



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Инженерная и компьютерная графика»

## **Учебнометодическое пособие** по дисциплине

# **«Начальный курс графики»**

Авторы

Чередниченко О.П.,

Филоненко Л.А.

Ростов-на-Дону, 2022

## Аннотация

Представлены основные стандарты ЕСКД, простейшие методы геометрических и проекционных построений, комплексные и аксонометрические чертежи элементарных геометрических тел, а также образцы выполнения аудиторных графических работ. Курс предназначен для студентов, изучающих графические дисциплины.

## Авторы

к.т.н., доцент Чередниченко О.П.,  
асс. Филоненко Л.А.



## Оглавление

<b>ЦЕЛЬ И НАЗНАЧЕНИЕ КУРСА .....</b>	<b>5</b>
<b>1. СТАНДАРТЫ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ .....</b>	<b>6</b>
2.1 Общие понятия о стандартах.....	6
2.3 Структурная схема обозначения стандартов ЕСКД.....	7
<b>2. СТАНДАРТЫ ЕСКД (ГОСТ 2.30168, 2.10468, 2.30268, 2.30481, 2.30368) .....</b>	<b>9</b>
2.1 Форматы чертежей (ГОСТ 2.30168).....	9
2.2 Основная надпись .....	10
2.3 Масштабы .....	11
2.4 Шрифты чертёжные.....	12
2.5 Типы линий (ГОСТ 2.30368) .....	15
2.6 Штриховка детали в разрезах и сечениях (ГОСТ 2.30668) .....	17
<b>3. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ (ГОСТ 2.3072011) ....</b>	<b>20</b>
3.1 Основные положения.....	20
3.2 Нанесение размеров. Основные правила.....	21
3.3 Уклон и конусность (ГОСТ 2.3072011).....	29
<b>4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ [2] .....</b>	<b>32</b>
4.1 Деление на равные части отрезка и угла .....	32
4.2 Деление окружности на равные части и построение правильных многоугольников .....	33
4.3 Сопряжения .....	37
4.4 Лекальные кривые .....	41
<b>5. МЕТОД ПРОЕЦИРОВАНИЯ [3].....</b>	<b>48</b>
5.1 Основные положения.....	49
5.2 Образование комплексного чертежа.....	51
5.3 Некоторые свойства ортогонального проецирования (рис. 75, 76): .....	51
5.4 Конкурирующие точки .....	52
5.5 Базовые плоскости (рис. 78) .....	53
<b>6. ПРОЕКЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ТЕЛ [3].....</b>	<b>54</b>
6.1 Многогранники .....	54
6.2 Тела вращения .....	58
6.3 Построение недостающих проекций точек на поверхности тел.....	64

<b>7. ПРИЁМЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ВИДА ПРЕДМЕТОВ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ.....</b>	<b>66</b>
<b>8. АКСОНОМЕТРИЯ [5].....</b>	<b>69</b>
8.1 Сущность аксонометрического проецирования .....	69
8.2 Классификация аксонометрических проекций.....	71
8.3 Стандартные аксонометрические проекции .....	71
8.4 Аксонометрические изображения окружностей в прямоугольной аксонометрии, расположенных в координатных и им параллельных плоскостях .....	72
8.5 Косоугольные аксонометрические проекции .....	74
8.6 Стандартные косоугольные аксонометрические проекции (ГОСТ 2.3172011) .....	75
8.7 Выбор вида аксонометрии.....	75
8.8 Алгоритм построения аксонометрической проекции предмета.....	78
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>80</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>81</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 8.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ 9.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 10.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 11.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 12.....	92

## ЦЕЛЬ И НАЗНАЧЕНИЕ КУРСА

Начальный (адаптивный) курс введён с целью формирования исходных компетенций, необходимых для последующего изучения вузовских дисциплин: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», «Компьютерная графика». Данный курс предназначен для приобретения и развития пространственного воображения и чертёжнографических навыков у студентов в условиях интенсивной аудиторной работы, компенсируя, во многих случаях, отсутствие предмета «Черчение» в школе.

Тематика курса основывается на базе школьного курса черчения, а также содержит элементы общеобразовательных инженерных программ высшей школы, включая простые графические задания, выполняемые в аудитории под руководством преподавателя.

Каждое занятие начинается с вводной части, в которой даётся новый материал с использованием плакатов, моделей, мультипроектора, а также примеры реализации полученных знаний. В процессе учебы студенты знакомятся с назначением чертёжных инструментов и приёмами эффективной работы с ними. Формулируются основные понятия и способы отображения трёхмерных объектов на двумерном чертеже. Рассматриваются элементарные геометрические тела: призма, пирамида, цилиндр, конус, сфера и приёмы построения их профильных проекций по двум заданным проекциям, а также недостающих проекций точек этих фигур.

Для интенсификации занятий и повышения качества построений студентам предлагаются чертежизаготовки, которые они дорабатывают в процессе практических занятий. Комплект их содержится в приложениях настоящего пособия. Выполненные работы, как полезные образцы, следует сохранять до 3го семестра, когда будет читаться курс «Начертательная геометрия» или «Инженерная и компьютерная графика».

Так как адаптивный курс дополнителен к основной нагрузке студентов, все практические навыки приобретаются в процессе аудиторных занятий под руководством преподавателя. Домашние задания отсутствуют, зачёт по курсу – кафедральный, по результатам тестирования. Контроль знаний стандартов ЕСКД и геометрических построений осуществляется в начале и в конце курса. Первый контрольный тест оценивает исходные знания студентов, второй – эффективность проведенных адаптивных занятий. Результаты тестирования, а также посещаемость адаптивных занятий студентами передаются далее преподавателям, ведущим в

следующем семестре занятия по начертательной геометрии для анализа их прилежания по курсу.

## 1. СТАНДАРТЫ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

### 1.1 Общие понятия о стандартах

Термин стандарт образован от англ. standard — это образец, модель, эталон, принятый для сопоставления с ним других подобных объектов.

Стандарты основываются на обобщенных результатах научных знаний, изучения практического опыта, развития техники, технологии и направлены на достижение наибольшей выгоды для общества.

В настоящее время чаще используют другое значение: стандарт — это нормативный документ, устанавливающий единые требования к объекту стандартизации, утверждённый в установленном порядке.

Объекты стандартизации — это всевозможная продукция различных заводов и предприятий, а также нормы, правила, методы, термины, единицы величин, применяемых в науке, технике и сельском хозяйстве.

Стандартизация — это процесс установления и применения правил по упорядочению деятельности в определённой области на пользу и при участии заинтересованных сторон.

