точки можно наносить маленький штрих ( $\approx 1$  мм). Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими, если диаметр окружности менее 12 мм. Осевые и центровые линии должны выступать за контур изображения на 2-5 мм.

Линии-выноски различных обозначений не должны пересекаться между собой.

**1.4. Шрифты.** При выполнении на чертежах надписей используют шрифты чертежные по ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные», прямой и наклонный (угол наклона  $75^\circ$ ).

Высота прописных (заглавных) букв и цифр, применяемых наиболее часто в студенческих чертежах, равна: 1.8; 2.5; 3.5; 5; 7; 10; 14 и 20 мм (табл. 3). Расстояние между цифрами и отдельными словами должно быть не менее ширины буквы текста, а расстояние между основаниями строк – не менее 1,5 высоты шрифта.

Размер шрифта определяется высотой  $h$  прописных (заглавных) букв в миллиметрах.

Таблица 3

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры, мм							
				1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0
Высота прописных букв	$h$	$(\frac{10}{10})h$	10d	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0
Высота строчных букв	$c$	$(\frac{7}{10})h$	7d	1.3	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0
Расстояние между буквами	$a$	$(\frac{2}{10})h$	2d	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	$b$	$(\frac{17}{10})h$	17d	3.1	4.3	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0
Минимальное расстояние между словами	$e$	$(\frac{6}{10})h$	6d	1.1	1.5	2.1	3.0	4.2	6.0	8.4	12.0
Толщина линий шрифта	$d$	$(\frac{1}{10})h$	d	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0

Таблица 4

Шрифт		Буквы и цифры	Ширина букв
Тип Б	Прописные буквы	<i>Г, Е, З, С</i>	5/10 h
		<i>Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, У, Т, Ц, Ч, Ъ, Э, Я</i>	6/10 h
		<i>А, Д, М, Х, Ы, Ю</i>	7/10 h
		<i>Ж, Ф, Ш, Щ, Ь</i>	8/10 h
	Строчные буквы	<i>з, с</i>	4/10 h
		<i>а, б, в, г, д, е, и, й, к, л, н, о, п, р, у, х, ч, ц, ъ, э, я</i>	5/10 h
		<i>м, ь, ы, ю</i>	6/10 h
		<i>ж, т, ф, ш, щ</i>	7/10 h
	Цифры	<i>1</i>	3/10 h
		<i>2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0</i>	5/10 h
<i>4</i>		6/10 h	

Для освоения конструкции букв и цифр и способа их построения предварительно выполняют тонкими линиями сетку, в которую вписывают буквы и цифры.

Пример выполнения надписи «Основы чертежа» (рис.7). Первоначально проводят вспомогательные горизонтальные прямые линии, определяющие границы строчек шрифта. На нижней линии откладывают отрезки, равные ширине букв плюс расстояние между буквами. Чтобы выполнить надпись шрифтом №5, следует воспользоваться табл. 3 и 4, а также рис. 5 и 6.

Ширина букв 5/10

Высота 10/10  
Г Е Э С

Ширина букв 6/10

Высота 10/10  
И Й К Л Б О Э В

Высота 10/10  
Н П Т Ц Ч Р Я Ъ

Ширина букв 7/10

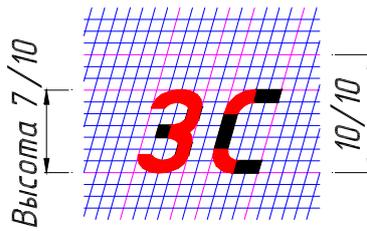
Высота 10/10  
А Д М Х Ы Ю

Ширина букв 8/10

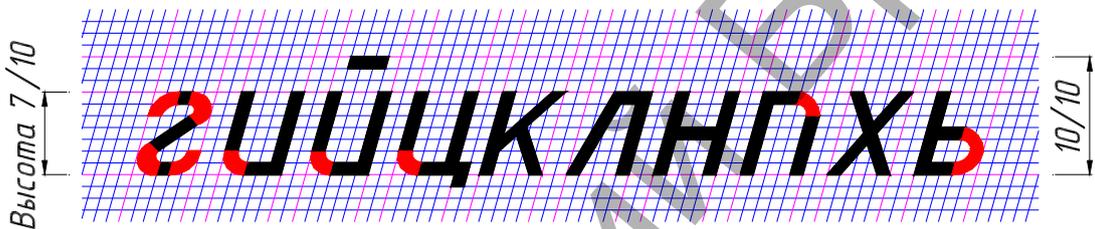
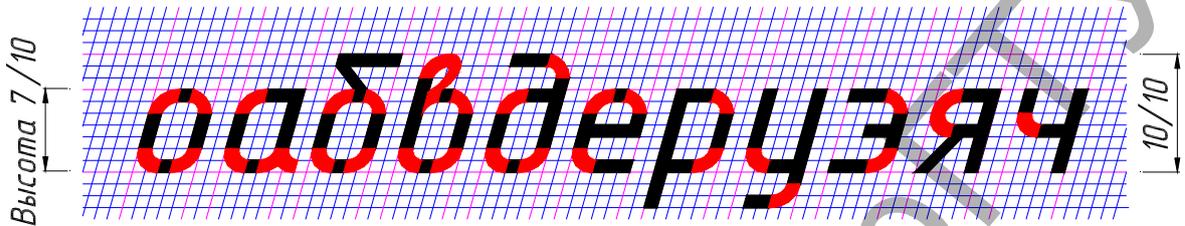
Высота 10/10  
Ж Ш Щ Ф Ъ

Рисунок 5 – Прописные буквы

Ширина букв 4/10

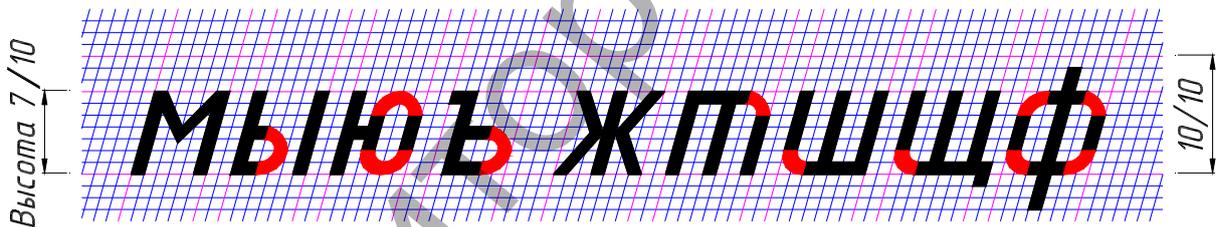


Ширина букв 5/10



Ширина букв 6/10

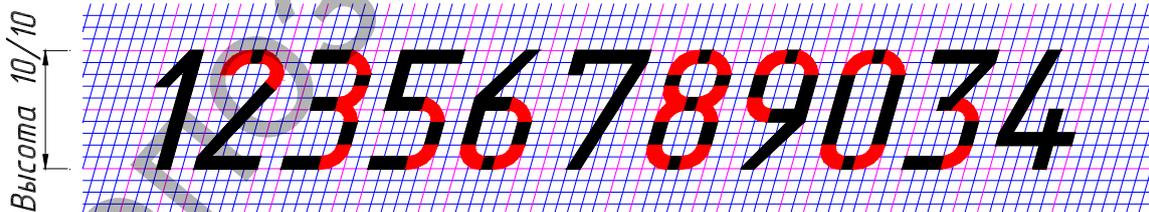
Ширина букв 7/10



3/10

Ширина цифр 5/10

6/10



диаметр окружности  $2/3 h$

наклонная черта угол  $60^\circ$

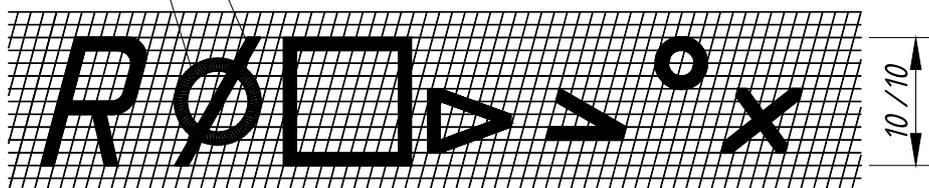


Рисунок 6 – Строчные буквы и знаки

Ширина прописной (заглавной) буквы «О» равна  $6/10$  (из табл. 4), умноженная на 5 (высота шрифта  $h$ ).

Ширина строчной буквы «с» равна  $4/10$  (из табл. 4), умноженная на 5 (высота шрифта  $h$ ). Ширина строчных букв «н, о, в» равна  $5/10$ , умноженная на 5. Ширина строчной буквы «ы» равна  $6/10$ , умноженная на 5. При выполнении надписи шрифтом №5 расстояние между буквами – 1 мм, а толщина линий шрифта – 0,5 мм (см. табл. 3). Наклонные линии для сетки проводят через намеченные точки при помощи двух прямоугольных треугольников: одного с углами  $45^\circ$ -  $45^\circ$ -  $90^\circ$  и другого с углами  $30^\circ$ -  $60^\circ$ -  $90^\circ$ . После выполнения сетки пишут буквы, придерживаясь их конфигурации на рис. 5 и 6.



Рисунок 7

При сочетании некоторых букв, например, Г и А, Г и Л, А и Т, расстояние между ними уменьшаться наполовину, т. е. на толщину линии шрифта.

Низ буквы Д и верхний знак буквы Й выполняются за счет промежутков между строчками, а нижние и боковые отводы букв Ц и Щ – за счет промежутков между строками и буквами.

**1.5. Нанесение размеров на чертежах.** ГОСТ 2.307-68\* «Нанесение размеров и предельных отклонений» устанавливает правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах, на проектной документации всех отраслей промышленности.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями. Размерные числа должны соответствовать действительным размерам изображаемого предмета, независимо от того, в каком масштабе выполнен чертеж. Каждый размер на чертеже указывают только один раз, повторение размера не допускается.

**Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм, а между размерной и линией контура – 10 мм.** Расстояния выбираются в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа. Значение увеличивается, если чертеж не насыщен, и уменьшается, если насыщен.

Размерные линии заканчиваются стрелками, выполняемыми длиной 4...5 мм с углом раскрытия  $20^\circ$  (рис. 8,а). Величины элементов стрелок выбираются в зависимости от толщины контурной линии чертежа и вычерчивают их одинаковыми на всем чертеже (рис. 8,в). Эти линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 2...3 мм (рис. 8,б).

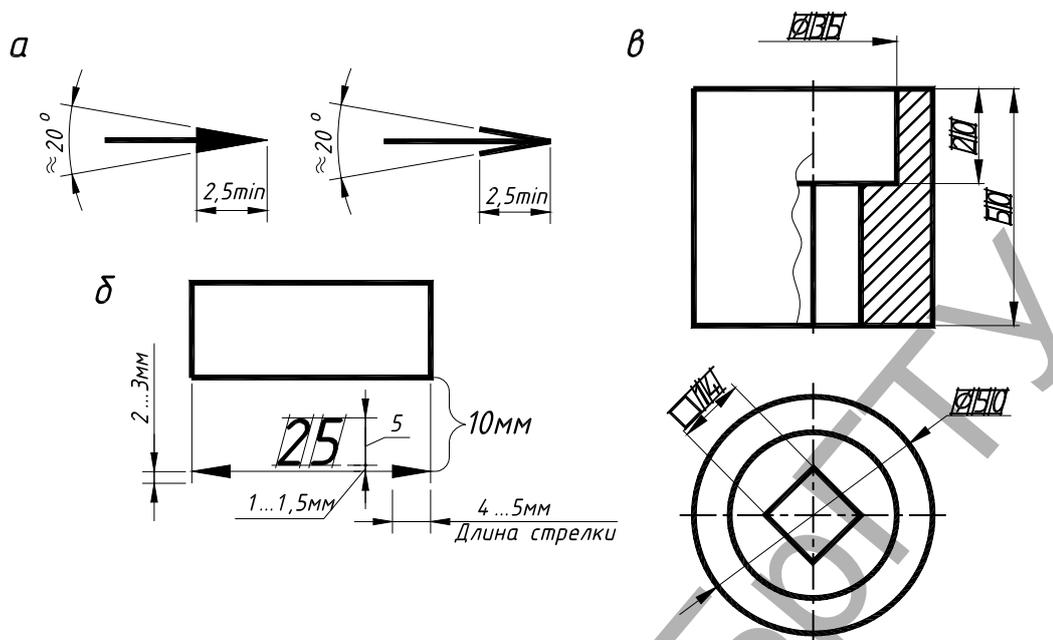


Рисунок 8

Приведем пример простановки размерных чисел на рис. 8. Высота цифр на чертеже принимается равной высоте шрифта №5 ( $h = 5$  мм).

При использовании шрифта №5 ширина цифры 1 равна  $3/10h$  или 1,5 мм, ширина цифры 4 равна  $6/10h$  или 3 мм, все остальные цифры шириной 2,5 мм. Выполним разбивку (сеточку) для цифр и, пользуясь рис. 6, напишем размерные цифры, соблюдая расстояния до размерных линий, как на рис. 8 и 9.

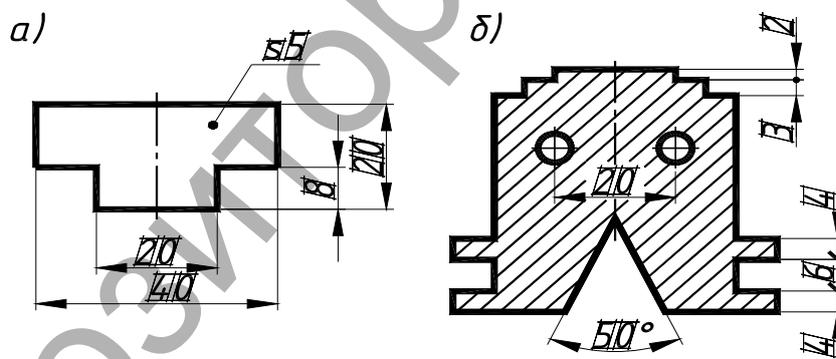


Рисунок 9

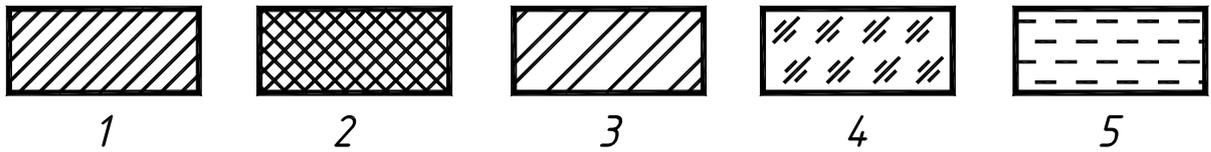
При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом  $45^\circ$  к размерным линиям, или четкими точками (см. рис. 9, б).

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву R, диаметра знак  $\varnothing$  (см. рис. 8).

При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (см. рис. 9,а).

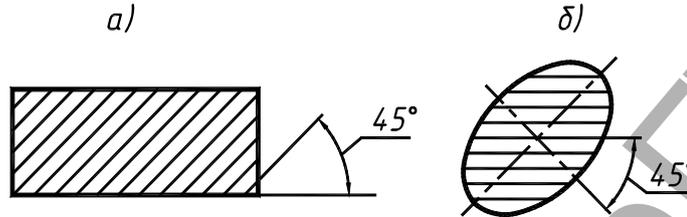
**1.6. Графические изображения материалов.** Графические изображения материалов и правила их нанесения на чертежах устанавливает ГОСТ 2.306-68\* «Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах».

Для придания чертежу большей наглядности на изображение разреза и сечения наносят штриховку в соответствии с применяемым материалом, из которого изготовлена деталь (рис. 10).



1 – металлы и твердые сплавы; 2 – неметаллические материалы;  
3 – керамика и силикатные материалы для кладки; 4 – стекло; 5 – жидкости  
**Рисунок 10**

Штриховка выполняется в виде параллельных линий, проводимых под углом  $45^\circ$  к линии контура изображения (рис. 11,а), или к его оси (рис. 11,б), или к линиям рамки чертежа.



**Рисунок 11**

Если линии штриховки совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла  $45^\circ$  допускается проводить линии под углом  $30^\circ$  или  $60^\circ$ .

Наклон штриховки может быть как влево, так и вправо. Для всех разрезов и сечений одной и той же детали штриховку следует наносить с наклоном линий в одну и ту же сторону и с выбранным интервалом. Расстояние (интервал) между линиями штриховки выбирают (в пределах от 2 до 10 мм) в зависимости от величины площади, которую следует заштриховать.

Одну и ту же деталь на всех изображениях разрезов и сечений штрихуют одинаково, то есть в принятом направлении и с принятой величиной густоты штриховых линий.

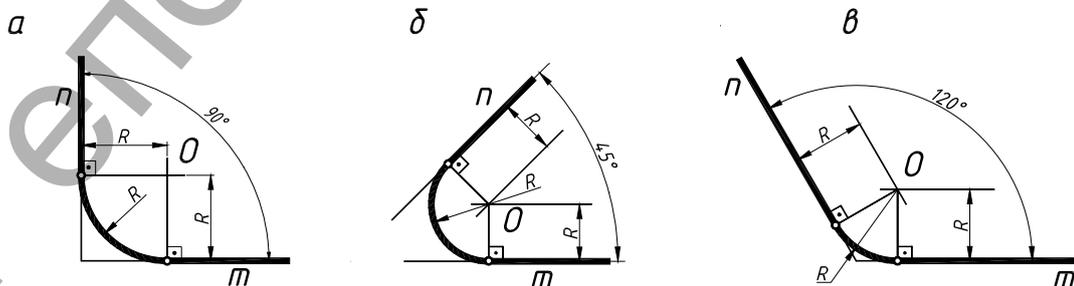
При совпадении линий штриховки с направлением наклонных линий контура или с осевыми допускается проводить штриховку под углом  $30^\circ$  или  $60^\circ$ . Наклон штриховки может быть как влево, так и вправо.

## 2. Геометрические построения

### 2.1. Сопряжения

**Плавный переход одной линии в другую называют сопряжением** (рис. 12, 13, 14, 15), который осуществляется в точках сопряжений. Точки сопряжений двух окружностей лежат на пересечении с линией, соединяющей их центры, а двух прямых дугой – на основании перпендикуляра, опущенного на прямую из центра сопрягающей дуги.

**Сопряжение углов дугой радиусом R** выполняется одинаково для прямых, острых и тупых углов (рис. 12, а, б и в).



**Рисунок 12**

Порядок построения:

- 1) параллельно сторонам угла  $m$  и  $n$  на расстоянии, равном радиусу  $R$ , проводим линии, которые пересекаются в точке  $O$ ;
- 2) из точки  $O$  проводим перпендикуляры к сторонам угла, которые в пересечении с ними образуют точки сопряжений;
- 3) радиусом  $R$  из центра  $O$  вычерчиваем дугу между точками сопряжений.

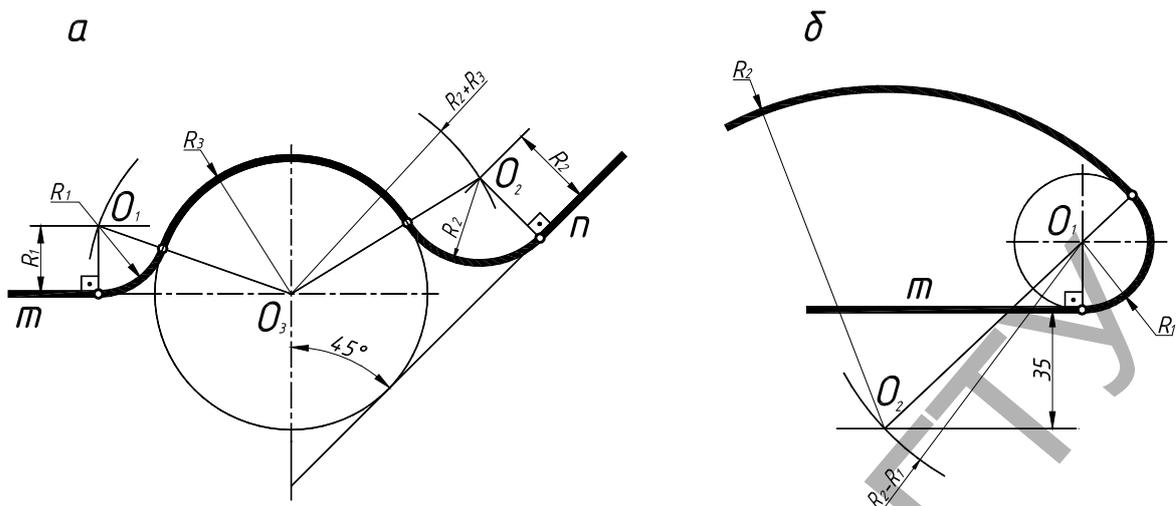


Рисунок 13

Сопряжение линий  $m$  и  $n$  с окружностью радиусом  $R_3$  (рис. 13,а) выполняется следующим образом:

- 1) параллельно заданной прямой  $m$  на расстоянии равном радиусу  $R_1$  проводим линию, на которой дугой  $(R_1 + R_3)$  из точки  $O_3$  отмечаем центр  $O_1$ ;
- 2) соединяем  $O_1$  и  $O_3$  вспомогательной линией, которая, пересекая заданную окружность, дает первую точку сопряжения, а затем перпендикуляром из  $O_1$  на прямую  $m$  определяем вторую точку сопряжения;
- 3) радиусом  $R_1$  из центра  $O_1$  проводим дугу, соединяя точки сопряжения;
- 4) аналогично строится сопряжение дугой радиусом  $R_2$ .

Рассмотрим еще один вариант построения такого же типа сопряжений, приведенный на рис. 13,б:

- 1) параллельно заданной прямой  $m$  на расстоянии 35 мм проводим линию, на которой дугой  $(R_2 - R_1)$  из точки  $O_1$  отмечаем центр  $O_2$ ;
- 2) соединяем  $O_1$  и  $O_2$  вспомогательной линией, которая, пересекая заданную окружность, дает точку сопряжения;
- 3) радиусом  $R_2$  из центра  $O_2$  проводим дугу от точки сопряжения.

**Построение внутреннего, внешнего и смешанного сопряжений** окружностей заданной дугой (рис. 14, а, б и в) сводится к определению центра  $O_3$  сопрягающей дуги:

а) **внутреннее сопряжение** заданных окружностей (рис. 14,а) предполагает их расположение внутри сопрягающей дуги. При построении из заданных центров  $O_1$  и  $O_2$  проводим две пересекающиеся дуги, имеющие радиусы, равные  $(R_3 - R_1)$  и  $(R_3 - R_2)$ , которые образуют центр  $O_3$ ; соединяем найденный центр  $O_3$  с  $O_1$  и  $O_2$  вспомогательными линиями и находим точки сопряжения, а затем проводим между ними дугу радиусом  $R_3$ ;

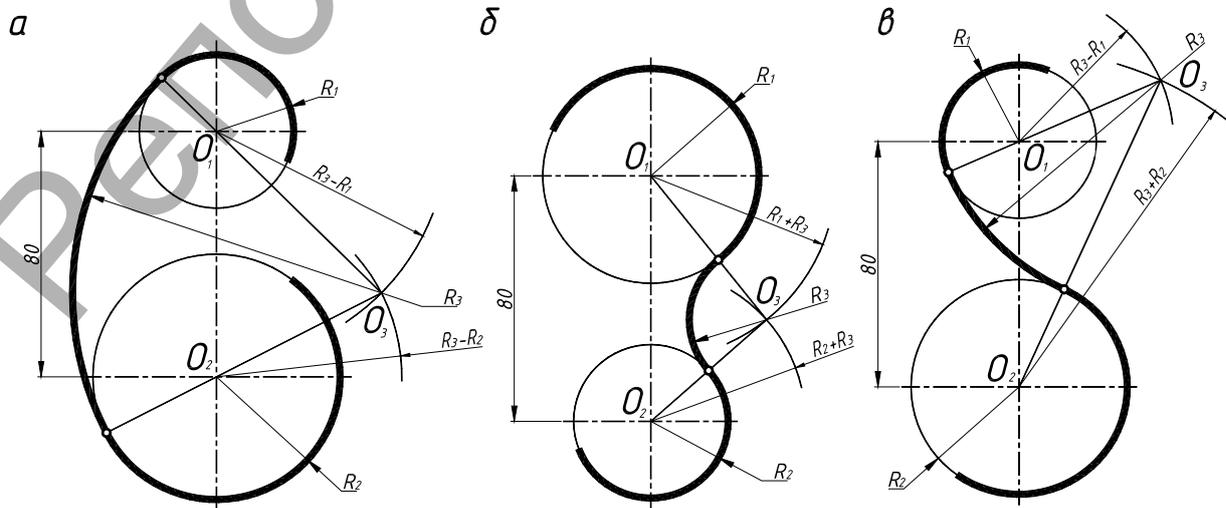


Рисунок 14

б) **внешнее сопряжение** заданных окружностей (рис. 14,б) предполагает их расположение снаружи сопрягающей дуги. При построении из заданных центров  $O_1$  и  $O_2$  проводим две пересекающиеся дуги, имеющие радиусы, равные  $(R_3 + R_1)$  и  $(R_3 + R_2)$ , которые образуют центр  $O_3$ ; соединяем найденный центр  $O_3$  с  $O_1$  и  $O_2$  вспомогательными линиями и находим точки сопряжения, а затем проводим между ними дугу радиусом  $R_3$ ;

в) **смешанное сопряжение** заданных окружностей (рис. 14,в) предполагает их расположение снаружи и внутри сопрягающей дуги. Центр  $O_3$  построим пересечением двух дуг – первую проведем радиусом  $(R_3 - R_1)$  из центра  $O_1$ , а вторую из центра  $O_2$  радиусом  $(R_3 + R_2)$ ; находим точки сопряжения и проводим сопрягающую дугу.