Стандартизация — важнейший фактор техникоэкономического развития страны. Она позволяет экономить трудовые и материальные ресурсы, сокращать сроки проектирования и изготовления продукции, повышать её качество и снижать себестоимость. Чем больше отраслей хозяйства страны охвачены стандартизацией, тем выше потенциал страны и уровень жизни населения. Государственные стандарты обязательны для всех предприятий и отдельных лиц. Нарушители стандарта преследуются по закону.

Зарождение стандартизации можно проследить с глубокой древности. В Древнем Египте были стандартизированы луки, стрелы, камни, из которых возводились пирамиды и другие сооружения. В России стандарты появляются во времена Ивана Грозного. При нём была стандартизирована артиллерия и разработан мерительный инструмент.

### 1.2 Стандарты ЕСКД

Впервые в нашей стране стандарты на чертежи были вве-

дены в 1928 году под названием «Чертежи для всех видов машиностроения».

В настоящее время центральным органом в области стандартизации является РОССТАНДАРТ – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.

Государственные СТАндарты до 1968 года разрабатывались для конкретных однотипных видов изделий и содержали в обозначении единый порядковый номер и через тире год регистрации, например, «ГОСТ 779870 – болты с шестигранной головкой». С 1968 года стали также выпускать комплексы (системы) межотраслевых стандартов, содержащие взаимоувязанные правила и положения, относящиеся преимущественно к организации и управлению производством, техникоэкономической и другой документации. Каждой системе в обозначении присваивают цифровой порядковый индекс, после которого обязательно ставят точку, например:

1. – Государственная Система Стандартизации (ГСС);
2. – Единая Система Конструкторской Документации (ЕСКД);
3. – Единая Система Технологической Документации (ЕСТД);

.....  
30. – Система стандартов эргономики и технической эстетики.

ЕСКД – комплекс стандартов, устанавливающих единые правила и положения по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации.

К конструкторским документам относят чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификации, схемы, расчётнопояснительные записки, технические условия и другие.

Стандарты время от времени пересматривают. Изменения стандартов связаны с развитием промышленности и научно-техническим прогрессом. При этом, как правило, номер стандарта сохраняется, а меняется дата регистрации.

### 1.3 Структурная схема обозначения стандартов ЕСКД

ГОСТ 2 . 3 0 1 – 68

	<p>Год регистрации</p> <hr/> <p>Порядковый номер стандарта в классификационной группе (01–99)</p> <hr/> <p>01– Форматы          02 – Масштабы          03 – Линии          04 – Шрифты          05 – Изображения (виды, разрезы, сечения)          06 – Штриховка          07 – Нанесение размеров          .....</p> <p style="text-align: center;">Классификационная группа (09)</p> <hr/> <p>0 – Общие положения;          1 – Основные положения;          2 – Классификация и обозначение изделий в КД;          3 – Общие правила выполнения чертежей;          .....</p> <p>9 – Прочие стандарты</p> <p style="text-align: center;">Система стандартов (класс)</p> <hr/> <p>1. – Государственная Система стандартизации (ГСС);          2. – Единая Система Конструкторской Документации (ЕСКД);          3. – Единая Система Технологической Документации (ЕСТД);          .....</p> <p>30. – Система стандартов эргономики и технической эстетики.</p> <p style="text-align: center;">Категория стандартов</p> <hr/>
--	---

ISO – международные;

ГОСТ Р – государственные стандарты России;

ГОСТ – межгосударственные (стандарты СССР, сейчас стран СНГ);

ОСТ – отраслевые;

СТП – корпоративные (стандарты предприятий);

СТО – издаваемые общественными объединениями.



ГОСТ 2.30168 – это межгосударственный стандарт, класса ЕСКД, из группы «Общие правила выполнения чертежей», устанавливающий требования к чертёжным форматам.

ЕСКД создает условия для взаимного обмена конструкторской документацией между различными предприятиями и организациями, повышает эффективность совместных проектно-конструкторских работ со странами СНГ, увеличивает возможность применения средств механизации и автоматизации при разработке конструкторской документации.

### **Темы для самостоятельного изучения:**

1. Основные понятия о стандартизации. Термины и определения.
2. Единая система конструкторской документации. Основное назначение стандартов ЕСКД (ГОСТ 2.00193). Общие положения.

## **2. СТАНДАРТЫ ЕСКД (ГОСТ 2.30168, 2.10468, 2.30268, 2.30481, 2.30368)**

### **2.1 Форматы чертежей (ГОСТ 2.30168)**

Чертежи и другие конструкторские документы выполняют на листах, форматы которых определены. Стандартизация форматов позволяет унифицировать чертёжные столы, машины и приспособления для изготовления, размножения и хранения чертежей и других конструкторских документов. Формат листа определяется размером внешней рамки, выполненной тонкой линией. Внутренняя рамка – рамка чертежа – выполняется сплошной толстой основной линией на расстоянии 20 мм от левой стороны внешней рамки и 5 мм от остальных её сторон. Форматы подразделяются на основные и дополнительные. Пять основных форматов (табл. 1) получены путём безотходного деления самого большого формата с размерами сторон 1189х841 мм (площадь 1 м<sup>2</sup>) на меньшие, но подобные им другие, так как отношение большей стороны каждого формата к меньшей составляет  $\sqrt{2}$  (рис.1). Дополнительные форматы образуются увеличением коротких сторон основных форматов в  $n$  раз, где  $n$  – целое число, что отражено в его обозначении. Например, дополнительный формат А4х3 имеет размеры 297х(210х3)=297х630 мм<sup>2</sup>. Оформить первую половину листа задания 1 «Форматы» по образцу на рис. 3

Основные чертёжные форматы

Обозначение формата	A0 =	A1 =	A2 =	A3 =	A4 =
Размеры сторон, мм	841x1189	594x841	420x594	297x420	210x297

Табл.1

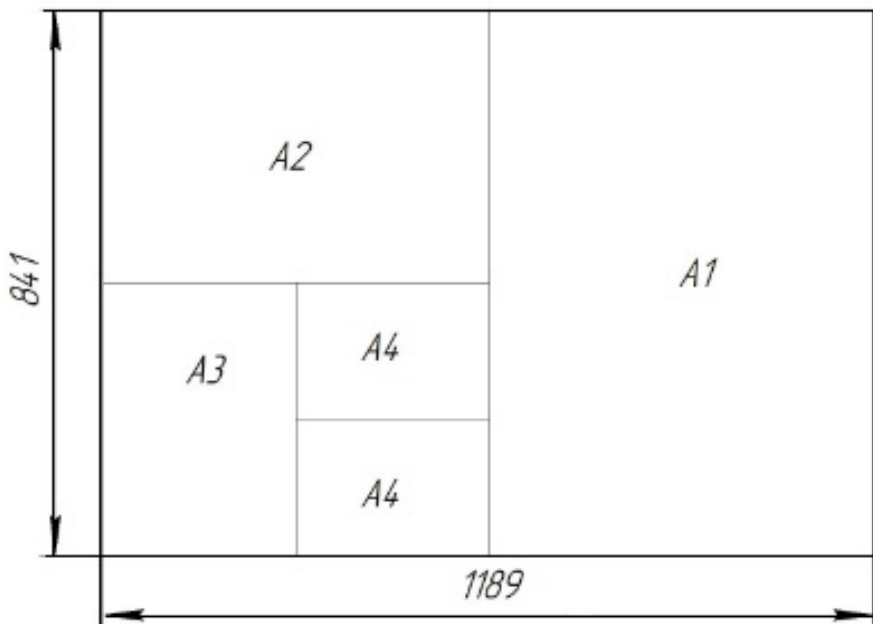


Рис.1

## 2.2 Основная надпись

На всех чертежах и схемах в правом нижнем углу располагают основную надпись для графических документов, с габаритными размерами 18555, а для текстовых документов — 18540 мм, содержание которых устанавливает ГОСТ 2.10468. На вторых и последующих листах всех документов основная надпись с габаритными размерами 18515 мм. На листах формата A4, основную надпись располагают только вдоль короткой стороны. На чертежах других форматов основную надпись можно располагать как вдоль длинной, так и вдоль короткой стороны. В верхней графе всех основных надписей указывается шифр документа. Шифр всех студенческих работ на кафедре ИИГ должен включать сле-

дующие составляющие: обозначение группы, семестр, номера варианта, сборочной единицы, листа. Смотри образец заполнения основных надписей на рис. 2.

Сторона №	Основная надпись					Группа	Семестр	Вариант	№ сб. ед.	№ листа
	для текстовых документов									
					ТКТ11.0115 00.01					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Содержание работ			Лист	Лист	Листов
								1	2	
Разраб	Иванов							ДГТУ		
Проб	Петров							Кафедра ИиКГ		
Исполн										
Утв										
Итого в сборке	для последующих листов					Лист				
							2			
					ТКТ11.01.15.00.02					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	для графических документов					
Разраб	Иванов							Лист	Масса	Масштаб
Проб	Петров							1	55 кг	1:5
Исполн								Лист 1 / Листов 1		
Утв								ДГТУ		
								Кафедра ИиКГ		
								СЧ 25 ГОСТ 1412-85		
								Копировал		
								Формат А4		

Рис. 2

### 2.3 Масштабы

Детали и сборочные единицы на чертежах изображают в натуральную величину, если они соразмерны чертёжным форматам; с увеличением, если они мелкие и сложные или с уменьшением, если они большие, но простые.

Масштаб — это отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным (натуральным) линейным размерам. Виды, значения масштабов и их обозначение на чертежах устанавливает ГОСТ 2.30268.

Натуральная величина —1:1.

Масштабы увеличения —2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 1:20 и др.

Масштабы уменьшения—1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10 1:15; 1:20 и др.

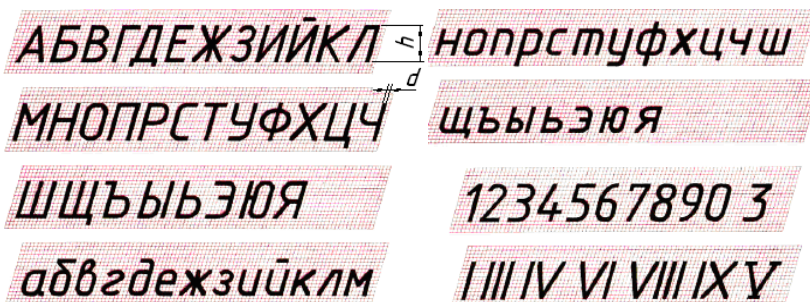
Эти значения указывают в основной надписи чертежа (рис. 2). Масштаб для отдельного изображения на чертеже записывают с добавлением заглавной буквы М, например, М1:2 и располагают над ним.

Наиболее желателен масштаб 1:1. В этом случае при выполнении изображения не нужно пересчитывать размеры.

Следует помнить, что, размеры на чертеже наносят всегда действительные, независимо от масштаба. Угловые размеры при изменении масштаба не меняются.

## 2.4 Шрифты чертёжные

Все надписи на чертежах должны быть выполнены чертежным шрифтом. Начертание букв и цифр чертежного шрифта устанавливает ГОСТ 2.30481. Стандарт определяет высоту и ширину букв и цифр, толщину линий обводки, расстояние между буквами, словами и строчками.



Чертёжный шрифт может быть прямой и с наклоном  $75^\circ$  к линии строки.

Общий параметр шрифта – размер  $h$  – высота прописных (заглавных) букв, а также цифр в миллиметрах, которая берётся из следующего ряда: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Высота буквы измеряется перпендикулярно к основанию строки.

Через размер  $h$  можно выразить все остальные параметры шрифта.

Высота строчных букв берётся из этого ряда, но на номер меньше или  $(7/10)h$ .

В зависимости от толщины линий  $d$  шрифт бывает двух типов: тонкий – А и утолщённый – Б. Толщина линий шрифта А равна  $d=h/14$ , а шрифта Б –  $d=h/10$ . Студентам рекомендуется использовать наклонный шрифт Б, имеющий следующие параметры:

Расстояние между буквами –  $(2/10)h$  или  $2d$ .

Расстояние между словами –  $(6/10)h$  или  $6d$ .

Минимальное расстояние между основаниями строк (шаг) –  $(17/10)h$ .

Нижние элементы букв Д, Ц, Щ и верхний элемент буквы Й выполняют за счет промежутков между строками.

Ширина большинства заглавных букв равна  $0,6h$  или  $6d$ . Ширина букв А, Д, Ж, М, Ф, Х, Ц, Щ, Ш, Ъ, Ы, Ю больше этой величины на 1 или  $2d$ , (включая нижние и верхние элементы), а ширина букв Г, З, С меньше на  $d$ .

Верхние и нижние элементы строчных букв выполняются за счет расстояний между строками и выходят за строку на  $3d$ .

Ширина большинства строчных букв равна  $5d$ . Ширина букв а, м, ц, ъ равна  $6d$ , букв ж, т, ф, ш, щ, ы, ю  $7d$ , а букв з, с —  $4d$ .

Высота букв и цифр на чертежах, выполненных в карандаше, должна быть не менее  $3,5$  мм.