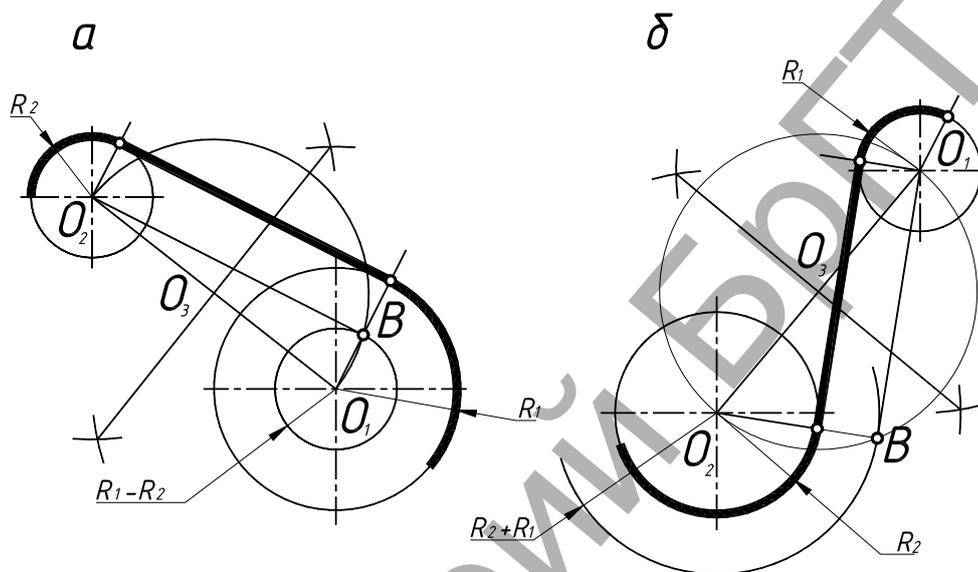


Рисунок 15

**Построение касательной** к окружности рассмотрим в двух вариантах:

а) **внешнюю касательную** к заданным окружностям (рис. 15,а) начинаем с построения окружности диаметром  $O_1O_2$  с центром в точке  $O_3$ . Затем из  $O_1$  проводим дополнительную окружность радиусом  $(R_1 - R_2)$ . Пересечением построенных окружностей определим точку  $B$  и соединим с  $O_2$ . Проведем из  $O_1$  и  $O_2$  перпендикулярные линии к  $O_2B$ , которые создадут точки касания в пересечении с заданными окружностями;

б) **внутреннюю касательную** к заданным окружностям (рис. 15,б) начинаем с построения окружности диаметром  $O_1O_2$  с центром в точке  $O_3$ . Затем из  $O_2$  проводим дополнительную окружность радиусом  $(R_1 + R_2)$ . Пересечением построенных окружностей определим точку  $B$  и соединим с  $O_1$ . Проведем из  $O_1$  и  $O_2$  перпендикулярные линии к  $O_1B$ , которые создадут точки касания в пересечении с заданными окружностями.

**2.2. Уклон и конусность.** В построениях чертежей часто используются линии с заданным уклоном и конусность.

**Уклон** – это величина, которая характеризует наклон одной прямой линии по отношению к другой и равна тангенсу угла между ними (рис. 16,а).

Уклон может быть выражен в процентах или в виде отношения двух чисел.

**Конусность** – величина, представляющая собой отношение разности диаметров оснований прямого кругового усеченного конуса к его длине (рис. 16,б).

Конусность также выражается как отношение диаметра основания прямого кругового конуса к его высоте (рис. 16,б).

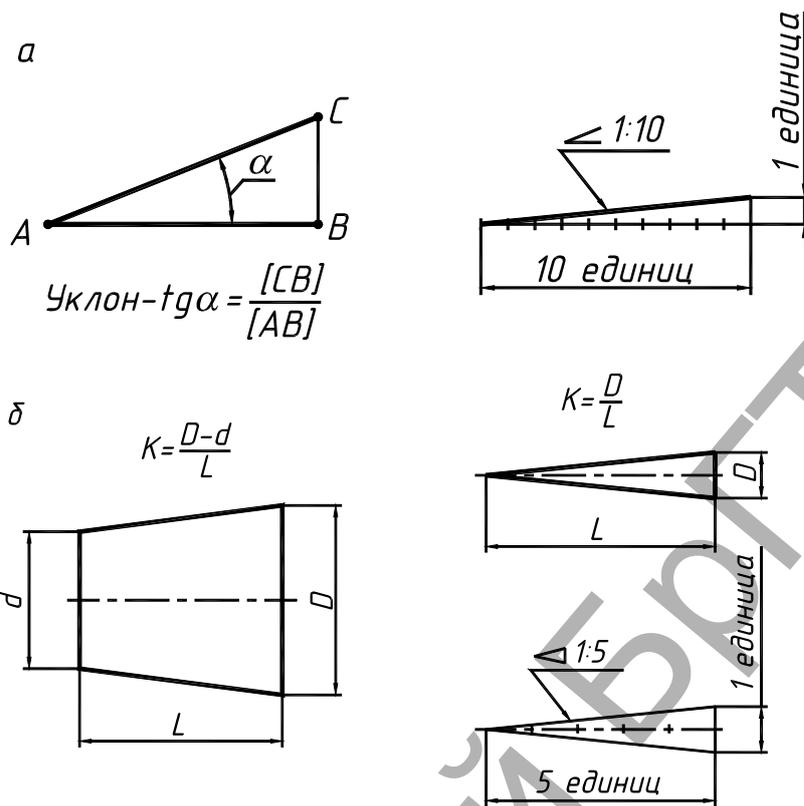


Рисунок 16

**2.3. Деление окружности на равные части.** В различных технических деталях встречаются построения отверстий по окружности и в различном количестве, поэтому необходимо уметь делить окружность на равные части. Приведем пример деления на 3, 4, 5, 6, 7, и 8 равных частей окружности на рис. 17.

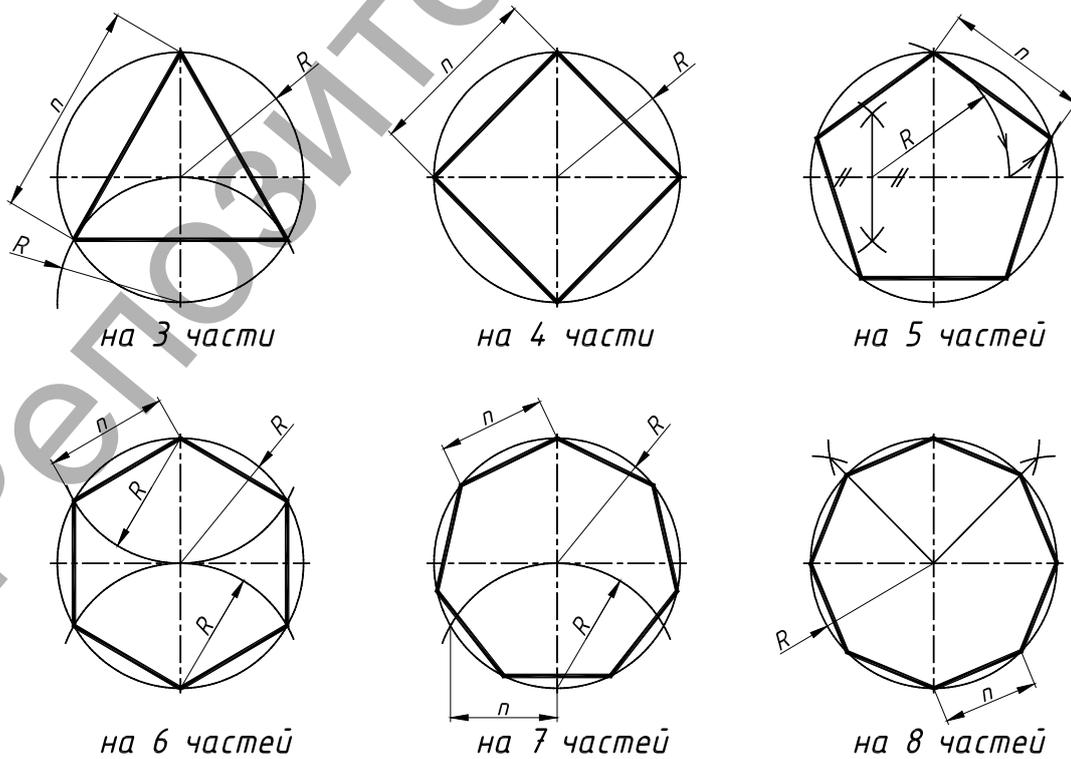


Рисунок 17

### 3. Виды. Разрезы. Сечения. Аксонометрия

**3.1. Виды.** ГОСТ 2.305-68 «Изображения – виды, разрезы, сечения» определяет шесть стандартных видов изображения деталей на чертежах.

**Вид** – это изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета или детали.

Установлены следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (рис. 18): вид спереди (главный вид), вид сверху, вид справа, вид слева, вид снизу, вид сзади. При выполнении чертежа предмета количество видов должно быть наименьшим и в то же время достаточным для получения полного представления о предмете. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части предмета при помощи штриховых линий.

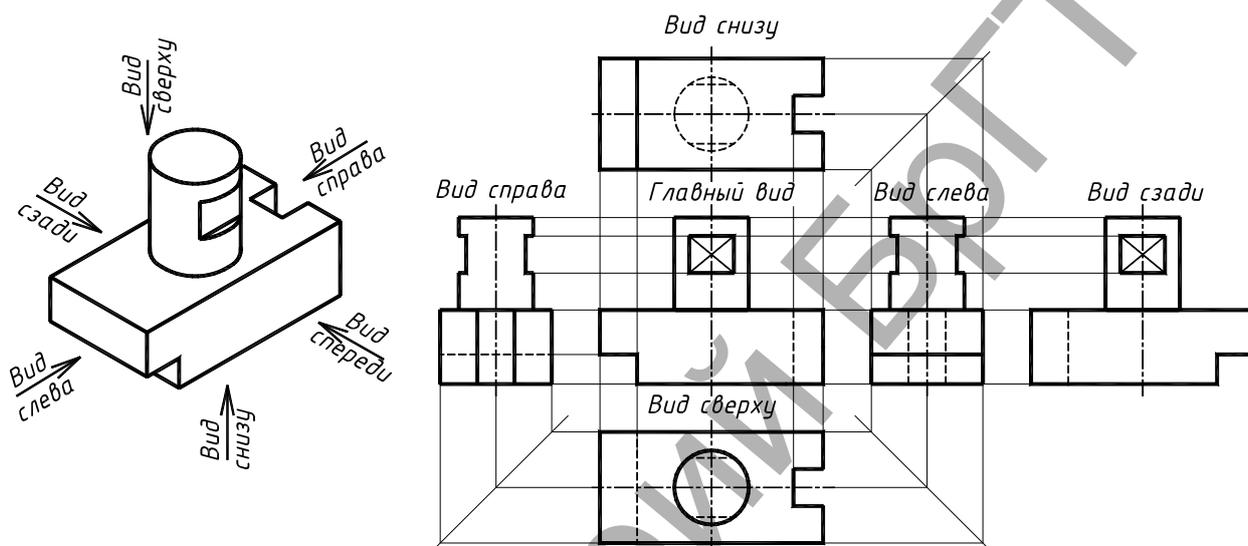


Рисунок 18

ГОСТом 2.305-68 в п. 2.1 определено положение на чертеже этих видов в таком порядке, как это показано на рис. 18. **Названия стандартных видов не надписывают.**

В том случае, если стандартный вид не может быть помещен соответственно положению, определенному ГОСТом, то его располагают в другом месте и сопровождают надписью буквой русского алфавита над изображением, а направления взгляда указывают стрелкой, перпендикулярной к поверхности вида и той же буквой (рис. 19).

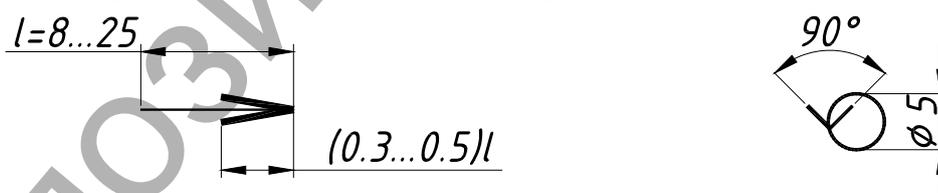


Рисунок 19

Возможны случаи, когда какая-либо часть детали не может быть показана ни на одном из видов без искажения ее формы и размеров, то следует применять **дополнительные виды**. Изображение дополнительного вида получается на плоскости, не параллельной ни одной из основных плоскостей проекций. Поэтому дополнительный вид всегда обозначается и дополняется соответствующим знаком, если его изображение повернуто относительно основного вида.

Следует отметить, что если дополнительный вид расположен в проекционной связи с изображением основного вида, то допускается не делать надписи и указания стрелкой над видом.

**Местным видом** называется изображение отдельного, узкоограниченного места на поверхности детали. Обозначается местный вид аналогично дополнительному виду.

**3.2. Разрезы.** **Разрезом** называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. *На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости, и то, что расположено за ней* (рис. 20, г, д и е). Отсеченную часть предмета,

расположенную между глазом наблюдателя и секущей плоскостью, мысленно удаляют. Внутренние линии контура, изображавшиеся на чертеже штриховыми линиями, на разрезе становятся видимыми и изображаются сплошными линиями.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы подразделяются на простые, выполненные одной секущей плоскостью, и сложные, выполненные несколькими секущими плоскостями.

**Простые разрезы.** В зависимости от положения секущей плоскости относительно плоскостей проекций разрез может быть: **фронтальным**, когда секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 20), **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций, и **горизонтальным**, когда секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций.

Положение секущей плоскости, так же как и сечения, указывают на чертежах разомкнутой линией в виде отдельных утолщенных штрихов со стрелками и буквами (рис. 20, е). Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета и соответствующие изображения его расположены на одном чертеже в непосредственной проекционной связи, то в этом случае для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов линию сечения не показывают и разрез не обозначают.

**Соединение вида с частью разреза.** Разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов. Фронтальный разрез располагают на месте вида спереди, профильный – на месте вида слева, горизонтальный – на месте вида сверху.

В черчении принята такая условность: если деталь проецируется в форме симметричной фигуры, допускается в одном изображении соединять половину вида с половиной соответствующего разреза. Разделяющей линией служит ось симметрии фигуры, т. е. тонкая штрихпунктирная линия. На главном виде и виде слева разрез, как правило, помещают справа от вертикальной оси симметрии, а на видах сверху и снизу – справа от вертикальной и снизу от горизонтальной оси.

В тех случаях, когда на симметричных изображениях контуры деталей совпадают с осями симметрии, допускается соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их сплошной волнистой линией (рис. 20, г и д).

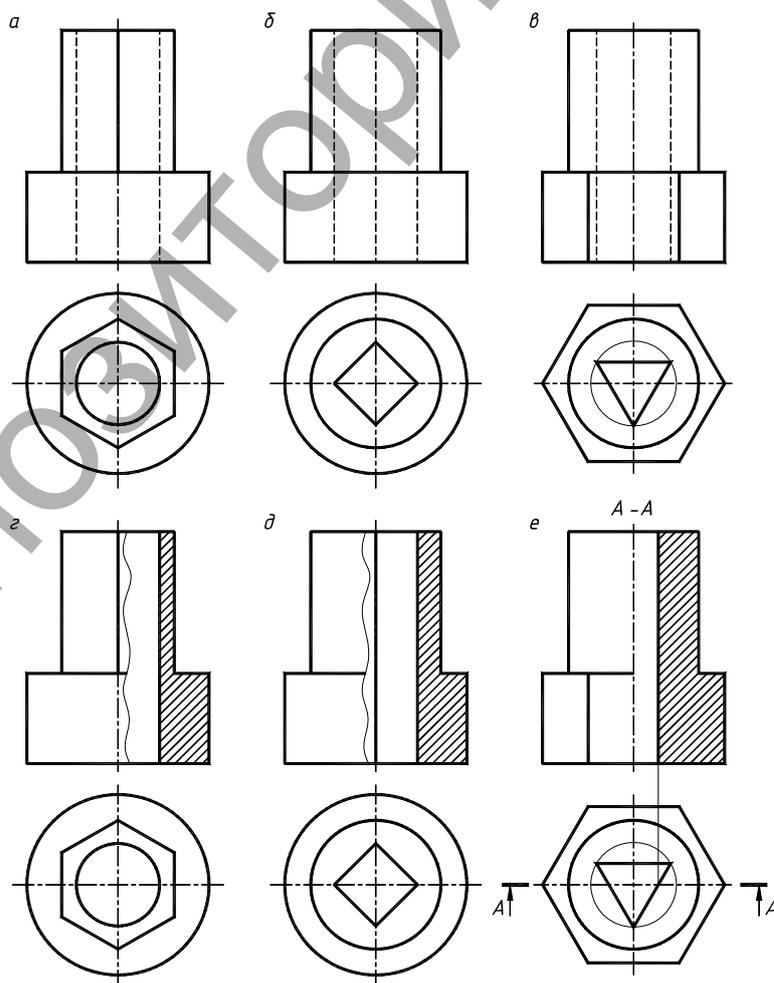


Рисунок 20

На половине вида не следует изображать внутренних очертаний детали (они изображены на разрезе), а на половине разреза не изображаются наружные очертания детали, так как они показаны на половине вида. Наклонные параллельные линии штриховки на разрезах выполняют сплошными тонкими линиями, угол наклона которых к линии рамки чертежа равен  $45^\circ$ . Если линии штриховки совпадают по направлению с линиями контура изображения, то вместо угла  $45^\circ$  можно применять углы  $30^\circ$  (или  $60^\circ$ ).

**Сложные разрезы.** Если секущие плоскости параллельны, то сложный разрез называется ступенчатым (рис. 21,а), а если секущие плоскости пересекаются, то – ломаным (рис. 21,б).

На рис. 21,а изображён сложный ступенчатый разрез. На чертеже он изображается так, как будто сделан одной плоскостью, без каких-либо линий в месте ступеньки. Как и в простых разрезах, положение секущей плоскости указывают на чертеже разомкнутой линией. При сложном разрезе штрихи проводят также у перегибов линии сечения. Деталь в разрезе заштрихована, за исключением ребра, секущая плоскость хотя и пересекает его, но условно принято сплошные ребра по их длине не штриховать.

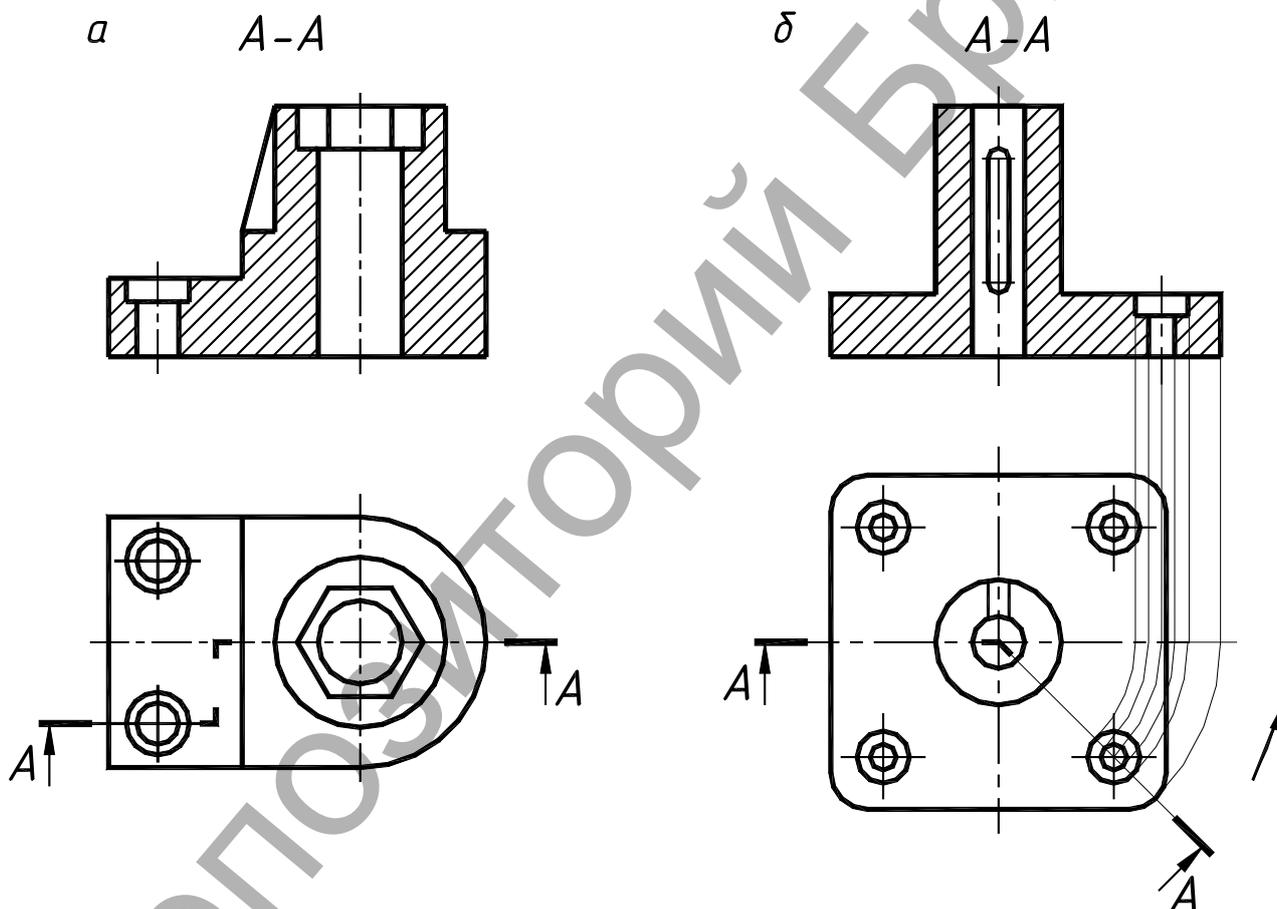


Рисунок 21

При изображении сложного ломаного разреза правую часть детали вместе с рассекающей его плоскостью мысленно поворачивают около линии пересечения секущих плоскостей до совмещения с фронтальной плоскостью (рис. 21,б). При вычерчивании ломаного разреза элементы предмета, расположенные за секущей плоскостью, поворачивать не надо. Они должны проецироваться так, как они проецировались на плоскость, до которой производится совмещение.

**3.3. Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями.** На сечении показывается только то, что

получается непосредственно в секущей плоскости (рис. 22 и 23).

При построении сечений деталей применимы все правила, изученные в начертательной геометрии по теме пересечения поверхности плоскостью. Всегда задается плоскость сечения и обязательно обозначается ее след, как показано на рис. 22 и 23. Плоскость сечения представляет собой фронтально проецирующую плоскость, а значит все то, что получено при пересечении в ней, следует изображать, используя любые способы преобразований. На приведенных примерах рис. 22 – это замена плоскостей проекций, рис. 23 – натуральная величина сечения определялась плоскопараллельным перемещением и сопровождалась знаком повернуто (размеры знака рис. 19).

Для обозначения линии сечения применяют разомкнутую линию в виде отдельных утолщенных штрихов с указанием стрелками направления взгляда. Линию сечения обозначают прописными буквами русского алфавита, а само сечение сопровождается надписью по типу А – А.

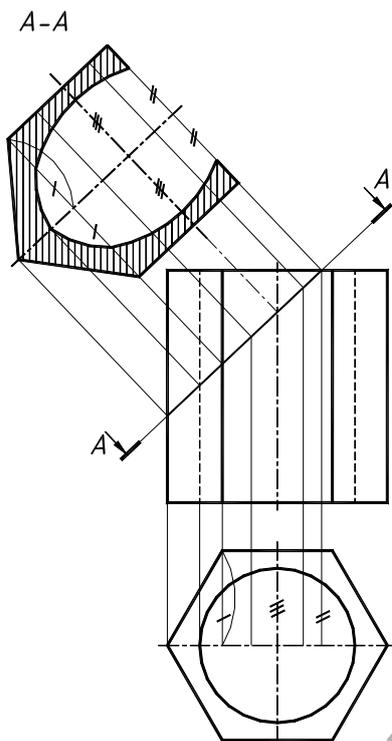


Рисунок 22

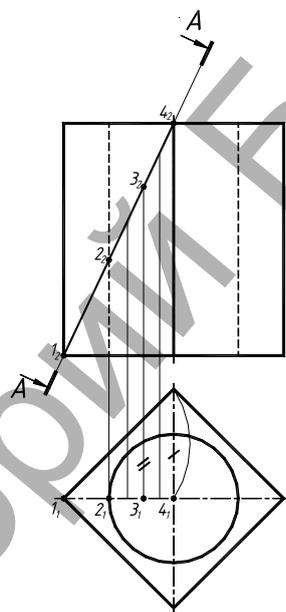
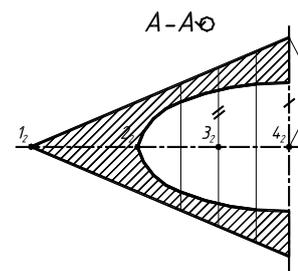


Рисунок 23



**3.4. Аксонометрические проекции.** Аксонометрическое проецирование состоит в том, что изображаемый предмет вместе с осями прямоугольных координат, к которым отнесена эта система в пространстве, проецируется параллельными лучами на некоторую плоскость. В таком случае плоскость проекций называют аксонометрической.

Аксонометрические изображения называют прямоугольными, если проецирующие лучи направлены под прямым углом к аксонометрической плоскости, и косоугольными, если лучи направлены под углом, отличным от прямого.

Из всех видов аксонометрических проекций (ГОСТ 2.317 - 69) студентам для выполнения графических работ рекомендуется применять прямоугольные аксонометрические проекции (изометрическую и диметрическую проекции).

**Прямоугольная изометрическая проекция.** В изометрии аксонометрическая плоскость наклонена ко всем трем координатным осям под углом  $120^\circ$ .

Поэтапное построения овала в плоскости XOY (рис. 24):

1. Через точку O (начало аксонометрических осей) проводят горизонтальную линию. Из точки O проводят окружность заданного по условию диаметра. На вертикальной линии отмечают центры  $O_1$  и  $O_1'$ . Из этих центров проводят большие дуги овала радиусами  $R = O_1 - 1$  и  $R' = O_1' - 1'$ .

2. Из центра O радиусом, равным O-2, проводят дугу до пересечения с горизонтальной

линией. Отмечают центры  $O_2$  и  $O_2'$ .

3. Проводят прямые  $O_1 O_2$  и  $O_1' O_2'$  и доводят их до радиуса  $R$  и  $R'$ .

4. Из центров  $O_2$  и  $O_2'$  проводят малые дуги овала радиусами  $R_1$  и  $R_1'$ .

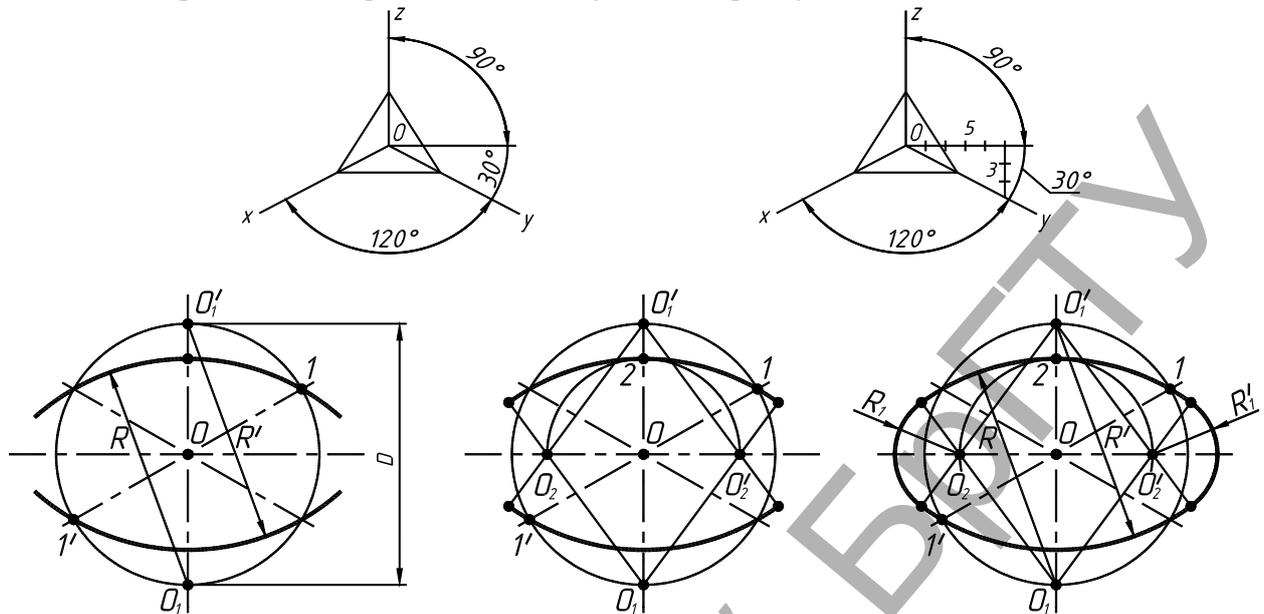
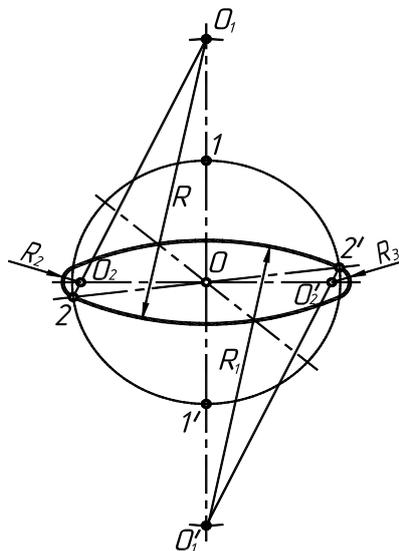
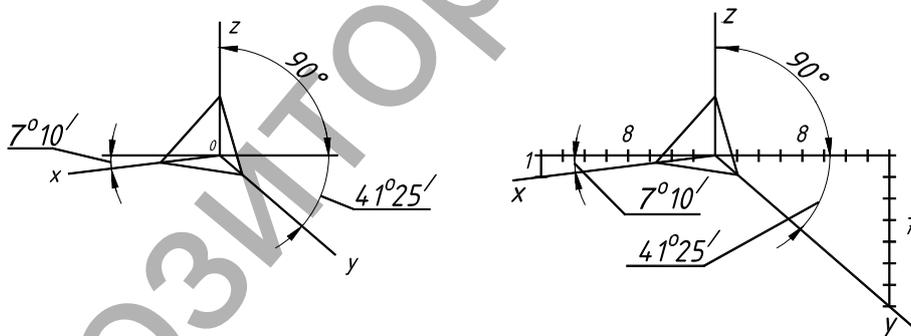


Рисунок 24

**Прямоугольная диметрическая проекция.** Аксонометрическая ось  $z$  расположена вертикально, ось  $x$  – под углом  $7^\circ 10'$ , а ось  $y$  – под углом  $41^\circ 25'$  от горизонтали (рис. 25). Для построения угла, примерно равного  $7^\circ 10'$ , графическим способом строят прямоугольник с катетами 1 и 8 единиц, угла  $41^\circ 25'$  – с катетами 7 и 8 единиц. Гипотенузы этих прямоугольников и будут иметь необходимый угол наклона.



**Рисунок 25**

Последовательность построения овала в плоскости ХОУ (рис. 25):

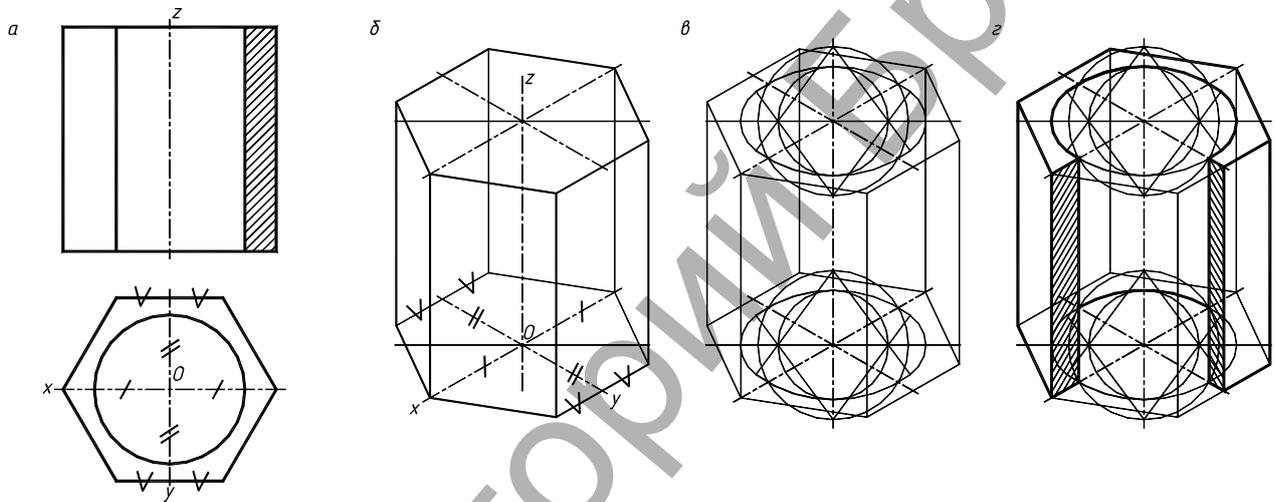
1. Через точку О проводят горизонтальную линию. Из точки О проводят окружность заданного диаметра D. На вертикальной линии откладывают от точек 1 и 1' в обе стороны расстояния, равные радиусу окружности, заданной по условию. Отмечают центры  $O_1$  и  $O_1'$  для больших дуг овала.

2. Проводят из этих центров дуги радиуса  $R=O_1 - 2$  и  $R_1=O_1' - 2'$ .

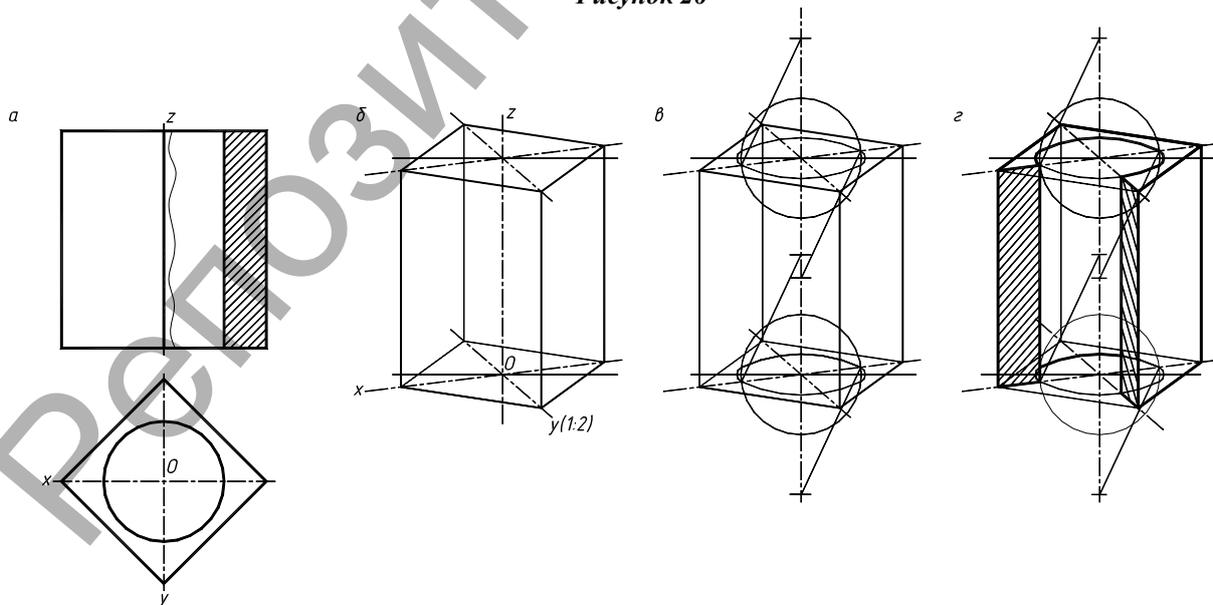
3. Соединяют прямыми линиями  $O_1$  и 2,  $O_1'$  и 2'. На горизонтальной линии отмечают центры  $O_2$  и  $O_2'$  для малых дуг овала.

4. Из этих центров проводят дуги радиусами  $R_2=O_2 - 2$  и  $R_3=O_2' - 2'$ .

Для более полного выявления внутренней формы изображаемых предметов в аксонометрических проекциях применяют разрезы (четвертные вырезы), определяемыми аксонометрическими осями. Разрезы в аксонометрических проекциях выполняют следующим образом. Сначала строят аксонометрическую проекцию всего предмета (рис. 26 и 27), а затем выполняют разрез и оставляют в тонких линиях часть предмета, находящуюся между глазом наблюдателя и секущими плоскостями (рис. 26,г и 27,г).



**Рисунок 26**



**Рисунок 27**

Линии штриховки сечений наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рис. 24 и 25).

#### 4. Разъемные резьбовые соединения

**Разъемные** соединения можно разъединить, не разрушая формы основных деталей и их креплений. К ним относятся – резьбовые, шпоночные, шлицевые и др.

**4.1. Разъемные резьбовые соединения.** Это наиболее распространенный вид разъемных соединений. В основе образования резьбы лежит принцип получения винтовой линии. Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. Определение резьбы и ее основные параметры даны в ГОСТ 11708-82 "Резьбы. Термины и определения".

Резьбы классифицируются по нескольким признакам:

- **В зависимости от формы профиля** резьбы различают: треугольного, трапецидального, круглого, прямоугольного и других профилей.
- **В зависимости от формы поверхности**, на которой нарезаны резьбы, они разделяются на цилиндрические и конические.
- **В зависимости от расположения на поверхности** резьбы разделяются на внешние и внутренние.
- **По эксплуатационному назначению** резьбы подразделяются на крепёжные (метрические, дюймовые); крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходовые (трапецидальные, упорные), специальные и др.

Основными параметрами резьбы являются (рис. 28):

**Ось резьбы** – прямая, относительно которой происходит винтовое движение плоского контура, образующего резьбу.

**Профиль резьбы** – контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ось резьбы.

**Боковые стороны профиля** – прямолинейные участки профиля, принадлежащие винтовым поверхностям.

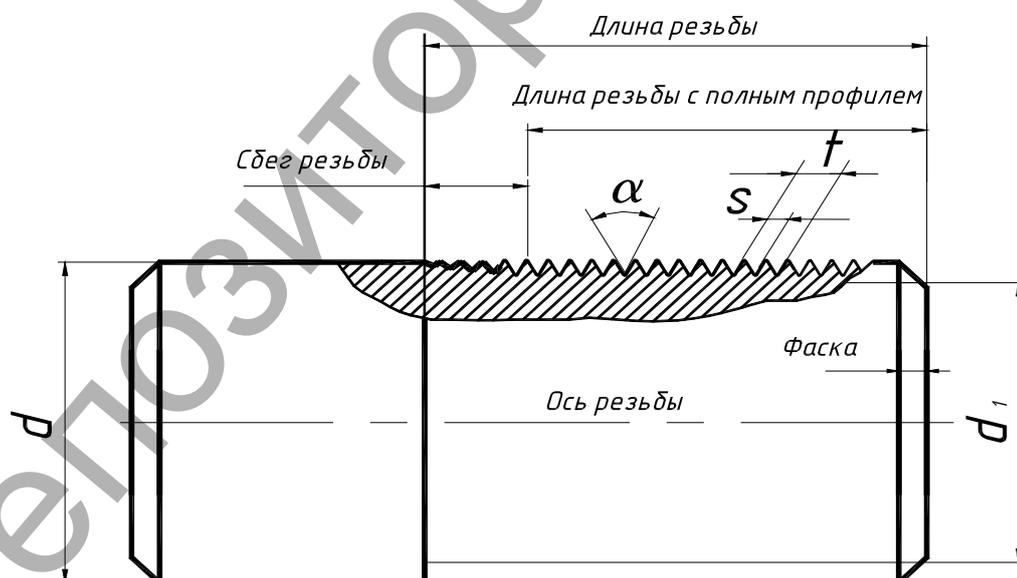


Рисунок 28

**Угол профиля  $\alpha$**  – угол между боковыми сторонами профиля.

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

**Внутренний диаметр резьбы  $d_1$**  – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

**Шаг резьбы  $s$**  – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами про-

филя в направлении, параллельном оси резьбы.

**Ход резьбы  $t$**  – расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы.

**Сбег резьбы** – участок неполного профиля в зоне перехода резьбы к гладкой части детали.

**Основные типы и обозначение резьб.** Резьбы по назначению подразделяются на крепежные и ходовые. Крепежные резьбы служат для получения разъемных соединений деталей и имеют, как правило, треугольный профиль и выполняются однозаходными.

Стандартами предусмотрено большое количество резьб с различными параметрами. Среди них крепежные резьбы: метрическая (ГОСТ 9150-81, ГОСТ 8724-81, ГОСТ 24705-81), метрическая коническая (ГОСТ 25229-82), трубная цилиндрическая (ГОСТ 6357-81) и др. типы.

У метрической резьбы треугольный профиль с углом между боковыми сторонами, равным  $60^\circ$ . Вершины треугольников срезаны по прямой. Форма впадин профиля не регламентируется и может выполняться как плоско срезанной, так и закругленной.

В условных обозначениях метрической резьбы должно входить: буква М, номинальный диаметр резьбы, числовое значение шага (только для резьб с мелким шагом). Пример условного обозначения с номинальным диаметром отверстия 24 мм равен с крупным шагом - М24; с мелким шагом - М24х2 (при шаге 2 мм).

**4.2. Изображение резьбы на чертежах.** ГОСТ 2.311-68 установлено одинаковое изображение на чертежах всех резьб.

На стержне (наружная) резьба изображается сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими – по внутреннему диаметру. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводят сплошную тонкую линию на всю длину резьбы без сбega, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте (рис. 29,а).

Сплошную тонкую линию при изображении резьбы проводят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

Границу резьбового участка по длине стержня или глубине отверстия изображают сплошной основной линией. Ее наносят в конце участка с полным профилем (до начала сбega резьбы) и доводят до линии наружного диаметра резьбы.

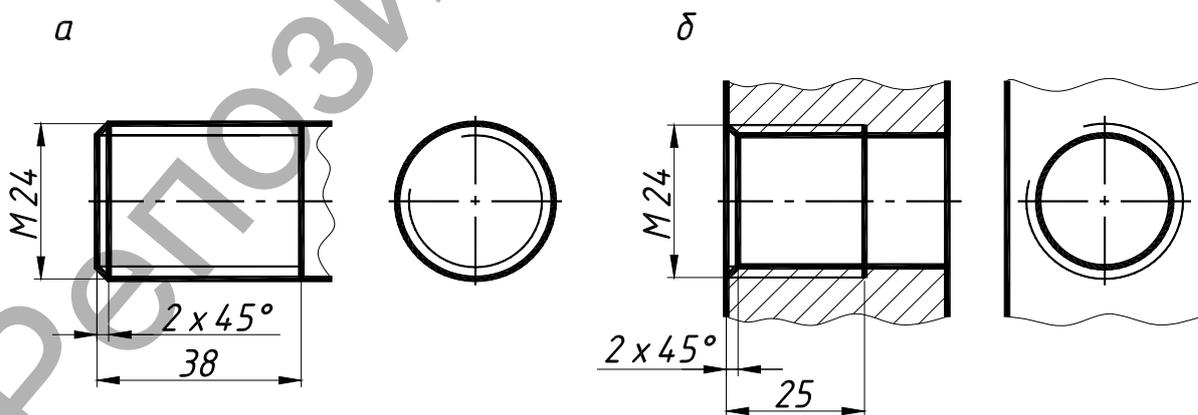


Рисунок 29

Внутренняя резьба (в отверстиях) на разрезах и сечениях вдоль оси резьбы изображается сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру на всей длине резьбы без сбega.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по наружному диаметру проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, ра-

зомкнутой в любом месте (рис. 29,б).

**4.3. Болтовое соединение.** В технике широкое применение получило болтовое соединение, выполненное посредством болта, гайки и шайбы. Отверстия под болты сверлят немного больше диаметра болта ( $d_0=1,1d$ , где  $d$  – диаметр болта).

Болтовое соединение по действительным размерам (рис 31,а). Все необходимые размеры студент выбирает из соответствующих таблиц согласно варианту. Определяем длину болта по формуле:

$$L = a + b + S_{ш} + H_{г} + a_1,$$

где  $a + b$  - толщина соединяемых деталей (по варианту);

$S_{ш}$  - высота шайбы (табл. 7);

$H_{г}$  - высота гайки (табл. 6);

$a_1 = 0,27 \dots 0,3d$  - длина свободной части болта, выступающая над гайкой.

Полученную длину болта округляют до стандартной (принимают ближайшее большее число), в соответствии с рядом длин, установленных ГОСТом.

Стандартный ряд длин болтов: 8, 10, 12, 14, 16, (18), 20, (22), 25, (28), 30, (32), 35, (38), 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, (105), 110, (115), 120, (125), 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300.