Чтобы научиться хорошо писать чертежным шрифтом, вначале для каждой буквы чертят сетку. После овладения навыками написания букв и цифр можно проводить только верхнюю и нижнюю линии строки.

*МОСКВА ЧЕРЧЕНИЕ*

*Прокладка Чертеж № ∅ %*

*Техника Школа №*

буквы написаны правильно, обводят их мягким карандашом.

Для букв Г, Д, И, Я, Л, М, П, Т, Х, Ц, Ш, Щ можно провести только две вспомогательные линии на расстоянии, равном их высоте.

Для букв А, Б, В, Е, Н, Р, У, Ч, Ъ, Ы, Ь, Я между двумя горизонтальными линиями следует добавить посередине еще одну, по которой выполняют средние их элементы.

Для букв З, О, Ф, Ю проводят четыре линии, где средние линии указывают границы скруглений.

Лист задания 1 «Форматы» окончательно доработать в соответствии с образцом на рис. 3. Дать определение понятию масштаб. Указать значения не менее восьми стандартных масштабов уменьшения и — не менее десяти масштабов увеличения. Для запоминания начертаний букв и цифр привести шрифт мягким карандашом, заточенным лопаткой. Чертёжным шрифтом типа Б, размером № 7 аккуратно и чётко вписать свою фамилию и инициалы в строку с сеткой, предварительно разметив наклонными под  $75^\circ$  линиями ширину каждой буквы и просветы между ними.

#### **Темы для самостоятельного изучения:**

1. ГОСТ 2.30168. ЕСКД. Форматы.
2. ГОСТ 2.10468. ЕСКД. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.30268. ЕСКД. Масштабы.
4. ГОСТ 2.30481. ЕСКД. Шрифты чертёжные.

ТКТ11.011500.01

Форматы

основная надпись

A0 - 1189×594

A1 - 841×594

A2 - 594×420

A3 - 420×297

A4 - 297×210

Масштабы

Масштаб – отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам

Натуральный масштаб	1:1
Масштабы увеличения	2:1, 2.5:1, 4:1, 5:1, 10:1, 20:1, 40:1, 50:1, 100:1
Масштабы уменьшения	1:2, 1:2.5, 1:4, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:40, 1:75, 1:100, 1:200

Шрифты чертежные

**АБВГДЕЗИК**      *абвгдежзийкл*

**ЛМНОПРСТУ**      *мнопрстуфхц*

**ХЦЧЪЬЭЯ**        *чщъьыьэяю*

**ЖФШЩЮ**         *1234567890*

**Иванов Сергей Андреевич**








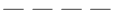










Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТКТ11.011500.01

Лист

личной толщины и начертания, каждая из которых имеет свое назначение:

## Инженерная графика

Наименование линий	Толщина в "S"	Начертание	Повторить начертание	Назначение
Сплошная толстая основная	S			Линии видимого контура, рамки чертежа
Сплошная тонкая	S/2-S/3			Размерные, выносные, вспомогательные линии
Сплошная волнистая	S/2-S/3			Короткие линии обрыва
Штриховая	S/2-S/3			Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая	S/2-S/3			Осевые и центральные линии
Штрихпунктирная утолщённая	S/2			Зоны термообработки и покрытий, наложенные проекции
Разомкнутая	1S-1,5S			Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами	S/2-S/3			Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая	S/2-S/3			Линии сгиба на развертках, изображение частей изделия в крайних положениях

Сплошная толстая основная линия. Эту линию применяют для изображения видимых контуров предметов, разрезов, сечений, рамки и граф чертежа. Её толщину (s) выбирают в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, от формата чертежа. Толщины других линий выражают через толщину сплошной толстой основной линии.

Сплошная тонкая линия. Толщина её от  $s/3$  до  $s/2$ . Она используется в качестве выносных, размерных линий, линий вспомогательных построений и штриховки.

Сплошная волнистая линия. Используется как короткая линия обрыва в тех случаях, когда изображение дано на чертеже не полностью. Толщина линии от  $s/3$  до  $s/2$ .

Штриховая линия. Применяется для изображения невидимых контуров предмета. Штриховая линия состоит из отдельных штрихов (черточек) примерно одинаковой длины. Длину каждого штриха выбирают от 2 до 8 мм в зависимости от величины изображения. Расстояние между штрихами от 1 до 2 мм. Толщина штриховой линии от  $s/3$  до  $s/2$ .

Штрих пунктирная тонкая линия. Используется как осевая, центровая, а также линия симметрии. Она состоит из длинных тонких штрихов (от 5 до 30 мм) и точек между ними. Вместо точек допускается чертить коротенькие штрихи — протяжки — длиной 1-2 мм. Расстояние между длинными штрихами от 3 до 5 мм. Толщина линии от  $s/3$  до  $s/2$ .

Штрихпунктирная утолщённая. Обозначает поверхности, подлежащие термообработке или покраске, а также для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскости



(наложенная проекция). Толщина линии от  $s/2$  до  $2s/3$ .

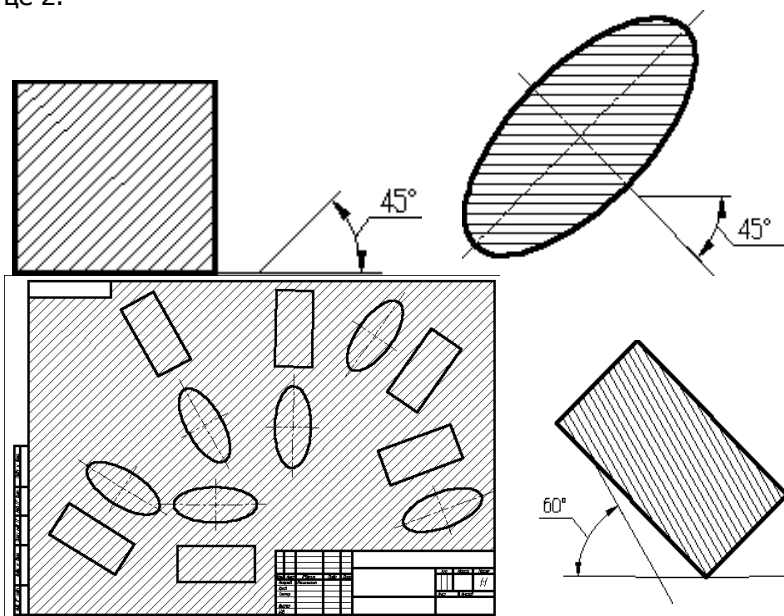
Разомкнутая линия. Показывает положение секущей плоскости при изображении разрезов и сечений. Толщина линии от  $s$  до  $1,5s$ .