По полученным размерам вычерчивается болтовое соединение деталей в масштабе 1:1 (рис. 31) в последовательности:

а) проводятся вертикальные и горизонтальные оси;

б) на виде сверху строится шестиугольник с окружностью фасок;

в) на главном виде вдоль вертикальной оси откладываем размеры высоты головки болта, толщин соединяемых деталей, толщину шайбы, высоту гайки и рабочую длину болта;

г) на главном виде отмечаем диаметр шайбы; ширину гайки и головки болта. Изображение гайки и головки болта вычерчиваем по относительным размерам (рис. 30). Фаска  $c=0,15 d$ ;

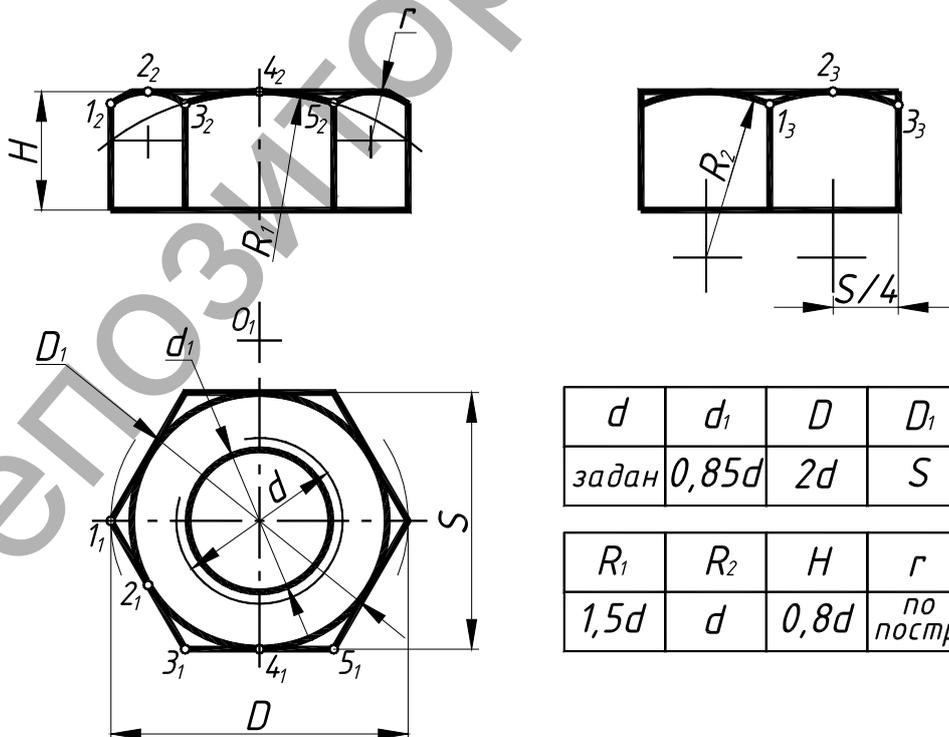


Рисунок 30

д) на виде сверху наносим внутренний и наружный диаметр резьбы;

е) на главном виде и виде слева проводим вертикальные линии, ограничивающие диа-

метр болта отверстия, линии обозначения резьбы и ограничения ее длины;

ж) наносят основные размеры соединения, отмеченные звездочкой (\*): диаметр резьбы, длину болта и толщину скрепляемых деталей, размер под «ключ».

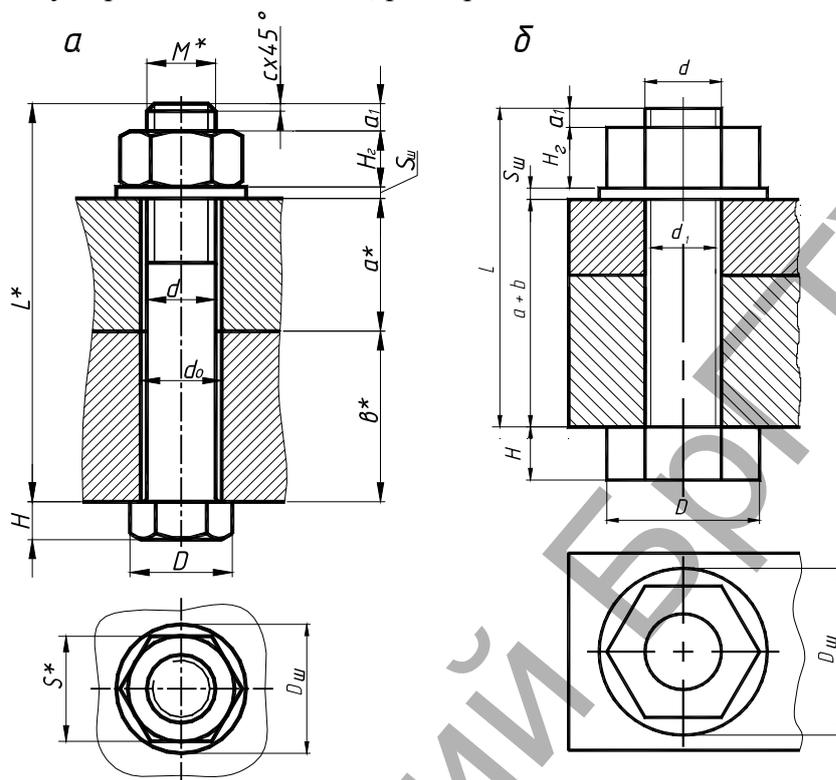


Рисунок 31

На рис. 31,б показано упрощенное изображение болтового соединения. Особенность такого изображения заключается в следующем:

- резьбу обозначают на всем стержне болта;
- стержень болта изображают без фасок;
- не показывают зазор между стержнем болта и отверстием;
- головку болта изображают без фасок;
- гайку изображают без фасок.

На сборочном чертеже детали болтового соединения вычерчивают по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы ( $d$ ). Формулы для расчёта болтового соединения:

$D=2d$  – размер шестигранника;

$D_{ш}=2,2d$  – диаметр шайбы;

$d_1=0,85d$  – глубина впадин резьбы;

$S_{ш}=0,15d$  – высота шайбы;

$H=0,7d$  – высота головки болта;

$H_r=0,8d$  – высота гайки;

$a_1 = 0,3 d$  – свободная часть болта, выступающая над гайкой.

По полученным размерам вычерчивается болтовое соединение деталей (рис. 31,б) в следующей последовательности:

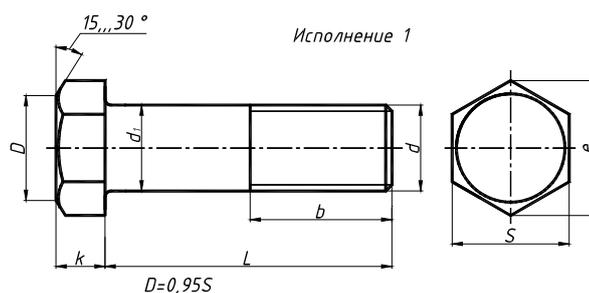
а) проводятся вертикальные и горизонтальные оси;

б) на виде сверху строится шестиугольник;

в) на главном виде вдоль вертикальной оси откладываем размеры высоты головки болта, толщины соединяемых деталей, толщины шайбы, высоты гайки и рабочей длины болта, линии обозначения резьбы и ограничения ее длины.

Таблица 5

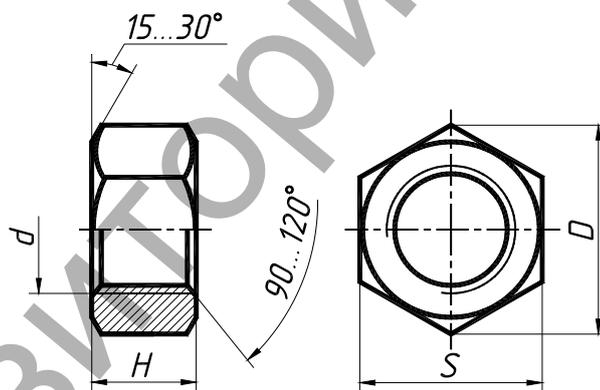
## Болты с шестигранной головкой по ГОСТу 7798-70\*, мм



Номинальный диаметр резьбы d	S	k	e, не менее	d <sub>1</sub>	b
12	19	8	20,9	12	30
14	22	9	24,0	14	34
16	24	10	26,7	16	38
18	27	12	29,6	18	42
20	30	13	33,0	20	46
22	32	14	35,0	22	50
24	36	15	39,6	24	54

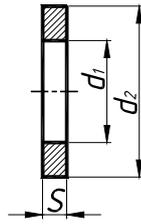
Таблица 6

## Гайки шестигранные по ГОСТу 5915-70\*, мм



Номинальный диаметр резьбы, d	S	D	H
12	19	20,9	10
14	22	23,9	11
16	24	26,2	13
18	27	29,6	15
20	30	33,0	16
22	32	35,0	18
24	36	39,6	19

## Шайбы по ГОСТу 11371-78\*, мм



Диаметр резьбы крепежной детали, d	$d_1$	$d_2$	S
12	13,5	24,0	2,5
14	15,5	28,0	2,5
16	17,5	30,0	3,0
18	20,0	34,0	3,0
20	22,0	37,0	3,0
22	24,0	39,0	3,0
24	26,0	44,0	4,0

**4.4. Винтовое соединение.** Винтовое соединение состоит из винта и скрепляемых деталей. Отверстия под винты сверлят немного больше диаметра винта ( $1,1d$ , где  $d$  – диаметр винта).

На рис. 32,а показано винтовое соединение, выполненное по действительным размерам. Длина винта определяется по формуле:

$$L_{\text{в}} = a + (b - 0,5d),$$

где  $a$  – толщина присоединяемой детали,

$b$  – длина резьбы винта,

$0,5d$  – выход резьбы за уровень скрепляемых деталей,

$d$  – наружный диаметр резьбы винта,

Стандартный ряд длин винтов: (1,5), 2, (2,5), 3 (3,5), 4, 5, 6, (7), 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14, 16, (18), 20, (22), 25, (28), 30, (32), 35, (38), 40, 42, 45, (48), 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, 110, 120.

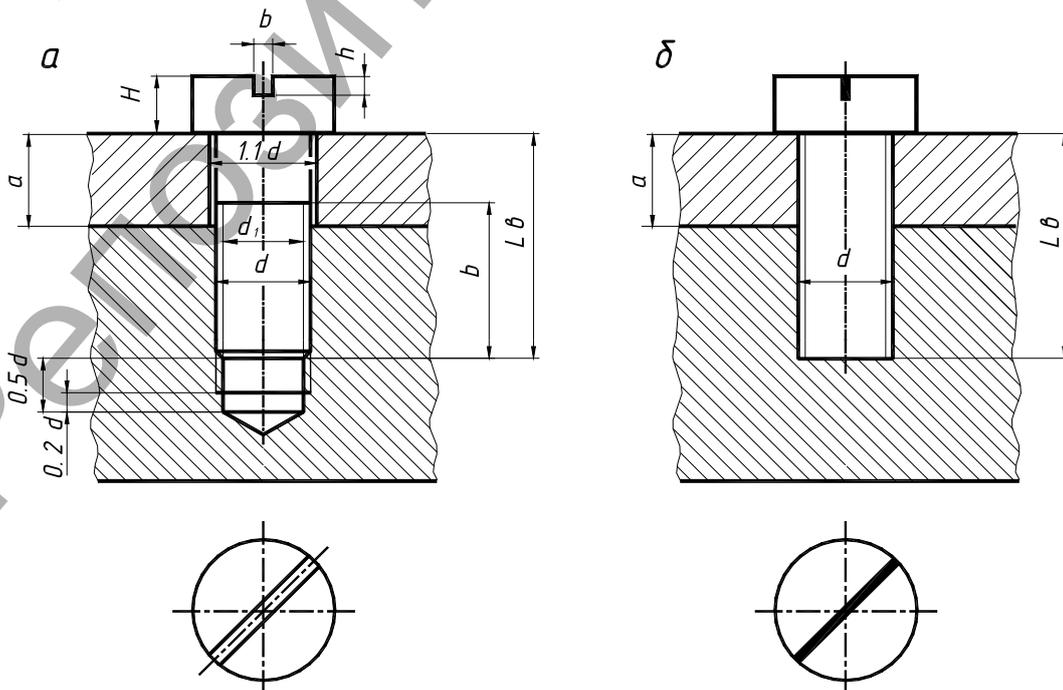


Рисунок 32

На сборочном чертеже детали винтового соединения вычерчивают по условным соотношениям (рис.32,б) в зависимости от диаметра резьбы ( $d$ ).

$d_1 = 0,85 d$  – внутренний диаметр резьбы винта;

$H$  – высота головки винта;

$D$  – диаметр головки винта;

$H = 0,6 d$ ,  $D = 1,5 d$  (для винтов по ГОСТу 1491-80);

$H = 0,7 d$ ,  $D = 1,6 d$  (для винтов по ГОСТу 17473-80);

$H = 0,5 d$ ,  $D = 1,8 d$  (для винтов по ГОСТу 17475-80);

$b = 0,2d$ ;  $h = 0,25d$ .

По полученным размерам вычерчивается винтовое соединение деталей (рис. 32,б):

а) на виде сверху – диаметр головки винта,

б) на главном виде проводим вертикальные линии, ограничивающие высоту головки винта, толщину присоединяемой детали, длину отверстия, линии обозначения резьбы и ограничения ее длины.

При выполнении винтовых соединений на чертеже задают только три размера: диаметр резьбы, длину винта и толщину присоединяемой детали.

На сборочных чертежах шлицы (под отвертку) на головках винтов вычерчивают под углом 45 градусов относительно рамки чертежа. При упрощенном и условном обозначении шлицы вычерчивают утолщенной линией.

На рис. 33 показано упрощенные изображения соединений винтом с утопленной и потайной головкой.

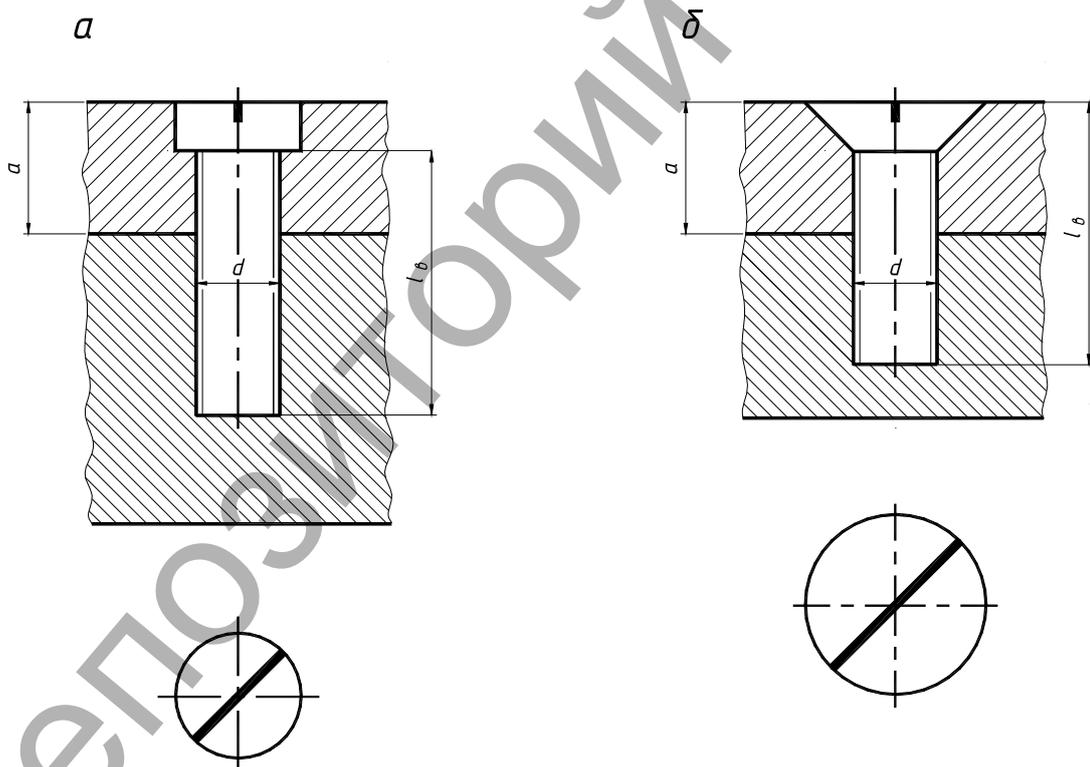
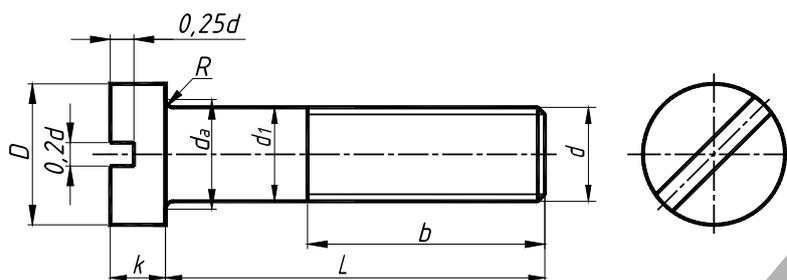


Рисунок 33

## Крепежные винты с цилиндрической головкой по ГОСТу 1491-80\*, мм



Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы		Длина резьбы b	D	k	R, не менее	d <sub>a</sub> , не более	L, длина винта
	крупный	мелкий						
10	1,5	1,25	26	16	6	0,4	11,2	18—100
12	1,75	1,25	30	18	7	0,6	14,2	18—100
14	2	1,5	34	21	8	0,6	16,2	22—100
16	2	1,5	38	24	9	0,6	18,2	28—100
18	2,5	1,5	42	27	10	0,6	20,2	35—110
20	2,5	1,5	46	30	11	0,8	22,4	40—120

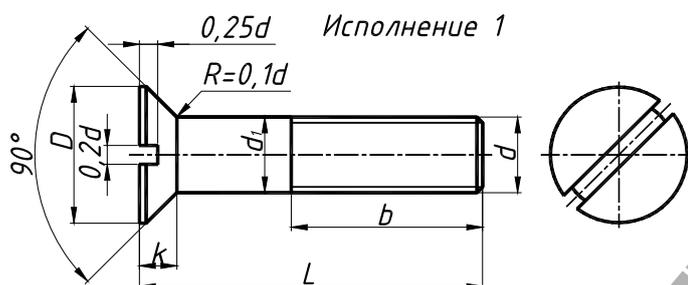
Таблица 9

## Крепежные винты с полукруглой головкой по ГОСТу 17473-80\*, мм



Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы		b	D	k	R <sub>i</sub>	R, не менее	d <sub>a</sub> , не более	L, длина винта
	крупный	мелкий							
10	1,5	1,25	26	16	7,0	8,1	0,4	11,2	18—70
12	1,75	1,25	30	18	8,0	9,1	0,6	14,2	22—80
14	2	1,5	34	21	9,5	10,6	0,6	16,2	25—90
16	2	1,5	38	24	11	12,1	0,6	18,2	30—95
18	2,5	1,5	42	27	12	13,6	0,6	20,2	35—110
20	2,5	1,5	46	30	14	15,1	0,8	22,4	40—120

## Крепежные винты с потайной головкой по ГОСТу 17475- 80\*, мм



Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы		Длина резьбы b	D	k	L, длина винта
	крупный	мелкий				
10	1,5	1,25	26	18	5	11—100
12	1,75	1,25	30	21,5	6	16—100
14	2	1,5	34	25	7	30—100
16	2	1,5	38	28,5	8	32—100
18	2,5	1,5	42	32,5	9	35—110
20	2,5	1,5	46	36	10	40—120

## 4.5. Условные изображения болтового и винтового соединений.

На рис. 34 показано условное обозначение болтового и винтового соединений.

а) Болтовое  
в разрезе

б) Винтовое  
в разрезе

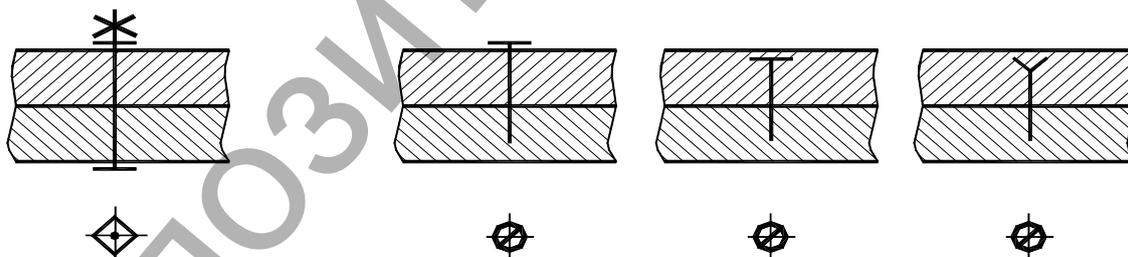


Рисунок 34

## 5. Неразъемные соединения

**Неразъемные** соединения нельзя разъединить без разрушения или же значительного повреждения скрепляемых или скрепляющих их деталей.

В качестве **неразъемных соединений** следует рассматривать соединения, получаемые клёпкой, пайкой, сваркой, склеиванием, сшиванием, и соединения при помощи металлических скоб. Стандартом, устанавливающим условные изображения и обозначения данных соединений на чертежах всех отраслей промышленности и строительства (за исключением чертежей металлических конструкций в строительстве), является ГОСТ 3.313-82 .

В данном разделе методических указаний будут рассмотрены условные изображения и обозначения соединений, получаемых пайкой и склеиванием.

**5.1. Паяные соединения.** Соединение деталей в нагретом состоянии с помощью легкоплавкого сплава (припоя) называется пайкой. Припой при расплавлении смачивает поверхности паяемых деталей, а при застывании соединяет их.

Основные типы и элементы паяных швов устанавливает ГОСТ 19.249-73.

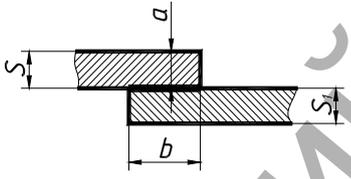
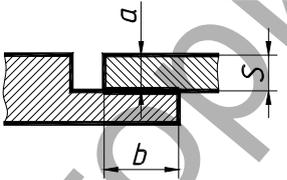
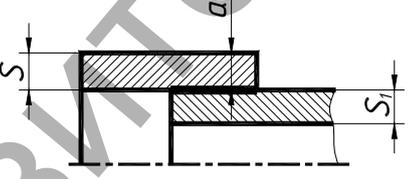
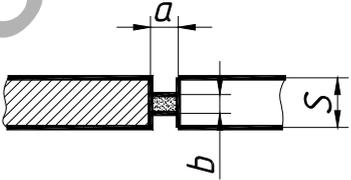
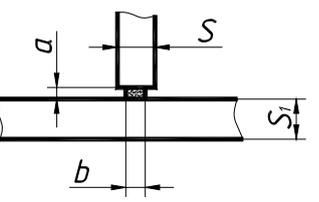
Швы неразъемных соединений, получаемые пайкой или склеиванием, изображают по ГОСТу 3.313-82. Основными параметрами конструктивных элементов паяного шва являются: толщина шва (расстояние между поверхностями соединяемых деталей), ширина шва, длина шва.

Перед пайкой поверхности соединения элементов следует предварительно подготовить (зачистить до зеркального блеска абразивным материалом, обезжирить поверхность).

При использовании пасты (специальной мастики для пайки) необходимо нанести её на подготовленную поверхность и соединить стыкующиеся элементы. Затем равномерно разогреть газопламенной горелкой область стыка. При необходимости дополнительно накладывают шов, по контуру стыка, используя припой.

Таблица 11

**Основные типы и элементы паяных швов (ГОСТ 19249-73)**

Тип соединения	Форма поперечного сечения соединения	Условное обозначение соединения	Примечание
В нахлестку		ПН-1	S - толщина основного материала a - толщина шва b - ширина шва
		ПН-3	
Телескопическое		ПН-4	
Встык		ПВ-1	
Втавр		ПТ-1	S ≠ b

Существует большое число способов пайки: паяльником, погружением в расплавленный припой, газопламенный, лазерный, электроннолучевой и др. (подробнее см. ГОСТ 17 349-79). Припой подразделяют:

- по температуре расплавления - особо легкоплавкие (до 145°C), легкоплавкие (до 450°C), среднеплавкие (до 1100°C), высокоплавкие (до 1850°C) и тугоплавкие (свыше 1850°C).

- по основному компоненту - на оловянные (ПО), оловяно-свинцовые (ПОС), цинковые (ПП), медно-цинковые (латунные, ПМЦ), серебряные (ПСр) и др. (см. ГОСТ 19248-73. Припой. Классификация).

- Выпускают припои в виде проволоки (Прв), прутков (Пт), лент (П) и др. (см. ГОСТ 21931-76).

**5.2. Клееные соединения.** В клееных конструкциях наиболее часто применяют соединения внахлестку (рис. 35) и встык (рис. 36).



Рисунок 35



Рисунок 36

По технологии до проведения склеивания элементов следует подготовить поверхности, на которые будет наноситься клей (зачистить, обезжирить). В процессе склеивания, как правило, необходим нагрев (незначительное повышение температуры для ускорения протекающих реакций) и сжатие соединяемых деталей (помещение склеиваемых элементов под пресс).

**5.3. Изображение соединений пайкой и склеиванием.** Припой или клей в разрезах и на видах изображают линией толщиной 2s (в 2 раза толще сплошной основной линии) согласно ГОСТ 2.313-82 .

При небольшой толщине соединяемых деталей (меньше 2 мм), когда соединяемые элементы на чертеже показаны в сечении зачерненными, место соединения показывают с просветом.

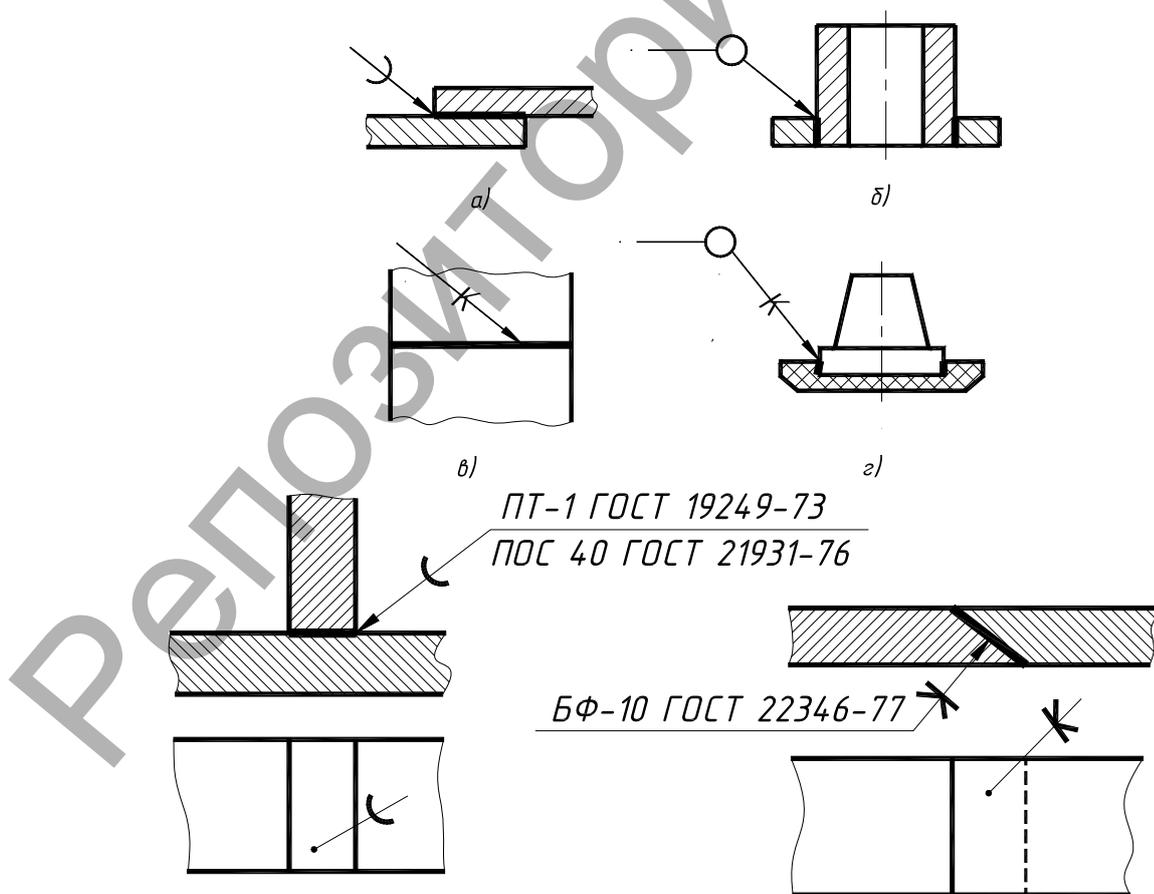


Рисунок 37

Для обозначения пайки (рис. 37,а и б) или склеивания (рис. 37,в и г) применяют условные знаки, которые наносят на наклонном участке линии выноски сплошной основной линией.

На изображении паяного соединения при необходимости указывают размеры шва и обозначение шероховатости поверхности.

Обозначения соединений, полученных пайкой и склеиванием, производится с помощью символов и знаков, помещаемых на линии-выноске, выполненной тонкой линией и начинающейся от изображения шва двухсторонней стрелкой с символом метода соединения (для пайки знак, похожий на букву **С**, а для склеивания - на букву **К**) (рис. 37).

Швы, выполненные пайкой или склеиванием по периметру, обозначают линией-выноской, заканчивающейся окружностью диаметра 3-4 мм (рис.37,б и г).

Согласно ГОСТу 19249-73 тип шва указывают на полке линии-выноски. Обозначение припоя или клея производится в технических требованиях по типу ПОС 40 ГОСТ ... или клей БФ-2 ГОСТ ... с указанием на полке линии-выноски номера соответствующего пункта технических требований.

## 6. Эскизирование деталей. Деталировочный чертеж

В данном учебном курсе в процессе работы над созданием эскизов и деталировочных чертежей преследуется цель – приобретение практических навыков у студентов в разработке рабочих чертежей и развитие творческого, инженерного мышления у будущих специалистов. В процессе работы студенты ознакомятся и приобретут практические навыки в создании эскизов деталей с натуры и существующего чертежа, освоят технику создания деталировочных чертежей.

ГОСТ 2.102—68 «Виды и комплектность конструкторской документации» среди графических конструкторских документов рассматривает:

Чертеж общих видов на стадии технического проекта (ВО).

Сборочные чертежи на стадии рабочей документации (СБ).

Главное отличие этих документов состоит в том, что на сборочный чертеж составляется спецификация (рис. 39).

Если рассматривать эти графические документы по содержанию, то чертеж «Общего вида» содержит значительно больше информации об изделии, чем сборочный чертеж. Если чертеж общего вида дополнить спецификацией и некоторыми другими данными, то в условиях учебного процесса можно получить документ, который позволит выполнять деталирование.

**6.1. Чертежи общих видов.** Чертеж общего вида выполняется, как правило, на стадии технического проекта, но может также выполняться на стадии технического предложения и эскизного проекта. Чертеж общего вида является основой для разработки рабочей документации: спецификаций, чертежей деталей и сборочных чертежей всего изделия или отдельных сборочных единиц.

Чертеж общего вида служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации и содержит:

- Изображения изделия и его составных частей, выполненные при минимальном и достаточном количестве изображений (видов, сечений, разрезов), с достаточной полнотой отображающих их форму.
- Указания о предусмотренной обработке деталей в процессе сборки и после сборки.
- Указания о характере сопряжений, способе их исполнения.
- Габаритные, установочные и присоединительные размеры.
- Движущиеся механизмы в крайних (предельных) положениях.
- Описание назначения рукояток, технические требования к готовому изделию, основные характеристики изделия (число оборотов, мощность и т. д.)
- Основную надпись.
- Спецификацию (лишь для использования чертежей общего вида в учебном процессе).

**6.2. Сборочные чертежи.** Сборочный чертеж является документом, содержащим изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления и контроля).

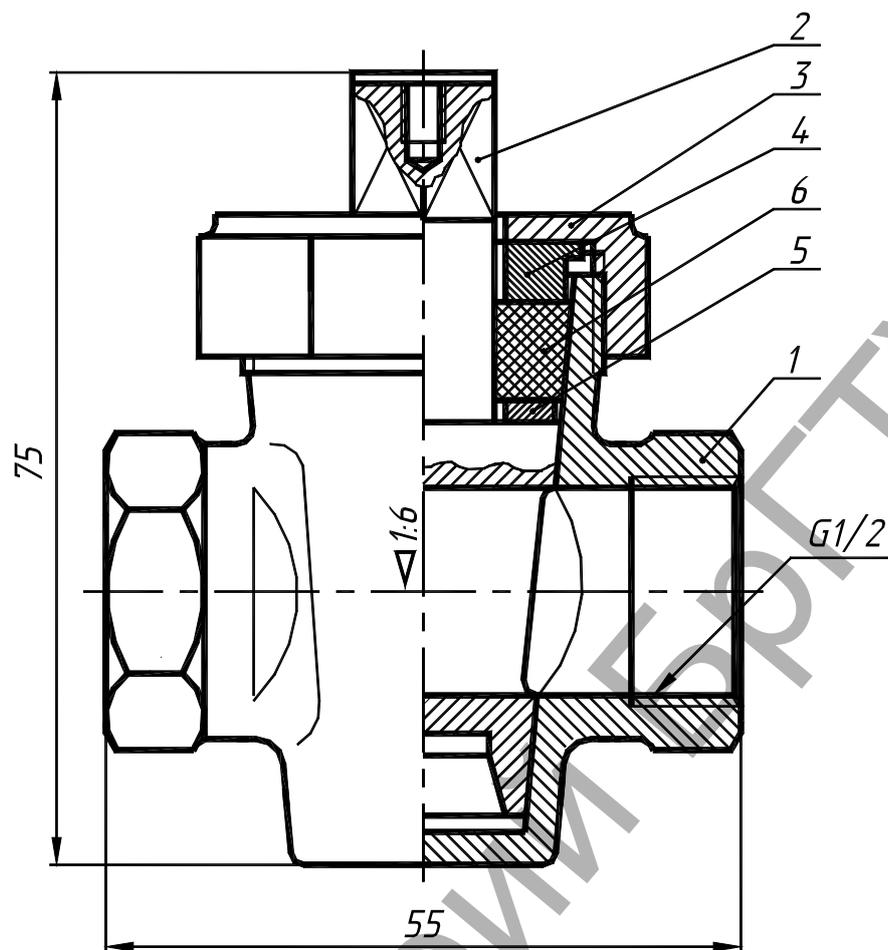


Рисунок 38

Составные части изделия (сборочные единицы) подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями. Наличие сборочных чертежей позволяет правильно производить сборку и разборку; сборку изделия и его составных частей, а также пользоваться этими чертежами при эксплуатации и ремонте.

На сборочном чертеже должно быть показано, из каких деталей состоит изделие, их взаимное расположение, а также дано представление о взаимодействии деталей.

Сборочный чертеж должен содержать габаритные размеры, определяющие предельные внешние и внутренние очертания изделия, установочные размеры, по которым изделие устанавливается при монтаже (рис. 38).

На сборочном чертеже допускается указывать, что представляют собой те части изделия, которые сопрягаются или соприкасаются (обстановка) с деталями или изделиями, не принадлежащими рассматриваемому изделию. Такими деталями и частями изделий являются фундаментные плиты, фланцы, несущие поверхности кронштейнов и т. д.

Части изделия, расположенные за обстановкой, изображаются как видимые, но могут при необходимости изображаться как невидимые. Предметы «обстановки» показываются упрощенно. В разрезах и сечениях их допускается не штриховать.

На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами, указывать основные характеристики изделия (вес, число оборотов, мощность, грузоподъемность и т. д.), назначенные рукояток, способы осуществления неразъемных соединений, номера позиций составных частей, входящих в изделие. На сборочный чертеж составляется спецификация (рис. 39).

Сборочные чертежи являются рабочей документацией, выполняемой при проектировании изделий, но могут также выполняться и для существующего изделия, например при его модернизации.



**6.4. Эскизирование деталей.** Эскиз – рабочий чертеж (как правило, временного характера), выполненный от руки (без применения чертежных инструментов), без соблюдения масштаба, но с сохранением общих пропорций элементов. Эскизы должны быть выполнены в соответствии с требованиями прямоугольного проецирования, содержать необходимые данные для изготовления детали и контроля ее параметров.

- В качестве задания предлагается выполнить два эскиза детали с существующего чертежа и один эскиз детали с натуры. Задания на выполнение эскизов и детализированных чертежей студенты получают из альбома чертежей в соответствии со своими вариантами, для выполнения работ по эскизированию с натуры выдаются детали.

- От студентов в процессе работы требуется определить необходимое минимальное количество видов, осуществить выбор главного вида и рационально разместить текстовую и графическую информацию на листе, осуществить простановку размеров и допусков, а также материала детали. Эскизы выполняются на листах с миллиметровой сеткой (либо на листах в клетку) с соблюдением правил оформления чертежа и стандартов университета.

**Основные требования и методика создания эскизов.** Прежде всего, следует отметить, что к эскизам предъявляются те же требования, что и к рабочим чертежам (ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам»):

- эскиз должен дать исчерпывающую информацию о геометрии детали при минимальном количестве видов, кроме того, он должен содержать информацию об предельных отклонениях геометрических размеров, о материале детали и информацию по предъявляемым к ней техническим требованиям;

- на каждую деталь выполняется отдельный эскиз;

- в основной надписи эскиза наименование детали должно быть лаконичным и терминологически верным, записанным в именительном падеже (в сложных названиях деталей первым следует имя существительное);

- условные обозначения материалов должны соответствовать установленным стандартом, на штампе в соответствующей графе при обозначении материала указывается наименование материала, марка и номер.

- При выполнении работ по созданию эскизов целесообразно придерживаться следующего порядка:

- визуально осмотреть деталь, выяснить все ее особенности (назначение детали, визуальное соотношение геометрических параметров, определения степени обработки детали, визуальное определение материала);

- определить главный вид детали (ГОСТ 2.305-68), выбрать необходимое минимальное количество видов (с учетом построения, при необходимости, разрезов, сечений), визуально определить соотношение между габаритами детали;

- эскизы выполняются на листах с миллиметровой сеткой (листах в клетку) формата А4, нанесение рамки и штампа осуществляется без применения линейки, создание изображений следует начинать с создания габаритных прямоугольников, и затем наносятся осевые линии (рис. 40);

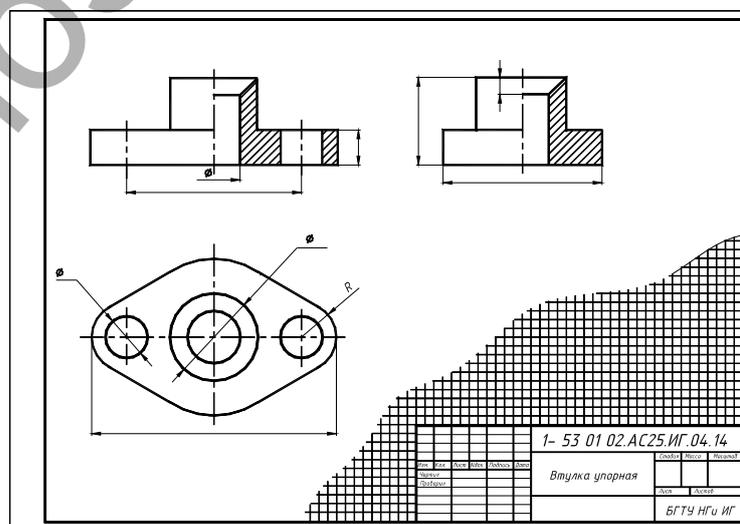


Рисунок 40

- первоначально все изображения детали следует выполнять тонкой линией, построение всех видов целесообразно осуществлять одновременно, начертание окружностей можно производить циркулем с последующей обводкой от руки.

- разрезы и сечения сначала намечают тонкими линиями. Затем сечения заштриховывают, а контуры изображений обводят от руки с соблюдением толщины линий;

- наносят необходимые выносные и размерные линии, проставляют знаки R, диаметров и др.;
- затем производят обмер детали и проставляют над размерными линиями размерные числа;
- наносят и заполняют графы основной надписи.

## 7. Пересечение поверхности плоскостью. Построение развертки

### 7.1. Сечение граничных тел проецирующими плоскостями.

Сечением называется плоская фигура, полученная в результате пересечения тела плоскостью и содержащая точки, принадлежащие как поверхности тела, так и секущей плоскости.

При пересечении поверхности геометрического тела проецирующими плоскостями одна проекция сечения всегда совпадает с проекцией плоскости: если плоскость горизонтально-проецирующая, то сечение на горизонтальной плоскости совпадает с горизонтальной проекцией плоскости, если секущая плоскость фронтально-проецирующая, то сечение совпадает с фронтальной проекцией плоскости.

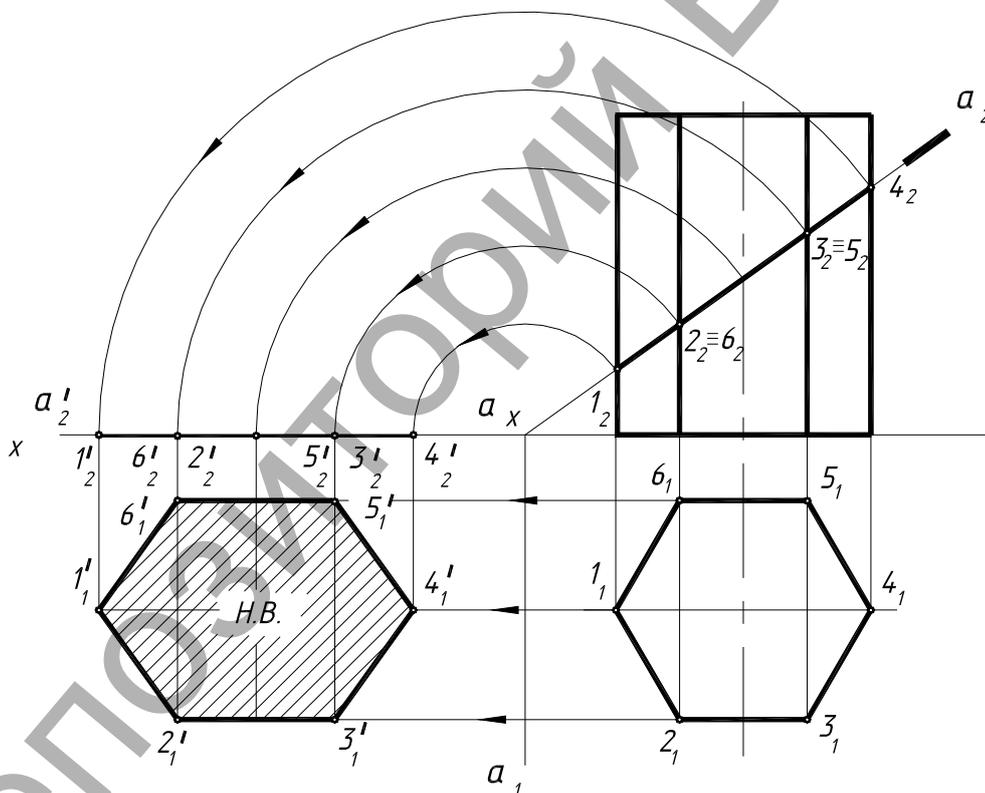


Рисунок 41

На рис. 41 дан чертеж шестиугольной призмы в двух проекциях и секущая фронтально-проецирующая плоскость  $\alpha$ , пересекающая призму в точках 1... 6. Так как секущая плоскость фронтально-проецирующая, то фронтальные проекции точек нам известны. Горизонтальные проекции совпадают с проекциями ребер.

Натуральную величину сечения можно определить способом совмещения (вращение вокруг горизонтального следа плоскости  $\alpha_1$ ).

На рис. 42 дан чертеж шестиугольной пирамиды в двух проекциях фронтально-проецирующая плоскость  $\alpha$ , которая пересекает все ребра пирамиды. В результате в сечении будет шестиугольная фигура, н. в. которой можно определить способом совмещения. Фронтальная проекция сечения совпадает с фронтальным следом плоскости  $\alpha$ , а горизонтальная проекция построена при помощи линий проекционной связи.

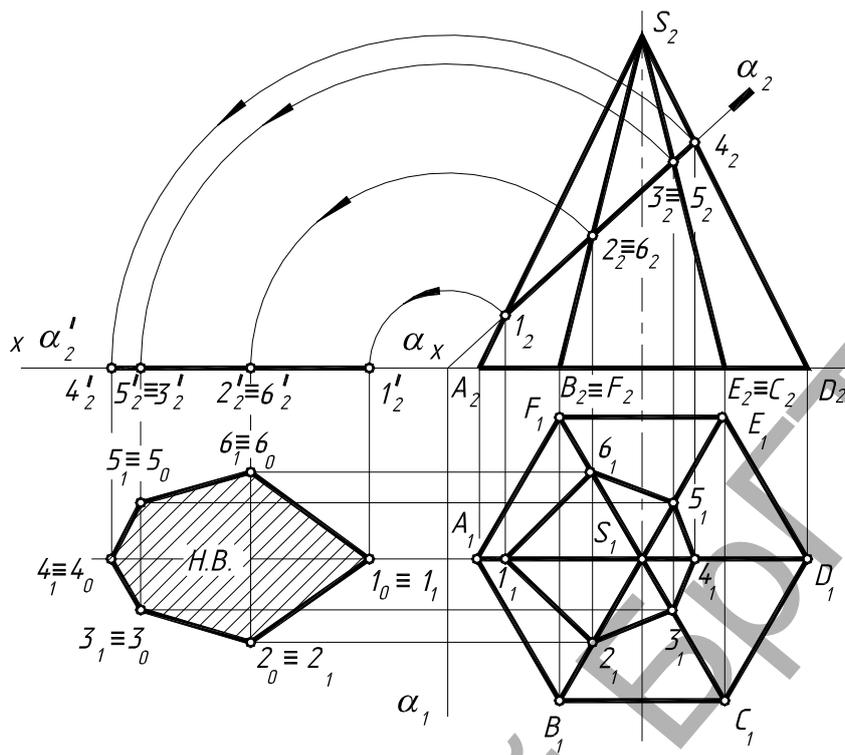


Рисунок 42

**7.2. Построение разверток.** Развертка представляет собой фигуру на плоскости, в которую преобразуется поверхность. Развертываемыми называются поверхности, которые без складок и разрывов можно совместить с одной плоскостью.

Все гранные поверхности и линейчатые поверхности вращения являются развертываемыми. В зависимости от вида поверхностей для построения развертки применяют один из способов: способ треугольников, способ нормального сечения и способ раскатки.

Для того чтобы построить развертку усеченной поверхности, необходимо научиться строить полную развертку поверхности и затем нанести на ней линию сечения.

На рис. 43 дан чертеж призмы, усеченной фронтально-проецирующей плоскостью  $\alpha$ . Требуется построить развертку поверхности усеченной части призмы.

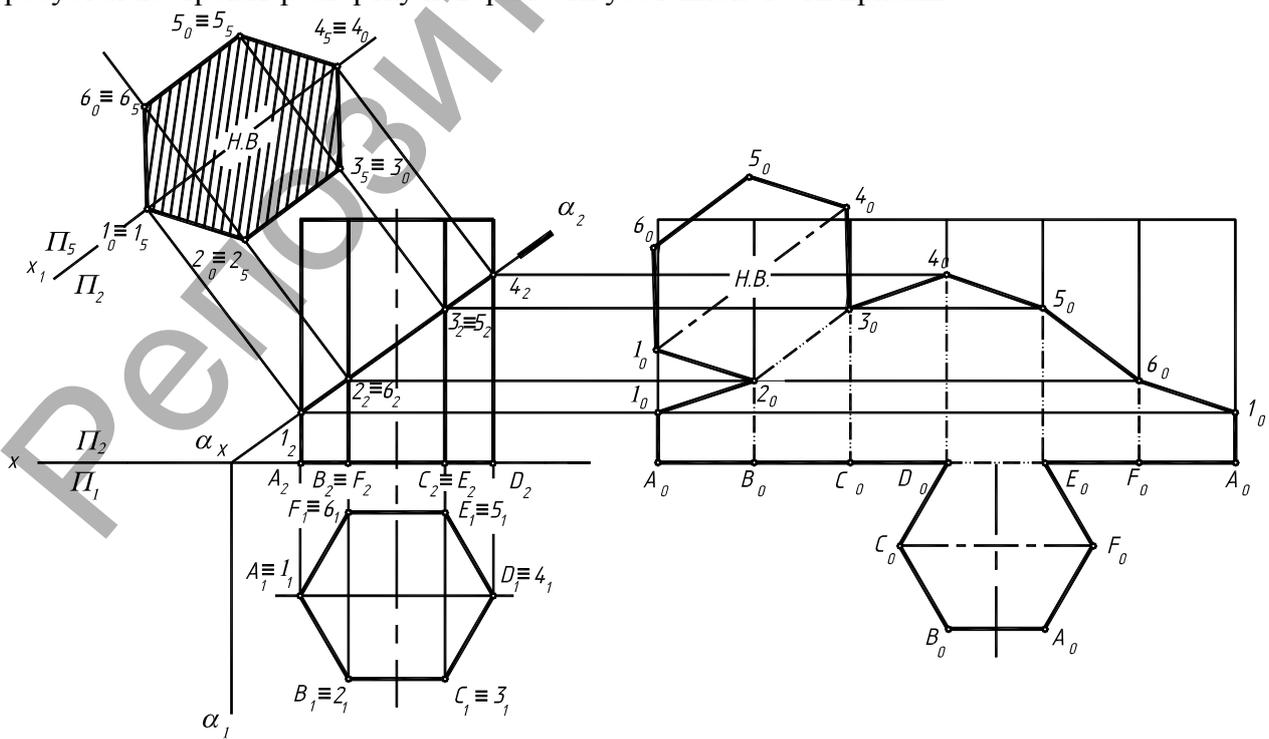


Рисунок 43

Вначале строим полную развертку призмы. Для чего проводим горизонтальную прямую и откладываем на ней шесть сторон основания призмы. Высоту берем с фронтальной проекции, которую откладываем на вертикальных прямых, перпендикулярных сторонам основания призмы. Затем на полной развертке на каждом ребре откладываем натуральные размеры отсеченных ребер, например, на ребре 1 размер  $A_01_0$ , равный  $A_21_2$ , на ребрах 2 ... 6 - размер  $B_02_0$ , равный  $B_22_2$ ...  $F_06_0$ , равный  $F_26_2$ .. и т. д.