Сплошная тонкая с изломами. Используется как длинная линия обрыва при неполном изображении крупных объектов на чертеже. Толщина линии от  $s/3$  до  $s/2$ .

Штрихпунктирная с двумя точками тонкая линия. Она используется для указания линий сгиба при построении разверток, а также для изображения подвижных частей изделий в крайних положениях. Толщина линии от  $s/3$  до  $s/2$ . Все прерывистые линии должны начинаться и заканчиваться штрихами.

## 2.6 Штриховка детали в разрезах и сечениях (ГОСТ 2.30668)

Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от их вида выполняется параллельной штриховкой под углом  $\pm 45^\circ$  к линии контура изображения (рис. 4) или к его оси (рис. 5) или к линиям рамки чертежа (рис. 6). Для наглядности чертежа используют штриховку с учетом применяемых материалов, графическое обозначение которых представлено в таблице 2.



Если линии штриховки, параллельны линиям контура детали или осевым линиям, то вместо угла  $45^\circ$  следует брать угол  $30^\circ$  или  $60^\circ$  (рис. 7).

Штриховка смежных деталей наносится в разном направлении (влево и вправо), но выбранный тип штриховки, для одной и той же детали, сохраняется на всех сечениях чертежа.

Расстояние между параллельными линиями штриховки (шаг) должно быть одинаковым для всех, выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали, и составлять от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки.

Графическое обозначение материалов в сечениях в зависимости от их вида

Материал	Обозначение
1. Металлы и твердые сплавы, а также общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от их вида	
2. Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже	
3. Древесина (в поперечном сечении)	
4. Камень естественный	
5. Керамика и силикатные материалы для кладки	
6. Бетон	

7. Стекло и другие светопрозрачные материалы	
8. Жидкости	
9. Грунт естественный	

Табл. 2

На листе задания 2 «Линии чертежа» повторить начертание линий и указать их назначение. Выполнить штриховку в разрезе с учётом указанных материалов, используя данные таблицы 1. Построить заданное изображение детали в масштабе 2:1, проставить размеры. Оформить основную надпись, указать свою фамилию в соответствии с образцом (рис. 8).

**Темы для самостоятельного изучения:**

1. ГОСТ 2.30368. ЕСКД. Линии.
2. ГОСТ 2.30668. ЕСКД. Обозначения графические материалов

СЭМ11.02.00.01		Типы линий		
Повторить начертание линий, записать назначение				
Наименование линий	Толщина в "S"	Начертание	Повторить начертание	Назначение
Сплошная толстая основная	1S			Линии видимого контура, рамки чертежа
Сплошная тонкая	S/2-S/3			Размерные, выносные, вспомогательные линии
Сплошная волнистая	S/2-S/3			Короткие линии обрыва
Штриховая	S/2-S/3			Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая	S/2-S/3			Осевые и центральные линии
Штрихпунктирная утолщенная	S/2			Зоны термобработки и покрытий, наложенная проекция
Разомкнутая	1S-15S			Линии сечений
Сплошная тонкая с изломом	S/2-S/3			Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая	S/2-S/3			Линии сгиба на развертках, изображение частей изделия в крайних положениях

**Штриховка детали в разрезе**

металл

неметалл

кирпичная кладка

Металл при соблюдении угла наклона с линией основного контура

Построить чертёж детали в масштабе 1:2, 2:1; правильно оформить изображение 2:1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

СЭМ11.02.00.01

Копировал \_\_\_\_\_

Формат А4

Лист
------

Рис. 8

## 3. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ (ГОСТ 2.3072011)

### 3.1 Основные положения

- Величину изделия и его элементов на чертеже определяют размерные числа.
- Размерные числа на чертеже не зависят от масштаба изображения изделия – это истинные, натуральные значения.
- Общее число размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Не допускается на машиностроительных чертежах повторять размеры одного и того же элемента.

Линейные размеры и их предельные отклонения указывают в графических документах и спецификации в миллиметрах, без обозначения единиц измерения (за исключением технических требований, где единицы измерения «мм» указывают).

- Угловые размеры и их предельные отклонения указывают – в градусах, минутах и секундах с обозначением единиц измерения, например,  $1^{\circ} 47' 24''$ .

### 3.2 Нанесение размеров. Основные правила

Размеры на чертежах указывают размерными числами, нанесёнными над размерными линиями (со стрелками). Для удобства чтения чертежа размерные линии желательно наносить вне контура изображения, располагая на некотором расстоянии от него, используя выносные линии. Минимальные расстояния: размерной линии от контура 10 мм, между параллельными размерными линиями 7 мм (рис. 9). Выносные линии продолжают за размерную линию на 15 мм.

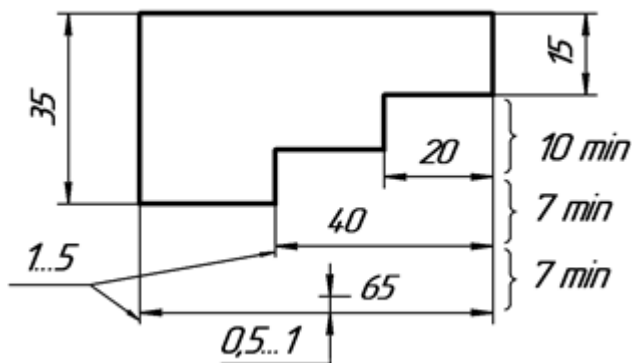


Рис. 9

Следует избегать пересечения выносных линий с размерными. Для этого меньшие размерные линии располагают ближе к контуру. Между числом и размерной линией зазор 0,5...1 мм. Рекомендуемый размер шрифта для размерных чисел на учебных

чертежах 5 мм (см. рис. 9). Размерная линия должна располагаться параллельна измеряемому контуру изображения, а выносные линии – перпендикулярно размерным (рис. 10). При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии – радиально (рис. 11).

В качестве размерных линий нельзя использовать линии контура, осевые, центровые линии. Не рекомендуется наносить размеры от линий невидимого контура.

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого криволинейного контура, осевым, центровым и другим линиям (рис 12).