Натуральная величина сечения может быть определена любым из известных способов. На чертеже она определена способом замены плоскостей проекций.

Затем натуральная величина переносится на развертку, причем пристраивать ее можно к любой стороне сечения согласно буквенным обозначениям, используя способ триангуляции.

На рис. 44 показана развертка шестиугольной правильной пирамиды, усеченной фронтально-проецирующей плоскостью  $\alpha$ . На чертеже построено сечение при помощи линий связи и найден натуральный размер его способом замены плоскостей проекций.

Вначале построим полную развертку поверхности пирамиды, для чего наносим точку  $S_0$ , из которой проводим дугу  $S_0A_0$  радиусом, равным натуральной длине ребра, например  $SA$ , а на дуге откладываем стороны основания пирамиды, в данном примере их шесть ( $A_1B_1$  - получаем  $A_0B_0$  и т. д.). Достаиваем основание пирамиды.

Затем строим линию сечения. Для этого найдены на фронтальной плоскости проекций натуральные длины отсеченных частей ребер способом вращения вокруг оси, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций. Так, для ребер  $SB$  и  $SF$  натуральная длина отсеченной части будет равна  $l_1$ , для ребер  $SC$  и  $SE$  -  $l_2$ .

После того, как на развертку нанесена линия сечения, к одной из сторон пристраиваем натуральное сечение ( $1_02_03_04_05_06_0$ ) способом триангуляции.

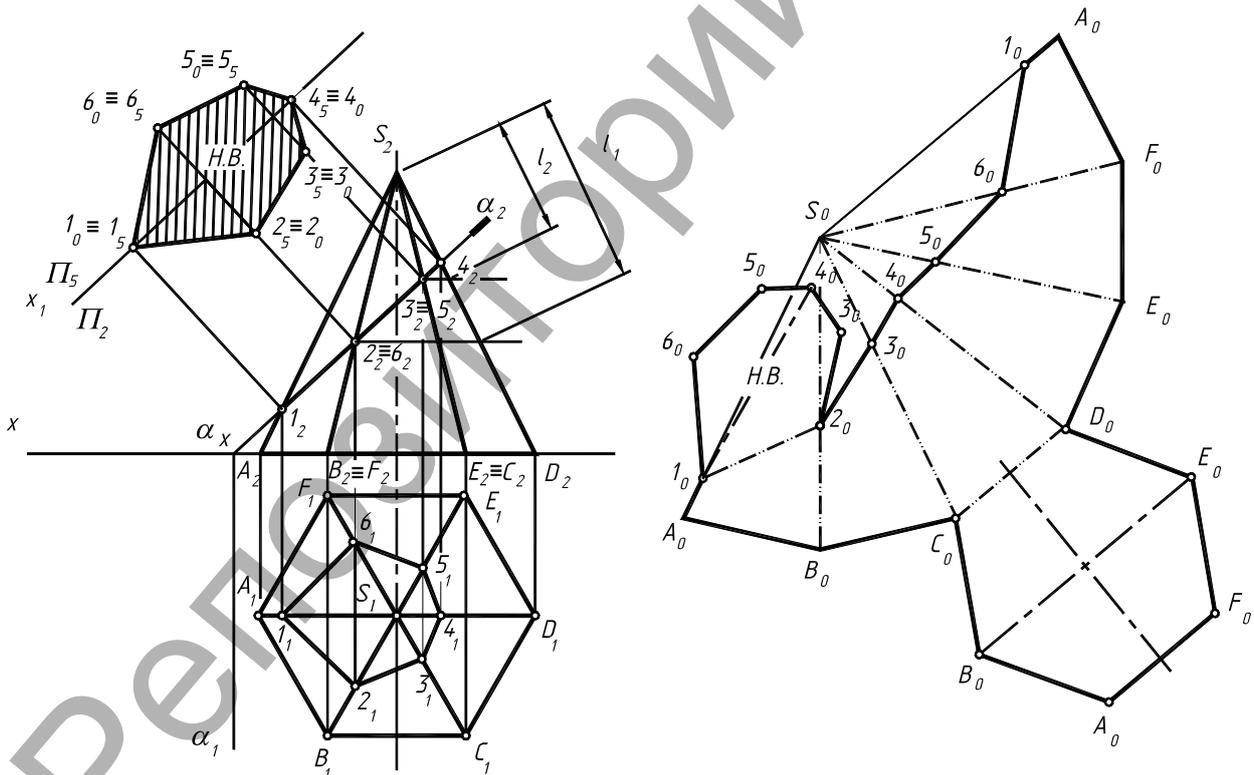


Рисунок 44

На рис. 45 представлена трехгранная наклонная призма. Развёртку такой поверхности выполняют методом нормального сечения. Строят секущую плоскость нормальную (или  $\perp$ ) к ребрам поверхности ( $\alpha$ ). Определяют сечение поверхности плоскостью - нормальное сечение (1, 2, 3). Определяют н. в. нормального сечения (любым способом). В данном случае - плоско-параллельным перемещением ( $1_1', 2_1', 3_1'$ ). На свободном поле чертежа, на прямой линии откладывают периметр нормального сечения с отметкой характерных точек (2, 1, 3, 2). В ка-

ждой характерной точке восстанавливают  $\perp$  и на нем откладывают соответственно длины ребер, лежащие по обе стороны от нормального сечения.

Полученные точки соединяют прямой линией. Достраиваются верхнее и нижнее основания.

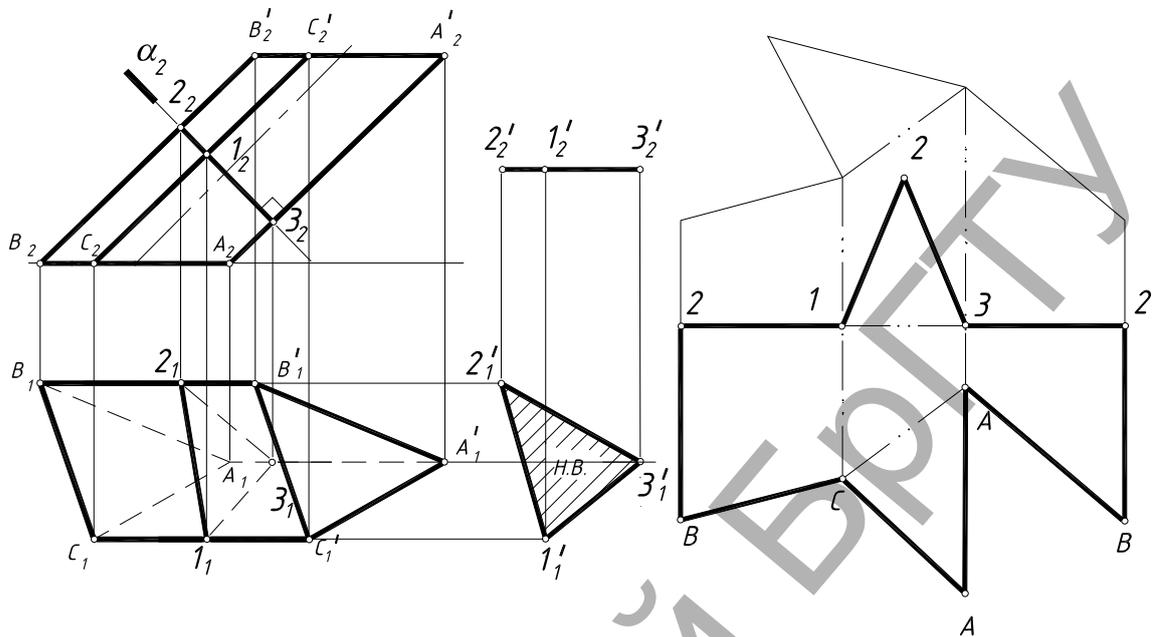


Рисунок 45

На рис. 46 представлена наклонная усеченная пирамида. Развертку такой поверхности строят способом триангуляции. Определяем н. в. ребер SA и SC (в данной задаче н. в. ребер определяют вращением вокруг проецирующей оси  $i \perp \Pi_1$ ), ребро SB является линией фронтального уровня. Его н.в. имеется на фронтальной проекции. Основание проецируется в данном случае в н. в. Натуральную величину сечения плоскостью  $\beta$  ( $1'_1, 2'_1, 3'_1$ ) определяем способом плоскопараллельного перемещения. Для построения развёртки на свободном поле чертежа, используя способ засечек, строим треугольники граней и основание. Наносим линию сечения пирамиды плоскостью и достраиваем н. в. сечения.

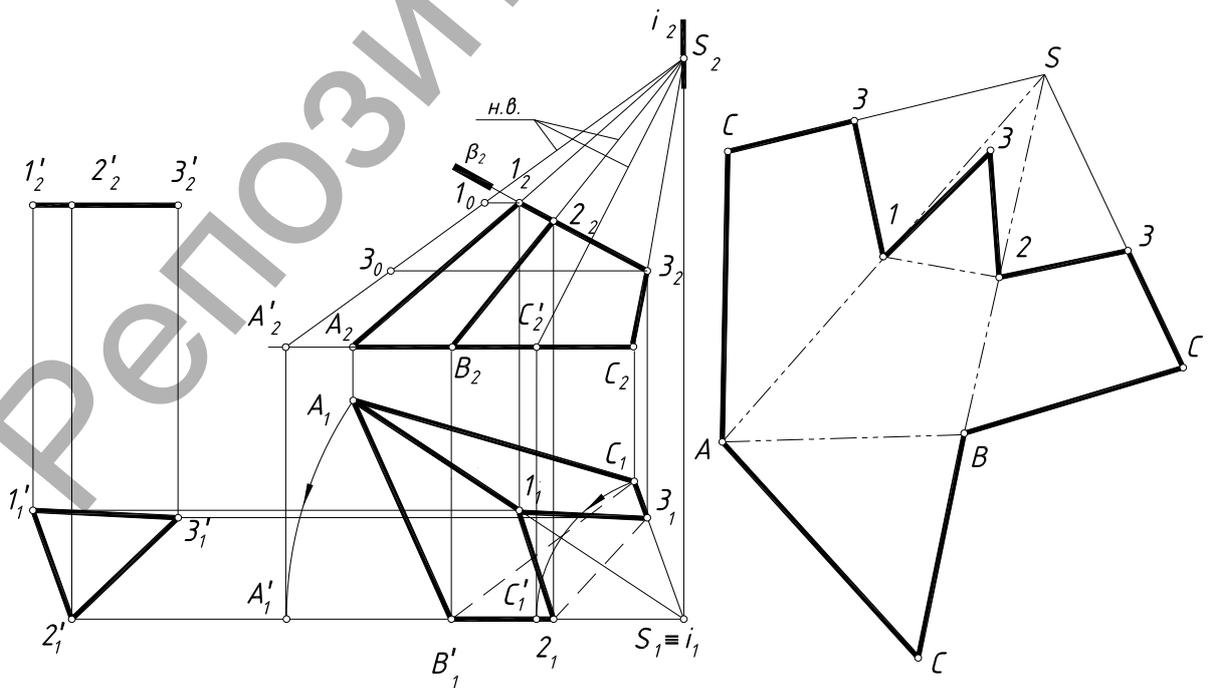


Рисунок 46

## 8. Пересечение поверхностей

**Линия пресечения поверхностей** – совокупность точек, лежащих на поверхности пересекающихся поверхностей и принадлежащих им одновременно.

Линии пересечения могут быть кривыми и ломаными, в зависимости от геометрических особенностей пересекающихся поверхностей.

Для нахождения точек линии пересечения поверхностей используют в общем случае поверхность-посредник, одновременно пересекающую обе заданные поверхности. В качестве поверхностей-посредников, в зависимости от геометрических особенностей тел и характера их пересечения, можно выбрать: вспомогательные плоскости частного положения, плоскости общего положения, вспомогательные секущие сферы (концентрические и эксцентрические) и т. д.

При выборе поверхности-посредника руководствуемся простотой получаемых линий при пересечении заданных поверхностей посредником.

### 8.1. Метод вспомогательных секущих плоскостей-посредников.

Применяем общий алгоритм решения:

1. Определяем область пересечения поверхностей. Область пересечения поверхностей представляет собой замкнутую область, образованную очерками образующих пересекающихся поверхностей.

2. Определяем характерные точки, принадлежащие линии пересечения: опорные точки (наивысшая и наинизшая точки на очерковых образующих). Характерные точки ищем в области пересечения поверхностей на пересечении очерков образующих, при условии, если они лежат в одной плоскости.

3. Определяем промежуточные точки. В качестве «посредников» выбираем плоскости частного положения, которые пересекает обе заданные поверхности. Секущие плоскости проводим в зоне пересечения поверхностей.

4. Полученные точки соединяем плавной кривой либо ломаной в зависимости от вида поверхностей. Точность аппроксимации линии пересечения зависит от принятого количества секущих плоскостей-посредников.

5. Видимость полученной линии пересечения поверхностей решаем методом конкурирующих точек.

**8.2. Пересечение поверхностей вращения.** Пересечение двух поверхностей вращения позволяет получить одну или две плавные кривые линии.

На рисунке 47 построена линия пересечения конуса с торовой поверхностью. Обе поверхности общего положения. Определяем область пересечения поверхностей и характерные точки А и В (точки пересечения очерковых образующих). Затем для нахождения промежуточных точек линии пересечения вводим вспомогательные плоскости горизонтального уровня. Плоскость  $\alpha$  пересекает обе заданные поверхности по окружности. На фронтальной проекции замеряем радиусы полученных окружностей (от оси до очерка) и строим их на горизонтальной проекции. На пересечении окружностей получаем точки  $1_1$  и  $1_1'$  - точки, принадлежащие горизонтальной проекции линии пересечения поверхностей. Эти точки одновременно принадлежат торовой поверхности, конусу и плоскости-посреднику  $\alpha$ . Проводим линию проекционной связи и получаем на фронтальном следе  $\alpha_2$  точки  $1_2$  и  $1_2'$  - фронтальные проекции точек линии пересечения. Вводим дополнительные плоскости-посредники горизонтального уровня и находим точки 2 и  $2'$ , 3 и  $3'$ . Далее соединяем полученные точки пересечения поверхностей в плавные кривые на фронтальной и горизонтальной плоскостях проекций. Фронтальная проекция линии пересечения будет видимой. А на горизонтальной проекции точки 2 и  $2'$  (граничные точки видимости) лежат на горизонтальном очерке торовой поверхности. От точки А до точек 2 и  $2'$  линия пересечения будет видима, а далее до точки В – невидима. Кроме того, поверхности будут пересекаться по второй кривой – окружности CD (основание конуса, яв-

ляющееся плоскостью горизонтального уровня, пересекает торовую поверхность по окружности).

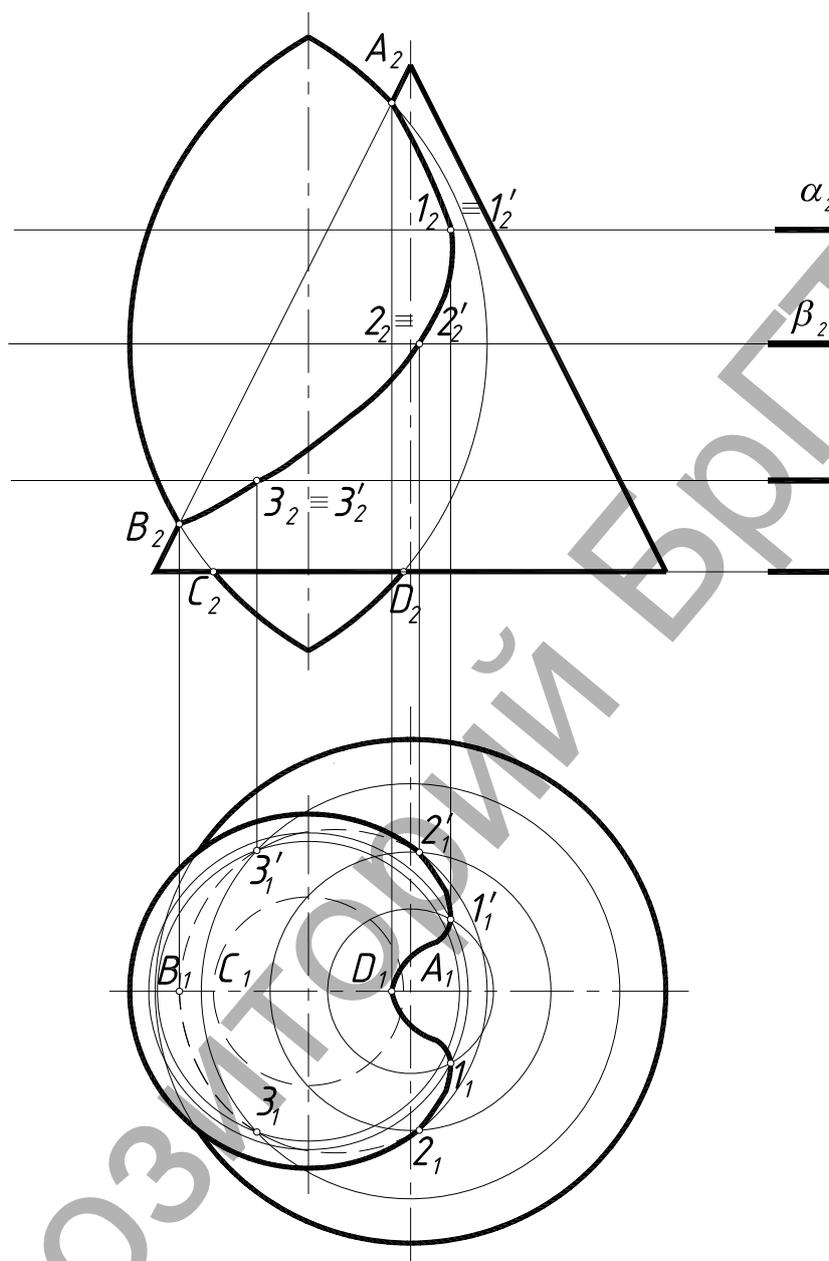


Рисунок 47

**8.3. Пересечение поверхностей вращения, одна из которых - проецирующая.** Если одна из поверхностей занимает проецирующее (частное) положение, то одна из проекций линии пересечения уже известна. На рисунке 48 пересекаются конус и фронтально-проецирующий цилиндр. Следовательно, фронтальная проекция линии пересечения уже известна – она совпадает с фронтальным очерком цилиндра – окружностью. Находим характерные точки А и В (точки пересечения очерковых образующих). Вводим вспомогательные плоскости горизонтального уровня. Плоскость  $\alpha$  пересекает конус по окружности (радиус – от оси конуса до очерка), а цилиндр – по прямоугольнику. На горизонтальной проекции находим точки пересечения окружности с прямоугольником -  $1_1$  и  $1'_1$  - точки, принадлежащие горизонтальной проекции линии пересечения поверхностей. Вводим дополнительные плоскости-посредники и находим последующие точки линии пересечения поверхностей. Полученные точки соединяем плавной кривой с учётом видимости.

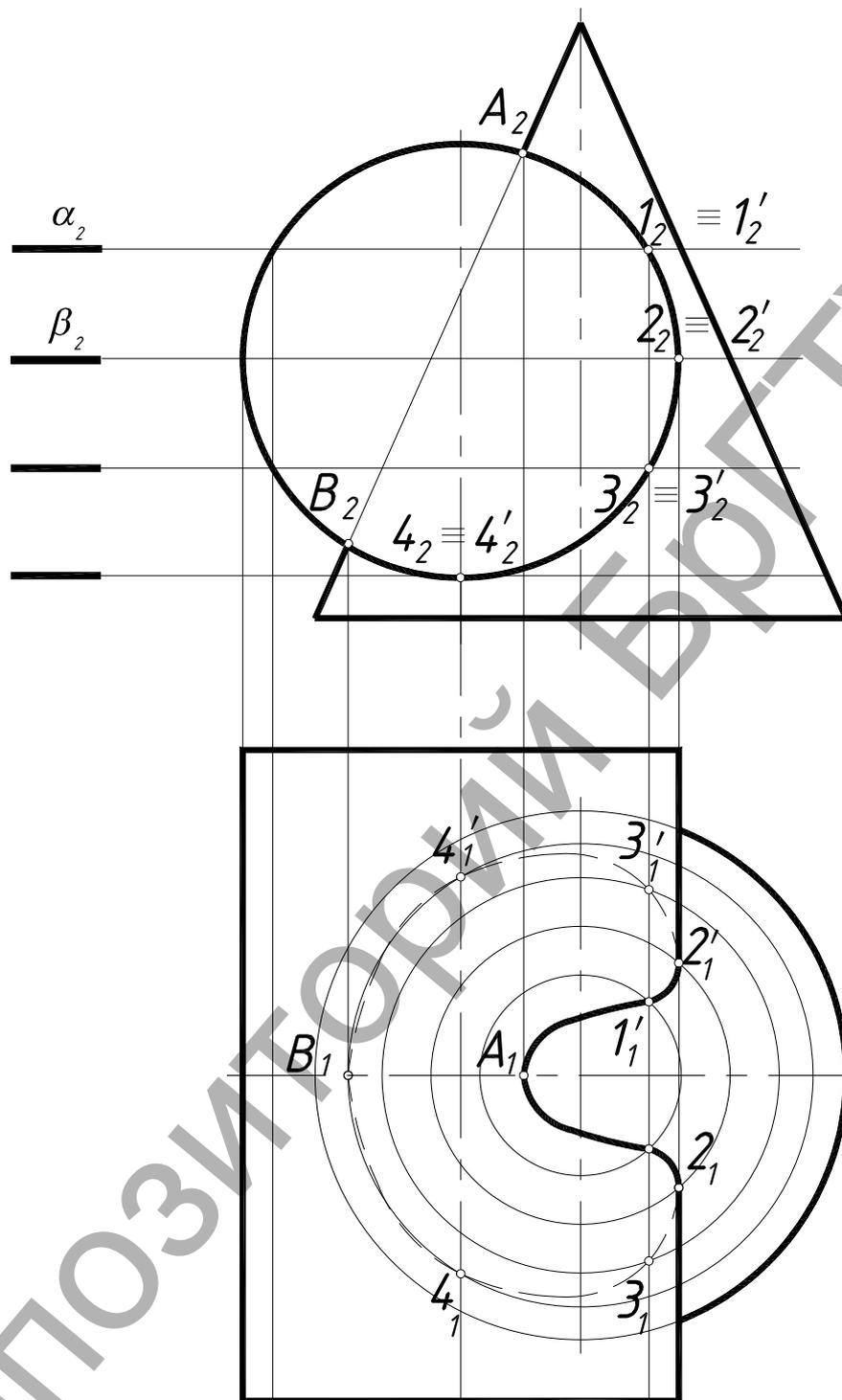


Рисунок 48

**8.4. Пересечение поверхности вращения с гранной поверхностью.** Пересечение «гранной» и «кривой» поверхностей позволяет получить одну или две плавные пространственные кривые линии с изломом на рёбрах.

На рисунке 49 конус пересекается с четырёхгранной фронтально-проецирующей призмой. Фронтальная проекция линии пересечения совпадает с фронтальной проекцией основной призмы. В результате сечения плоскостями-посредниками горизонтального уровня получаем точки, принадлежащие линии пересечения поверхностей. Плоскости, проходящие через рёбра призмы, дадут характерные точки излома кривой – линии пересечения (точки 1 и 1', 4 и 4', 5 и 5', 8 и 8').

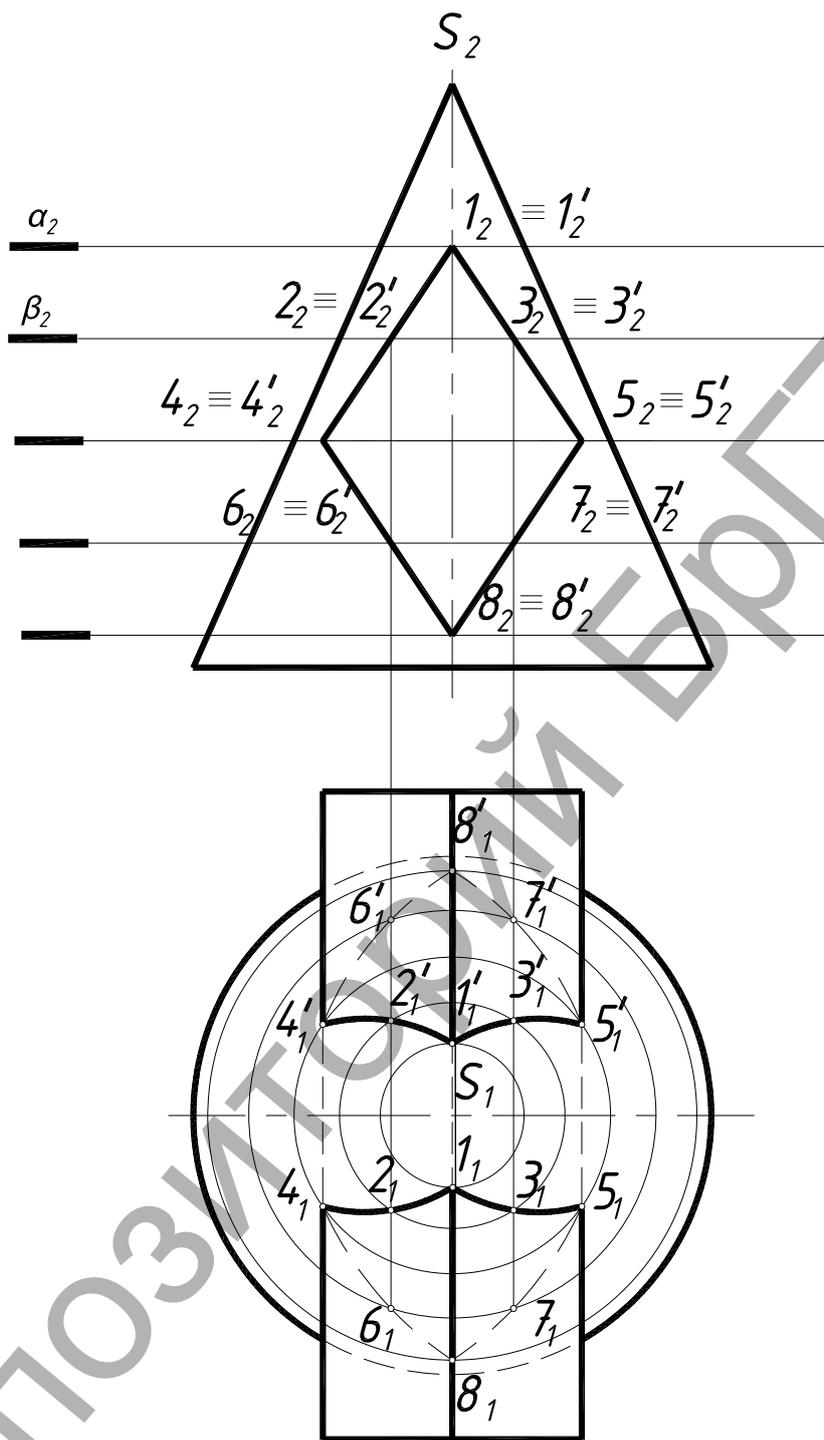


Рисунок 49

**8.5. Пересечение гранных поверхностей.** Пересечение двух многогранников в сечении позволяет получить одну или две ломаные линии.

На рисунке 50 шестигранная пирамида пересекается с треугольной фронтально-проецирующей призмой. Фронтальная проекция линии пересечения поверхностей совпадает с фронтальной проекцией оснований призмы – треугольником. Вспомогательная плоскость-посредник  $\alpha$  пересекает треугольную призму по верхнему ребру, а шестигранную – по шестиугольнику, подобному шестиугольнику основания. В результате получаем общие точки  $A$  и  $A'$ . Аналогично проводим плоскость  $\beta$ , построения повторяем. В результате получаем две замкнутые ломаные. Характерные точки на ребрах поверхностей дадут точки излома ломаных линий.

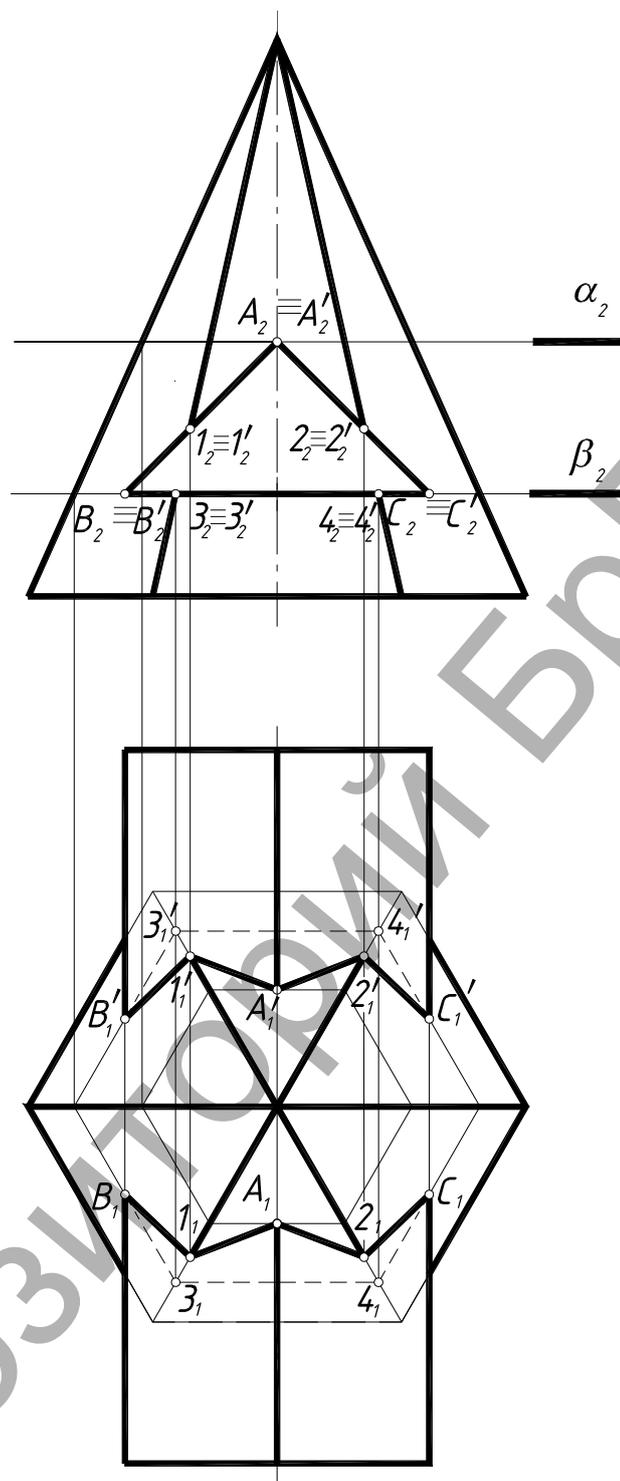


Рисунок 50

## 9. Схемы электрические

**9.1. Правила выполнения чертежей схем. Общие положения.** Общие требования по выполнению электрических схем приведены в ГОСТ 2.702-75.

Схемы выполняются без соблюдения масштаба, на одном или нескольких листах стандартных форматов, действительное пространственное расположение составных частей изделий либо не учитывается вообще, либо учитывается приближенно.

Схемы вычерчиваются в отключенном состоянии. Чертеж схемы выполняется на чертежной бумаге определенного формата. Таблица перечня элементов схемы выполняется по

стандартной форме. Позиционные обозначения перечня даются сверху вниз. Перечень элементов выполняется на листах формата А4 в виде отдельного документа. Допускается отдельный документ не разрабатывать, а перечень элементов размещать над основной надписью не ближе 18 мм первого листа соответствующей схемы (приложение 8).

**9.2. Графическое обозначение элементов.** Графические обозначения выполняют сплошными тонкими линиями толщиной 0,3...0,4 мм и располагают на поле схемы равномерно, без ущерба для ясности и удобства чтения. Расстояния между отдельными обозначениями должно быть не менее 2...3 мм, между соседними линиями одного обозначения – не менее 10 мм. Соотношение размеров условных графических изображений элементов должно примерно соответствовать действительному соотношению размеров этих элементов в изделии (Приложение 2, таблица 1).

На схемах **линии связи** должны состоять, как правило, из горизонтальных и вертикальных отрезков. На схемах должно быть наименьшее количество изломов и пересечений линий связи. Толщина линий связи должна быть в пределах 0,2...0,6 мм.

Всем элементам, устройствам и функциональным группам, изображенным на схемах, присваивается позиционное обозначение. Оно включает в себя: буквенное обозначение, порядковый номер, поставленный после буквенного обозначения.

Составные части схем указываются точкой, линией–выноской с указанием номера позиции арабской цифрой. Точка выноски ставится на плоскость, а для элемента, показанного в виде линии, подводится стрелка – выноска.

Порядковые номера элементов следует присваивать, начиная с единицы, в пределах элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное обозначение, например, 1, 2, 3 и т. д. Цифры порядковых номеров элементов и их буквенные позиционные обозначения следует выполнять одним размером шрифта. Допускается выполнять схемы с цифровым позиционным обозначением элементов. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими изображениями элементов по возможности с правой стороны или над ними. Порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с последовательностью расположения на схеме, как правило, сверху вниз в направлении слева направо. Затем составляется спецификация элементов схемы.

При необходимости на схемах помещают различную текстовую информацию (наименования, пояснения надписи, указания, технические требования, таблицы), если соответствующие сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста должно быть кратким и точным, без сокращений слов, за исключением общепринятых и стандартизованных. Текстовая информация может располагаться: рядом с условными графическими обозначениями (сверху или справа), в разрыве линий связи или рядом с ними, на свободном поле схемы.

**9.3. Перечень элементов спецификации.** Перечень элементов содержит сведенные в таблицу установленной формы данные об элементах, входящих в состав изделия и включенных в схему. Перечень элементов выполняется в виде самостоятельного документа на листах формата А4 либо в виде таблицы над основной надписью.

В учебных процессах разрабатывают электрические схемы основных типов, которые определяют следующую информацию:

структурная схема (Э1) – основные функциональные части изделия (устройства, группы элементов, элементы), их назначение и связи;

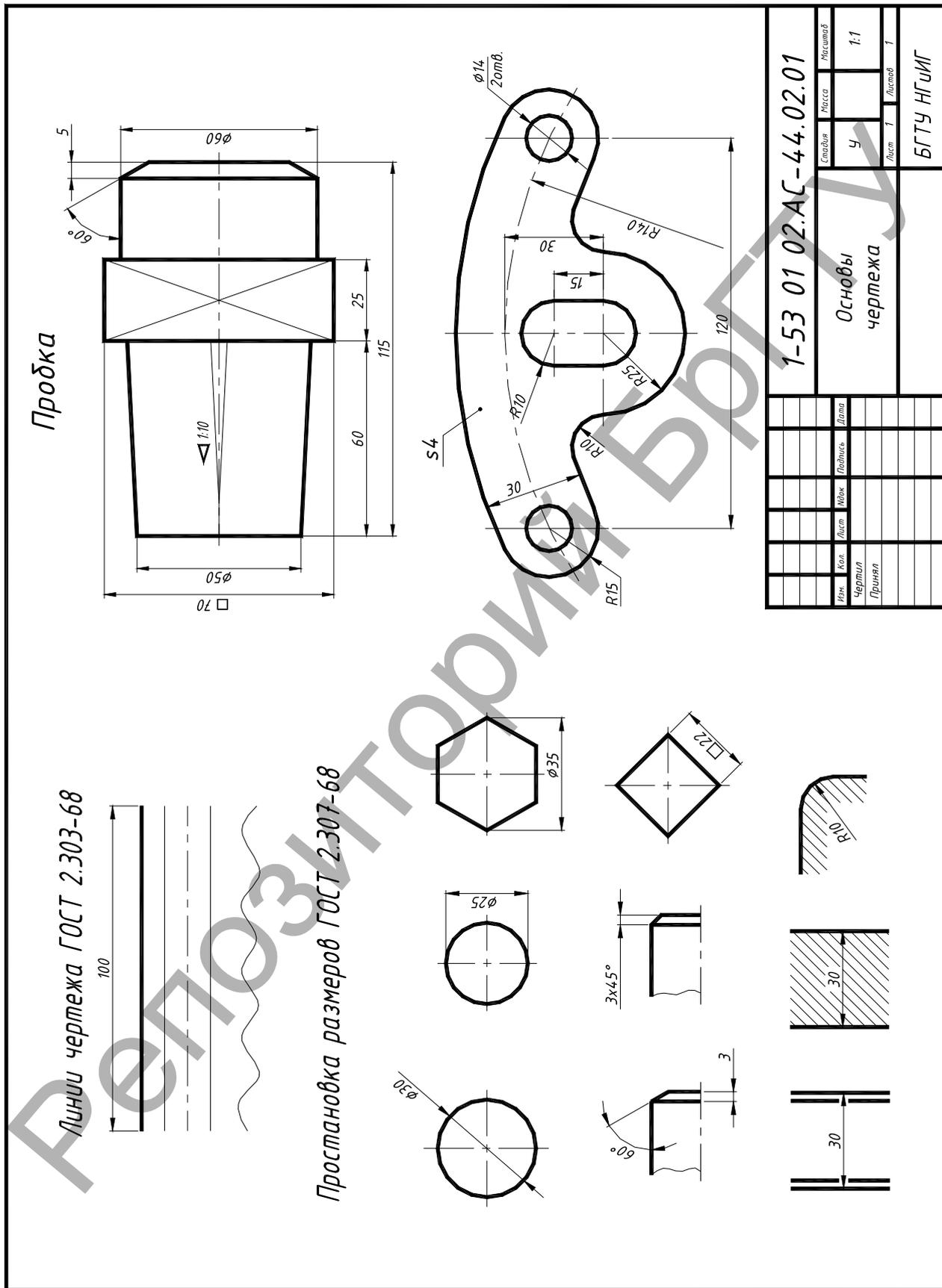
функциональная схема (Э2) – функциональные части изделия и связи между ними с разъяснением процессов, протекающих в изделии и в его функциональных цепях;

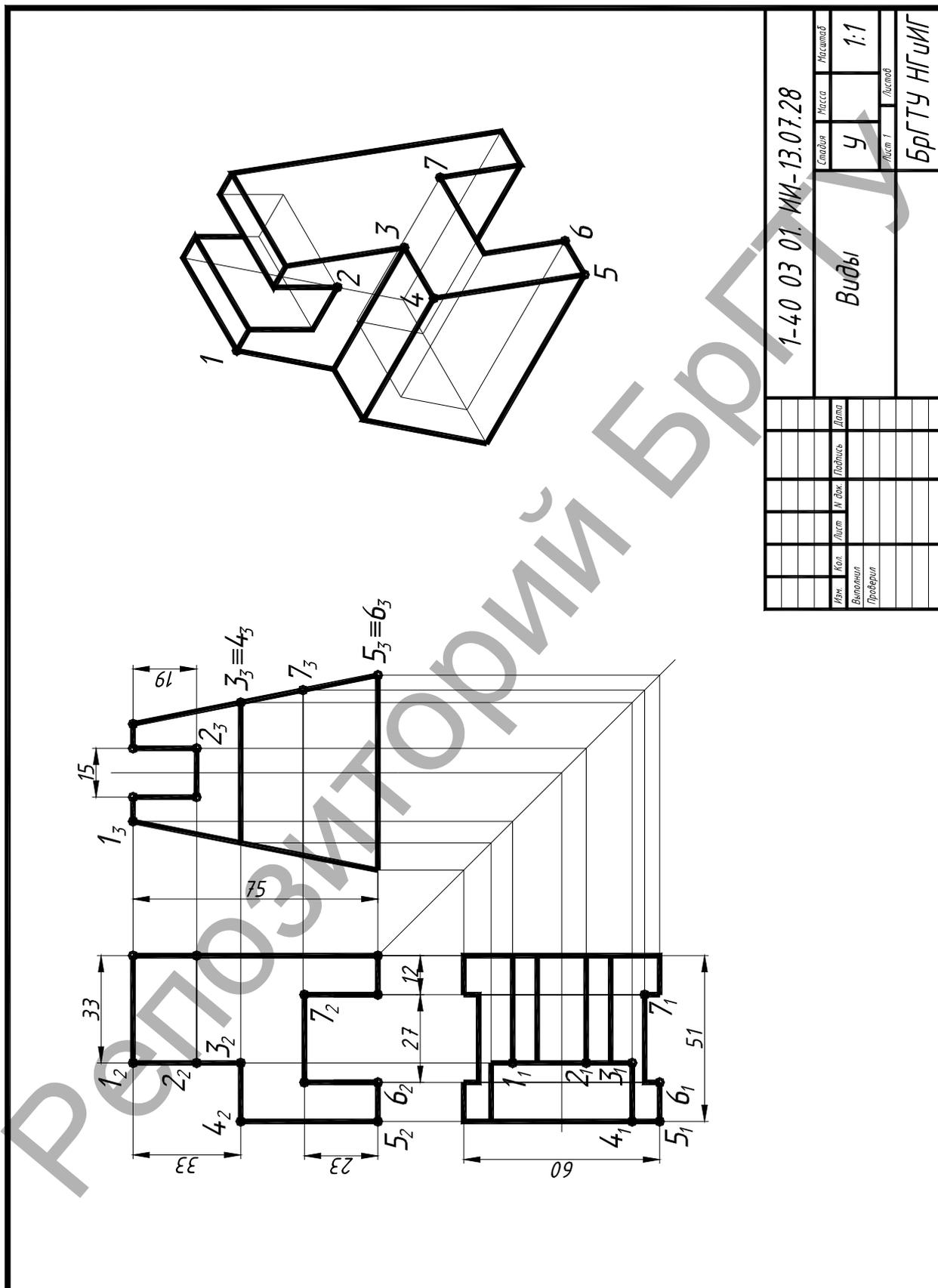
принципиальная схема (Э3) – полный состав элементов и связей между ними, дающий детальное представление о принципах работы изделия.

Таковыми схемами пользуются при монтаже, регулировке и ремонте станочного оборудования. Из всех видов схем наиболее полное представление об электрическом устройстве изделия дает принципиальная схема.

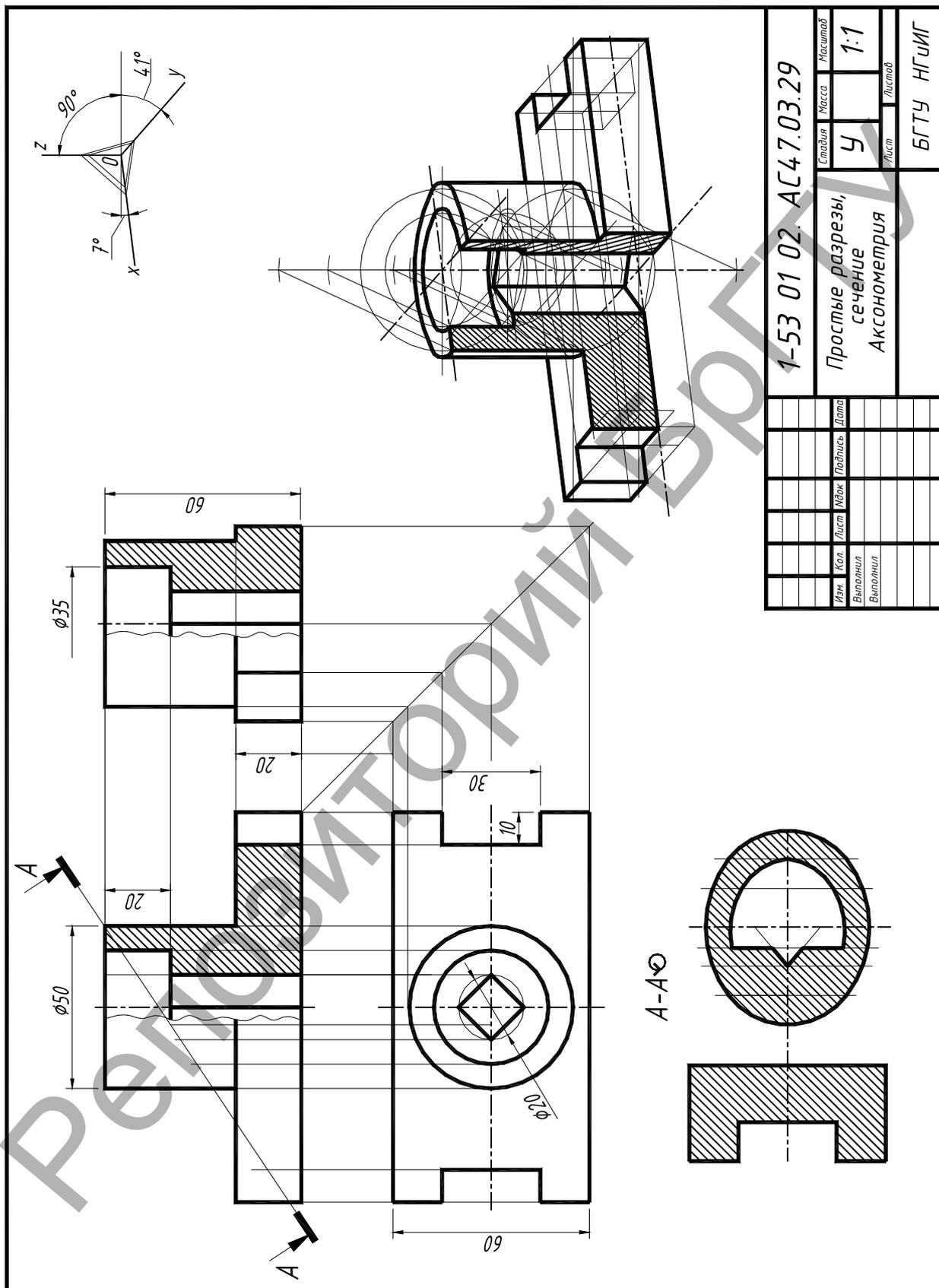
### Список рекомендуемой литературы

1. Аверин, В.Н. Компьютерная инженерная графика: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / В.Н. Аверин. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 224 с.
2. Аристов, В.М. Инженерная графика: Учебное пособие для вузов / В.М. Аристов, Е.П. Аристова. - М.: Альянс, 2016. - 256 с.
3. Березина, Н.А. Инженерная графика: Учебное пособие / Н.А. Березина. - М.: Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2012. - 272 с.
4. Большаков, В.П. Инженерная и компьютерная графика: Учебное пособие / В.П. Большаков. - СПб.: ВНУ, 2014. - 288 с.
5. Георгиевский, О.В. Начертательная геометрия и инженерная графика: метод. пос. для студ. вузов / О.В. Георгиевский. - М.: АСВ, 2009. - 144 с.
6. Дегтярев, В.М. Инженерная и компьютерная графика: Учебник для учреждений высшего профессионального образования / В.М. Дегтярев. - М.: ИЦ Академия, 2011. - 240 с.
7. Емельянов, С.Г. Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика в задачах и примерах: Учебное пособие / П.Н. Учаев, С.Г. Емельянов, К.П. Учаева; под общ. ред. проф. П.Н. Учаева. - Ст. Оскол: ТНТ, 2013. - 288 с.
8. Кокошко, А.Ф. Начертательная геометрия: учеб. пособие / А.Ф. Кокошко, С.А. Матюх. - Минск : ИВЦ Минфина, 2013. - 392 с.
9. Королев, Ю. Инженерная графика: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения / Ю. Королев, С. Устюжанина. - СПб.: Питер, 2013. - 464 с.
10. Сорокин, Н.П. Инженерная графика: Учебник / Н.П. Сорокин, Е.Д. Ольшевский, А.Н. Заикина [и др.]. - СПб.: Лань, 2011. - 400 с.
11. Чекмарев, А.А. Инженерная графика 12-е изд и доп: Учебник для СПО / А.А. Чекмарев. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 381 с.