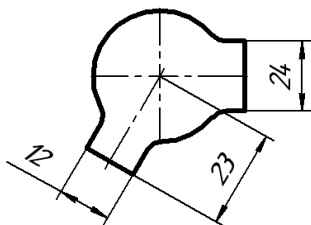


Рис. 10

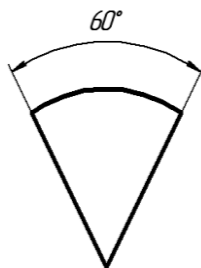


Рис. 11

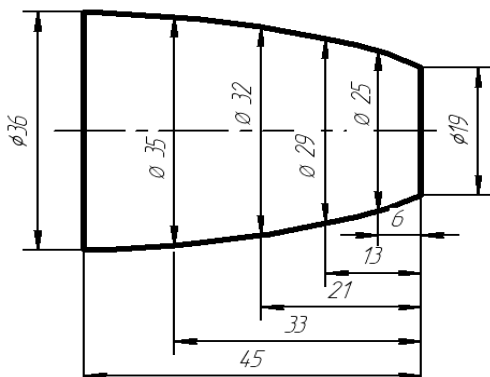


Рис. 12

Размерные линии ограничивают стрелками, которые должны упираться острием в выносные, контурные, осевые и т. п. линии. Если места для стрелок недостаточно, их располагают снаружи (рис. 13, а). При малой длине размерных линий стрелки можно заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям, или точками (рис. 13, б, в). Любая линия при пере-

сечении со стрелкой прерывается (рис. 14).

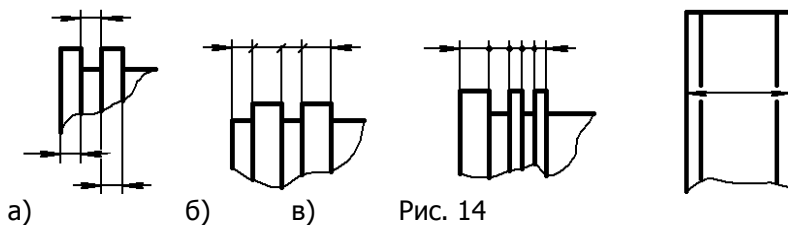


Рис. 13

Формы стрелок показаны на рис. 15, 16. Величина стрелок размерных линий зависит от толщины основной линии и составляет (в учебной практике) 2,5...5 мм. Размерные числа наносят над размерной линией и слева от неё (на вертикальных размерах). На одном чертеже номер шрифта для размерных чисел, а также величина стрелок должны быть одинаковыми.

Размерные числа располагают над размерной линией возможно ближе к ее середине. При нескольких параллельных или концентрических размерных линиях, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга, размерные числа рекомендуется проставлять в шахматном порядке (рис. 17). Если между размерными стрелками недостаточно места для написания размерного числа, его следует наносить, как показано на рис. 18.

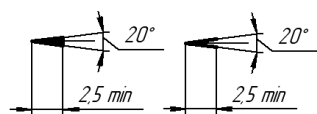


Рис. 15 Рис. 16

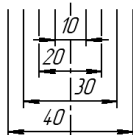


Рис. 17

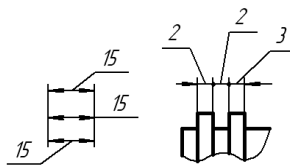


Рис. 18

При различных наклонах размерных линий числа располагают, как показано на рис. 19: а) – для линейных, б) – для угловых размеров. При расположении размерных линий с наклоном в пределах зон, выделенных штриховкой, числа рекомендуются располагать на полках.

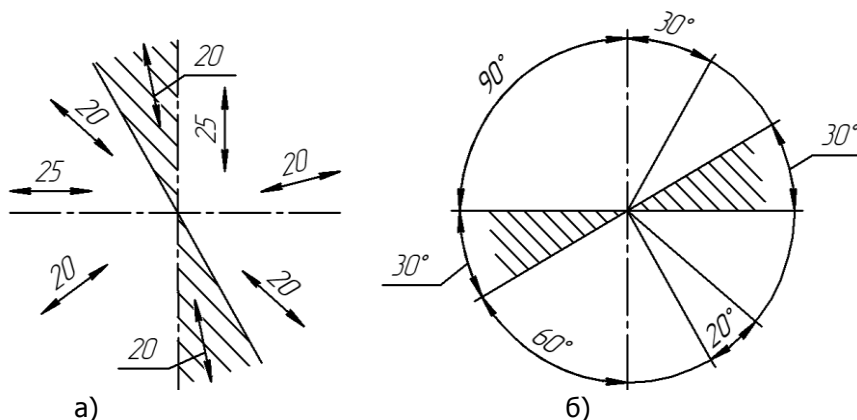


Рис. 19

Радиус – лат. radius – спица колеса, луч – отрезок прямой линии соединяющей центр окружности с какой-либо точкой окружности или сферы. При нанесении размеров на чертеже радиус обозначается буквой R, за которой следуют размерное число. При необходимости указания центра окружности, его изображают в виде перекрестья центровых или выносных линий. Радиусы наружных и внутренних скруглений следует показывать так, как изображено на рис. 20. Направление размерной линии радиуса должно проходить через центр дуги. Графически радиус не отображают, когда его размер в масштабе чертежа равен 1 мм и менее.

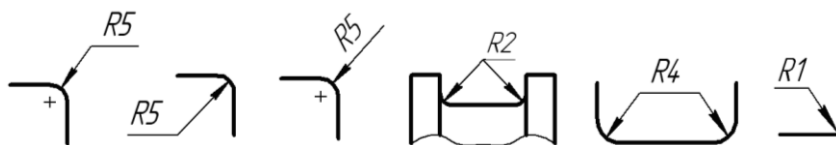


Рис. 20

Размеры диаметров на чертежах указывают разными способами (рис. 21), но обязательно со знаком диаметра –  $\varnothing$  – окружностью, перечёркнутую отрезком прямой под углом  $60^\circ$  к основанию строки (рис. а). Наличие знака диаметра на главном виде тела с осью означает, что это тело вращения и вид слева для него не требуется (рис. б). Когда недостаточно места для стрелок внутри окружности, то их наносят снаружи, или используют односторонние стрелки с обрывом размерной линии дальше центра (рис. в, г).