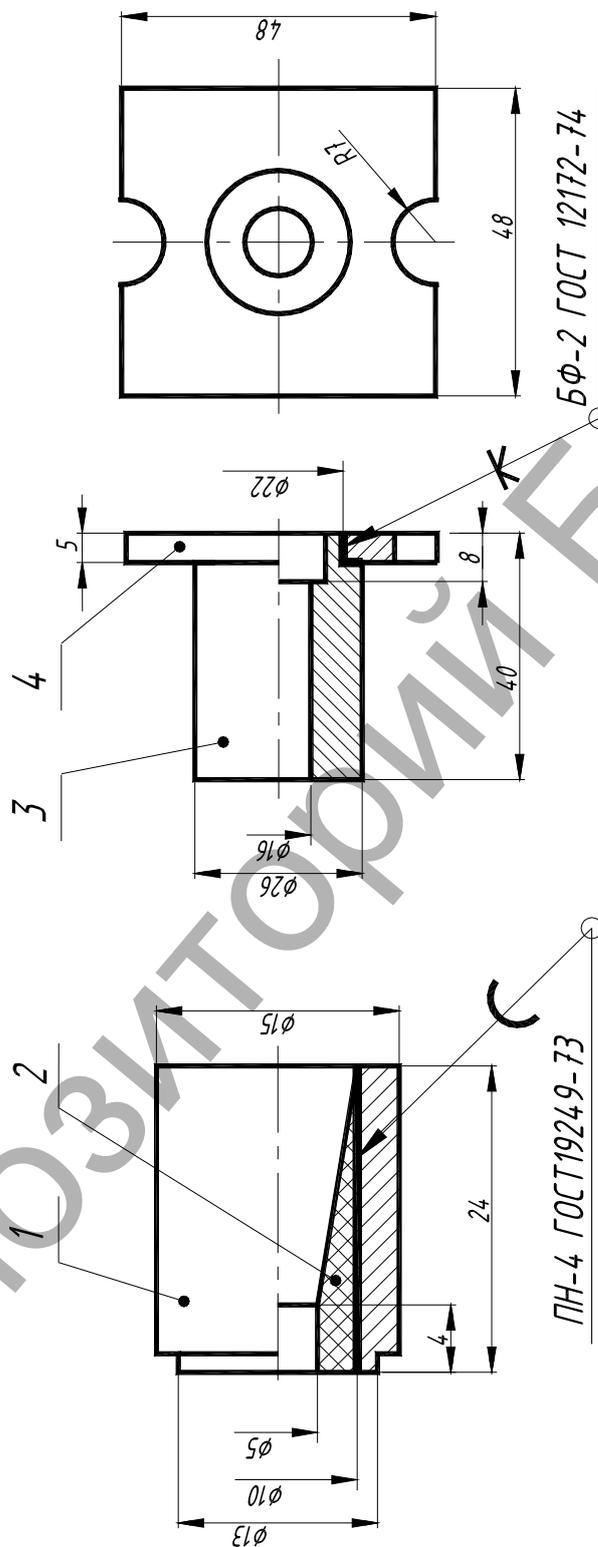
1-40 03 01. МИ-13.07.28		Степень	Масса	Масштаб
Виды		У		1:1
		Лист 1	Листов	
		БРГУ НИИИГ		
Изм.	Кол.	Лист	Изм.	Дата
Выполнил				
Проверил				





Клеевое соединение

Паяное соединение



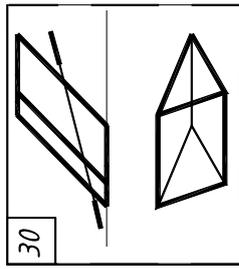
ПН-4 ГОСТ 19249-73

ПСр70 ГОСТ 19738-74

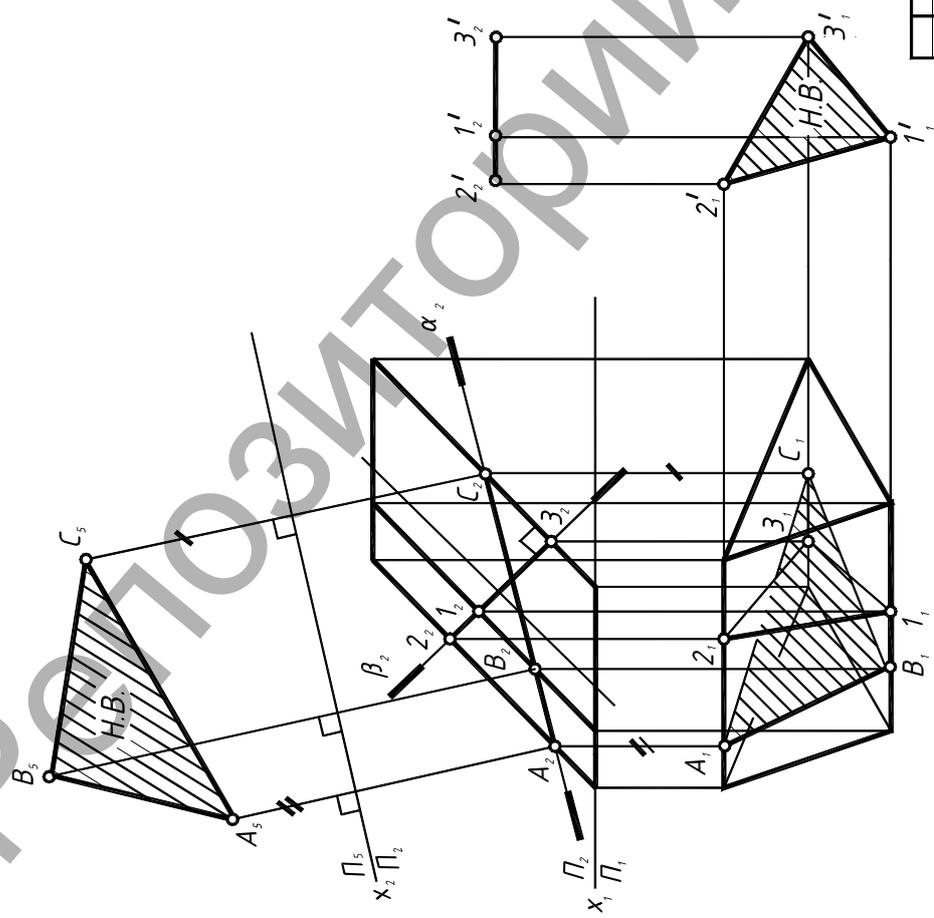
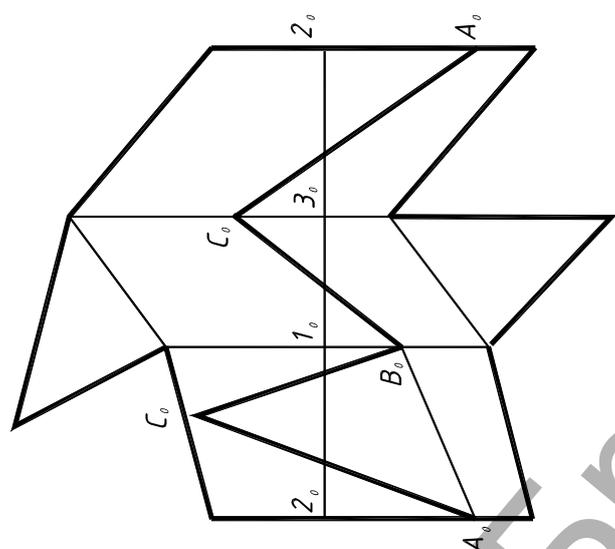
БФ-2 ГОСТ 12172-74

- 1 - корпус
- 2 - втулка
- 3 - труба
- 4 - фланец

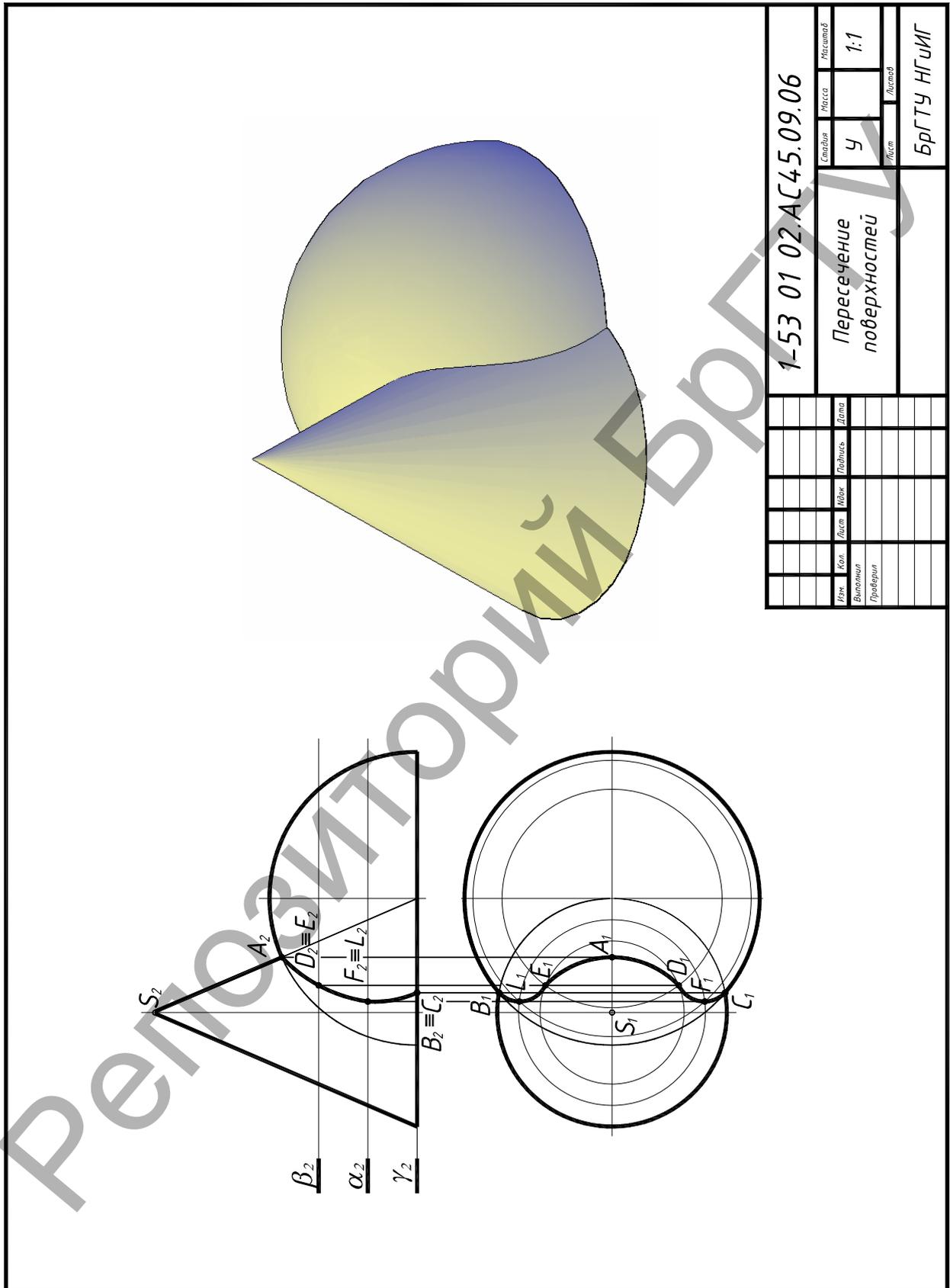
Изм.	Кол.	Лист	Мбж	Подпись	Дата	1-40 03 01.ИИ-13.08.29	сталия	Масса	Масштаб
Выполнил	Проверил	Лист	Мбж	Подпись	Дата		Неразъемные соединения	Лист	Листов
БГТУ НГИИГ									



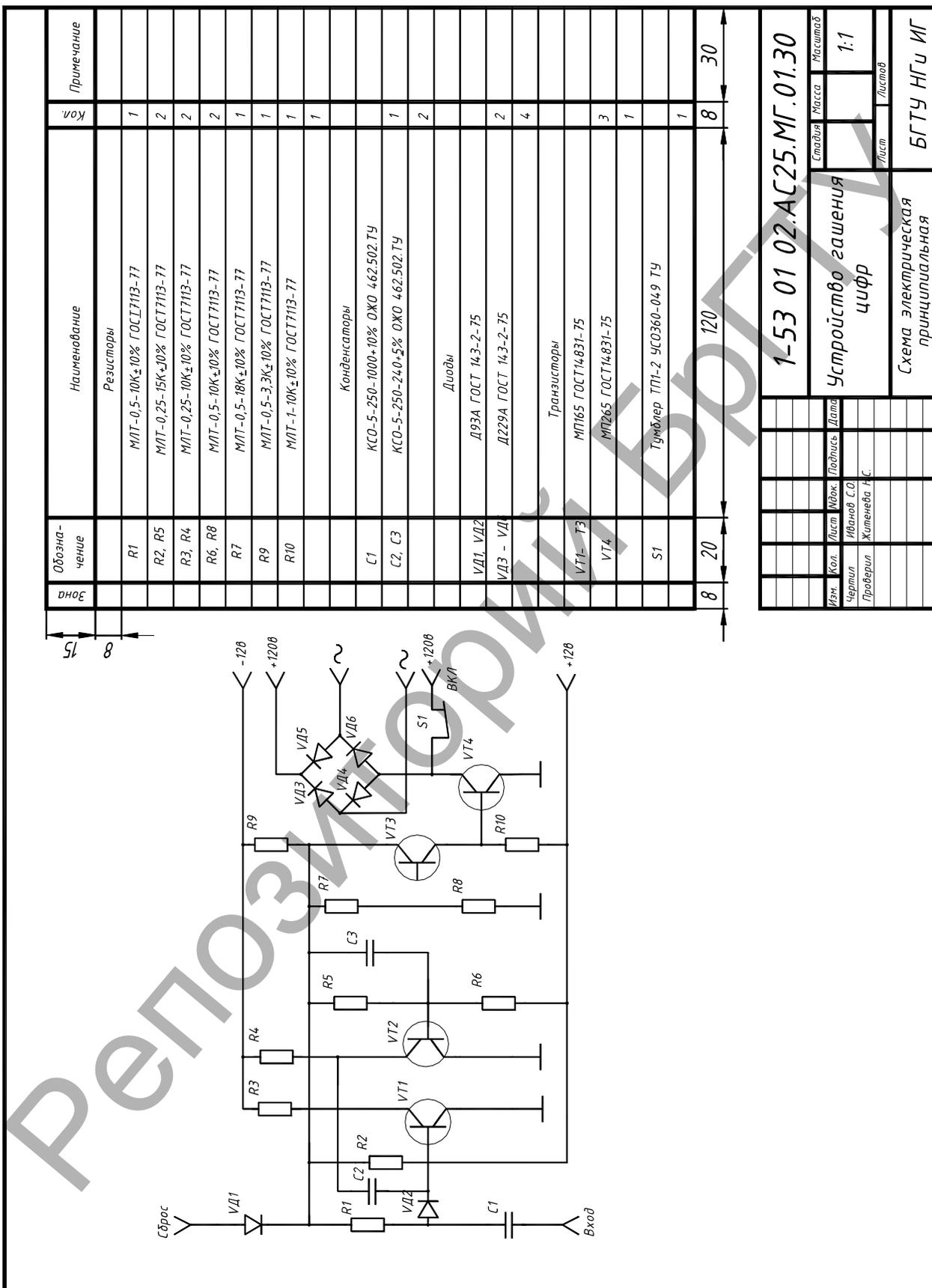
30



1-53 01 02.AC25.HГ.02.30			
Пересечение поверх-		Стадии	Масштаб
ности плоскостью.		Масса	1:1
Развертка		Лист	Листов
БГТУ НГч ИГ			
Изм.	Кол.	Лист	Мок.
Чертил	Мванов С.О.	Подпись	Дата
Проверил	Житенева Н.		



1-53 01 02.AC45.09.06		Студия	Масса	Масштаб
Пересечение поверхностей		У		1:1
		Лист	Листов	
		БрГТУ НГИИГ		
Изм.	Кол.	Лист	Маск.	Листов
Выполнил				
Проверил				

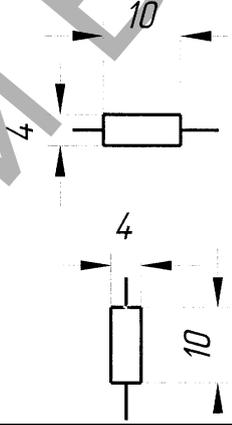
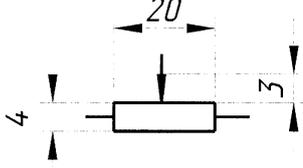
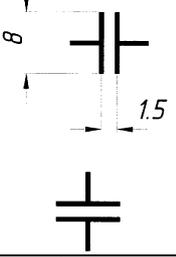
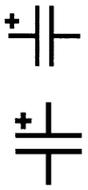


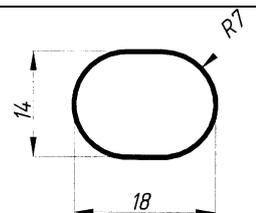
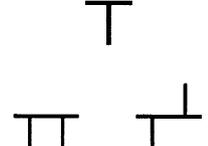
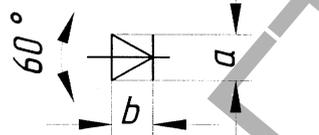
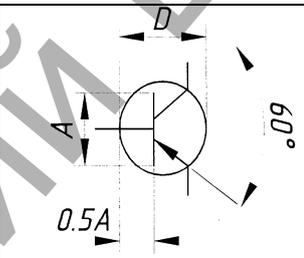
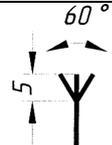
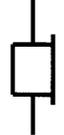
Элемент	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Резисторы		
	R1	МПТ-0,5-10К±10% ГОСТ7113-77	1	
	R2, R5	МПТ-0,25-15К±10% ГОСТ7113-77	2	
	R3, R4	МПТ-0,25-10К±10% ГОСТ7113-77	2	
	R6, R8	МПТ-0,5-10К±10% ГОСТ7113-77	2	
	R7	МПТ-0,5-18К±10% ГОСТ7113-77	1	
	R9	МПТ-0,5-3,3К±10% ГОСТ7113-77	1	
	R10	МПТ-1-10К±10% ГОСТ7113-77	1	
		Конденсаторы		
	C1	КСО-5-250-1000+10% ОЖО 462.502.ТУ	1	
	C2, C3	КСО-5-250-240+5% ОЖО 462.502.ТУ	2	
		Диоды		
	VD1, VD2	Д93А ГОСТ 143-2-75	2	
	VD3 - VD6	Д229А ГОСТ 143-2-75	4	
		Транзисторы		
	VT1 - T3	МП165 ГОСТ14.831-75	3	
	VT4	МП265 ГОСТ14.831-75	1	
	S1	Тумблер ТП1-2 УСО360-049 ТУ	1	
	8	20	120	30

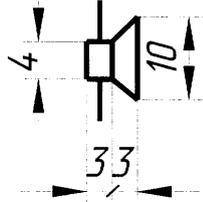
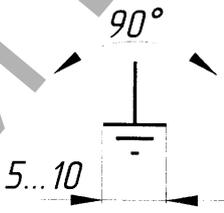
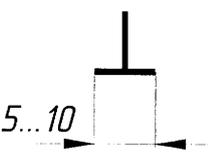
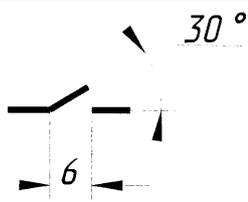
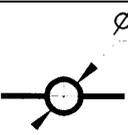
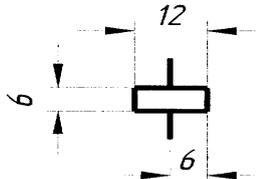
Изм.		Кол.	Лист	Издк.	Листов	Дата	Масштаб
Чертил		Иванов С.О.					1:1
Проверил		Жиганова Н.С.					
Устройство гашения цифр							Статья
Схема электрическая принципиальная							Лист
БГТУ НГГи ИГ							Листов

1-53 01 02.АС25.МГ.01.30

Условные обозначения, применяемые в электрических схемах

№№ п/п	Наименование	Первая буква кода ГОСТ 2.710-81	Обозначение	ГОСТы
1	2	3	4	5
1	Катушка индуктивности, дроссель без магнитопровода	L		ГОСТ 2.723-68
2	Дроссель с ферромагнитным магнитопроводом	L		ГОСТ 2.723-68
3	Предохранитель плавкий. Общее обозначение	F		ГОСТ 2.727-68
4	Резистор постоянный а) в горизонтальной цепи  б) в вертикальной цепи	R  R		ГОСТ 2.728-74
5	Потенциометр функциональный однообмоточный	R		ГОСТ 2.728-74
6	Конденсатор постоянной емкости а) в горизонтальной цепи б) в вертикальной цепи	C  C		ГОСТ 2.728-74
7	Конденсатор подстроечный	C		
8	Конденсатор электрический полярный а) в горизонтальной цепи б) в вертикальной цепи	C  C		ГОСТ 2.728-74

10	Корпус полупроводникового прибора			ГОСТ 2.730-73									
11	Электроды транзисторов база с одним выводом база с двумя выводами			ГОСТ 2.730-73									
12	Диод. Общее обозначение.	<b>VD</b>	 <table border="1" data-bbox="957 683 1212 862"> <thead> <tr> <th colspan="3">Размеры в мм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Размеры в мм			a	5	6	b	4	5	ГОСТ 2.730-73
Размеры в мм													
a	5	6											
b	4	5											
13	Транзистор а) типа PNP  б) типа NPN	<b>VT</b>  <b>VT</b>	 <table border="1" data-bbox="1045 1120 1228 1276"> <thead> <tr> <th colspan="3">Размеры в мм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>12</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>9</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table>	Размеры в мм			D	12	14	A	9	11	ГОСТ 2.730-73
Размеры в мм													
D	12	14											
A	9	11											
14	Лампа накаливания  сигнальная  осветительная	<b>HL</b>  <b>EL</b>	 или	ГОСТ 2.732-68									
15	Антенна несимметричная	<b>R</b>		ГОСТ 2.73-68									
16	Антенна T-образная	<b>W</b>		ГОСТ 2.732-68									
17	Аппарат телефонный	<b>A</b>		ГОСТ 2.739-68									
18	Телефон	<b>BF</b>		ГОСТ 2.739-68									

19	Громкоговоритель	ВА		ГОСТ 2.739-68
20	Звонок электрический. Общее обозначение.	НА		ГОСТ 2.741-68
21	Микрофон	ВМ		ГОСТ 2.741-68
22	Элемент гальванический или аккумулятор	G		ГОСТ 2.742-68
23	Батарея из гальваническая или аккумуляторных элементов	G		ГОСТ 2.732-68
24	Заземление			ГОСТ 2.751-73
25	Корпус (машины, аппарата, прибора)			ГОСТ 2.751-73
26	Контакт а) замыкающий	K		ГОСТ 2.755-74
27	Выключатель а) однополюсный	S		ГОСТ 2.755-74
28	Контакт разборного соединения	XТ		ГОСТ 2.755-74
29	Катушка электроμηχανического устройства	K		ГОСТ 2.756-76

Учебное издание

Составители:

*Матюх Светлана Анатольевна*

*Шевчук Татьяна Вячеславовна*

# Методические указания

к выполнению индивидуальных графических заданий  
**по инженерной компьютерной графике**  
для студентов специальностей:

1 - 40 01 01 – Программное обеспечение информационных технологий

1 - 53 01 02 – Автоматизированные системы обработки информации

1 - 39 03 02 – Программируемые мобильные системы

1 - 40 03 01 – Искусственный интеллект

Ответственный за выпуск: Шевчук Т.В.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано в печать 05.03.2018 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 7,0. Уч. изд. л. 7,5. Заказ № . Тираж 50 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.