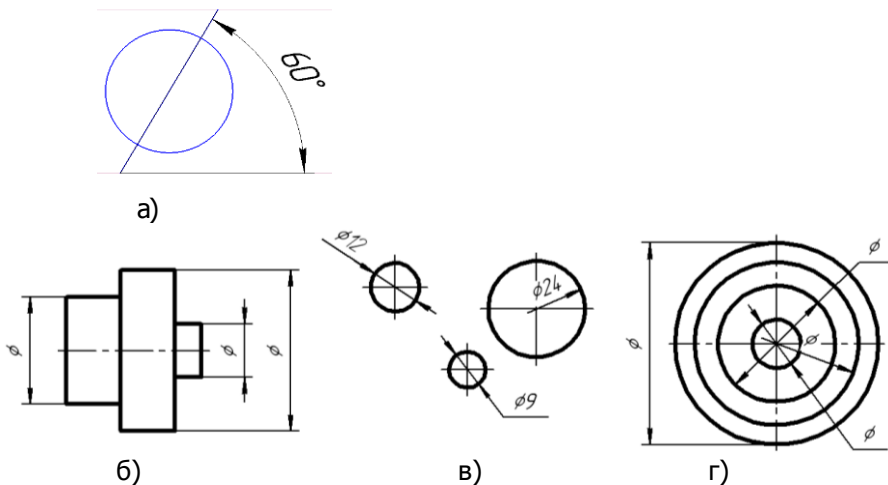


Рис. 21

При наличии радиуса, центр которого находится за пределами чертежа, размерную линию пока-зывают с изломом под углом  $90^\circ$ , а центр условно придвигают к дуге (рис. 22). Размерные линии радиусов дуг концентрических окружностей нельзя распо-лагать на од-ной прямой (рис. 23). Если углы детали скруглены, то размеры наносят от точек пересече-ния тонких сплошных линий, являющихся продолжением прямолинейного контура (рис. 24).

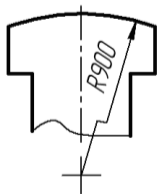


Рис. 22

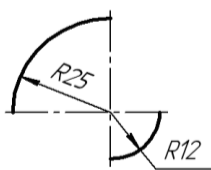


Рис. 23

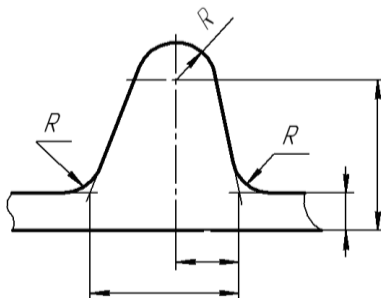


Рис. 24

Изображение длинных предметов, имеющих постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, тру-бы и т. п.) допускается выполнять с разрывом. Размерную линию, при этом, не прерывают. (рис. 25). Если размерные числа распо-лагают на заштрихованном поле, штриховку прерывают, а раз-мерную линию и стрелки проводят по штриховке (рис. 26). Про-стые детали, имеющие постоянную толщину или длину, могут изображаться одним видом. Недостающие размеры ( $s$  – толщина,  $l$

– длина) указывают на полке (рис. 25, 27), рядом с буквенным обозначением.

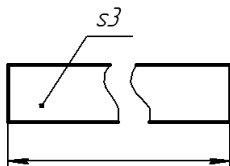


Рис. 25

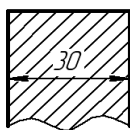


Рис. 26

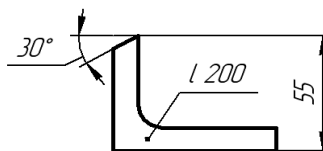


Рис. 27

Размеры фасок под углом  $45^\circ$ , указывают, как на рис. 28, а. Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам: линейным и угловым размерами – б или двумя линейными размерами – в.

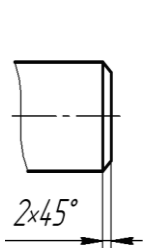


Рис. 29

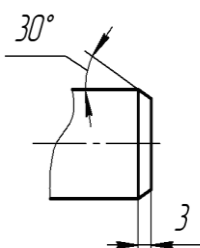


Рис. 30

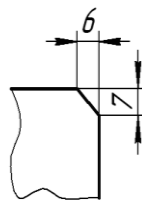


Рис. 31

Когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то к размеру радиуса или диаметра сферы добавляют надпись "сфера" или ставят знак  $\bigcirc$ , например: «Сфера R 12», «Сфера  $\bigcirc 20$ » (рис. 32) или «OR 12».

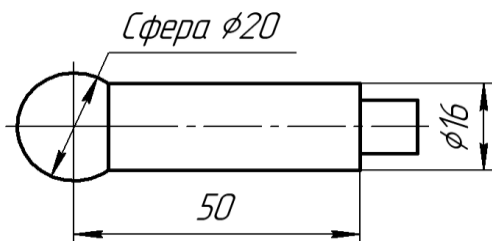
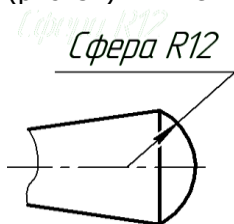


Рис. 32

При наличии одинаковых элементов, например, равномерно расположенных по окружности отверстий (рис. 33), на одном из изображений (на разрезе или виде) указывают общее количество элементов и его размеры. Равные углы между отверстиями не указывают, т. к. их величину можно рассчитать.

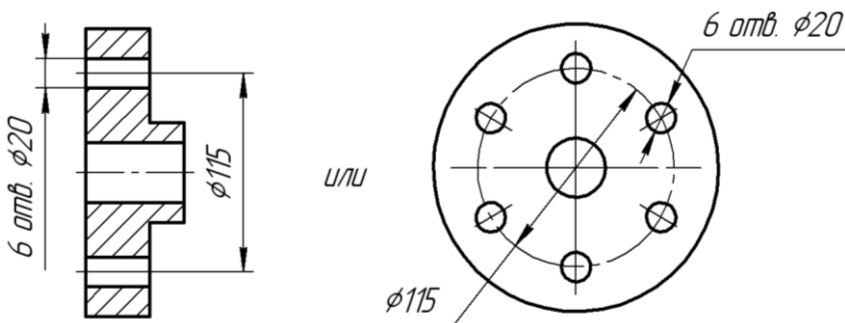


Рис. 33

Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например, отверстия), рассматриваются как один элемент, если между ними нет промежутка (рис. 34) или если эти элементы соединены сплошными тонкими линиями (рис. 35).

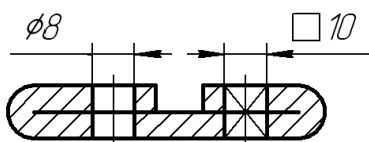


Рис. 34

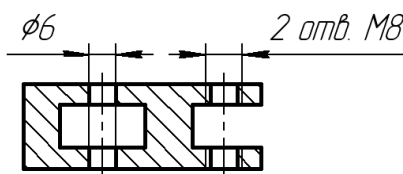


Рис. 35

Справочные размеры не подлежат выполнению по данному чертежу и указываются для большего удобства его чтения. К ним относятся: один из размеров замкнутой размерной цепи (рис. 36), размеры, перенесённые с чертежей изделий заготовок, габаритные размеры на сборочном чертеже и др. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком \*, а в технических требованиях (над основной надписью) записывают: \* Размеры для справок. Если деталь симметричной формы вычерчена только до оси симметрии или с обрывом, то обрыв размерной линии делают дальше оси симметрии или линии обрыва (рис. 37).

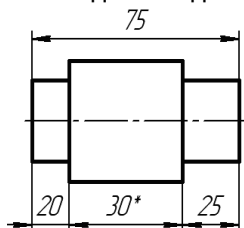


Рис. 36

\*Размер для справок

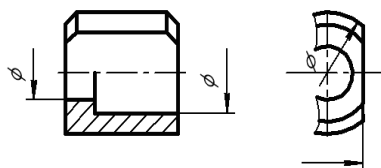
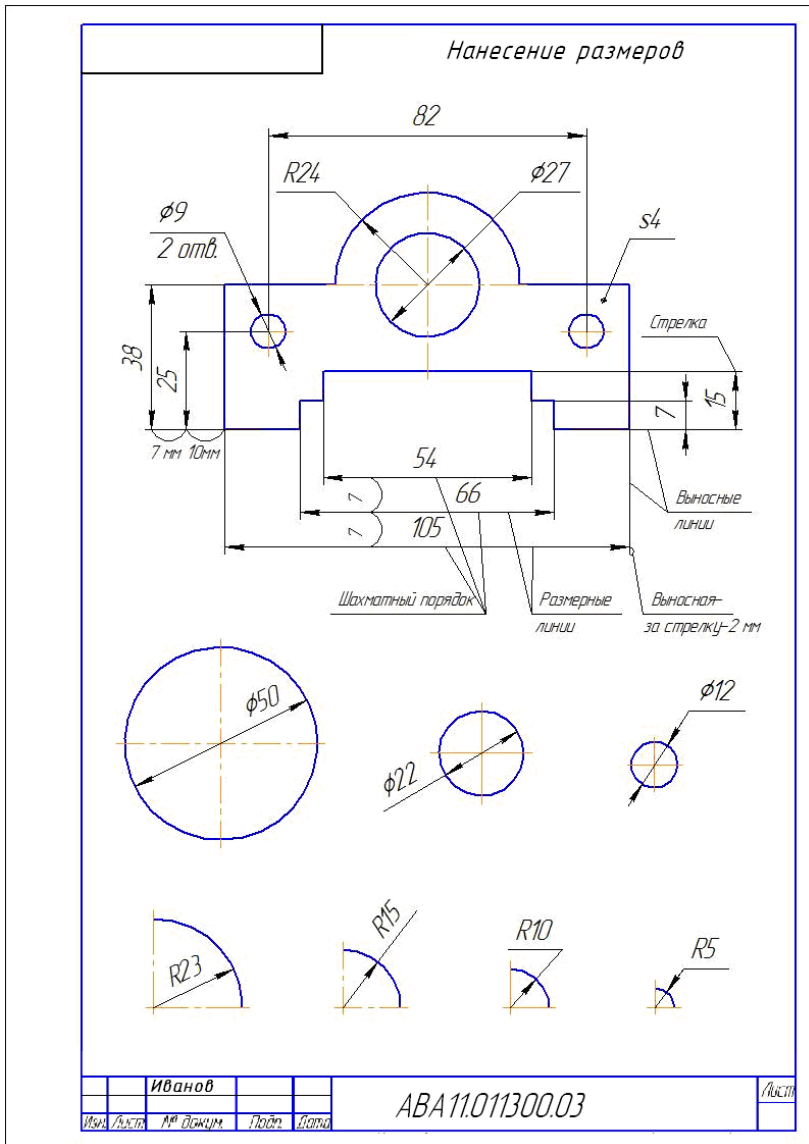


Рис. 37

На листе задания «Нанесение размеров» проставить размеры в соответствии с образцом выполнения (рис. 38). Оформить основную надпись, указать свою фамилию.

**Темы для самостоятельного изучения:**

ГОСТ 2.3072011. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.



### 3.3 Уклон и конусность (ГОСТ 2.3072011)

#### 3.3.1 Уклон

Наклонный прямолинейный участок контура детали всегда можно рассматривать как гипотенузу прямоугольного треугольника и при его построении использовать понятие «уклон». Итак, уклоном называется отношение противолежащего катета к прилежащему или отношение вертикального катета к горизонтальному (рис. 39). Уклон  $i$  может быть задан отношением 1:  $n$  (рис. 39, 40) или в процентах (рис. 41, 42). Для построения прямой  $BC$  с заданной величиной уклона, например 1:4, к горизонтальной прямой необходимо: 1) от точки  $A$  влево отложить отрезок  $AB$ , равный четырем единицам длины; 2) от точки  $A$  вверх отложить отрезок  $AC$ , равный одной единице длины; 3) точки  $B$  и  $C$  соединить прямой.

Обозначение уклона следует указывать на полке (рис. 39) или непосредственно у наклонной линии (рис. 40) с нанесением знака уклона, верхняя наклонная прямая которого должна быть наклонена в ту же сторону, что и определяемая линия уклона. Угол между сторонами знака уклона примерно  $30^\circ$ , а его высота меньше размера шрифта чи-

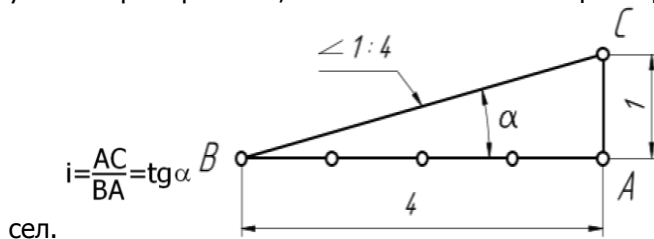


Рис. 39

Если уклон задан в процентах, например 20% (рис. 42), то строится гипотенуза прямоугольного треугольника с вертикальным катетом 20 мм и горизонтальным катетом 100 мм. Очевидно, что уклон 20% иначе есть уклон 1:5.



Рис. 40

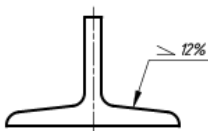


Рис. 41

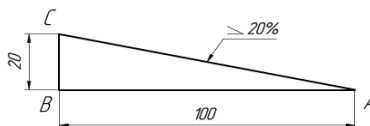


Рис. 42

#### 3.3.2 Конусность

Конус – лат. conus – геометрическое тело, образован-

ное вращением прямоугольного треугольника вокруг одного из его катетов.

Конусностью называется отношение диаметра основания конуса к его высоте. Конусность рассчитывается по формуле  $K=D/H$ , где  $D$  – диаметра основания конуса,  $H$  – высота конуса.

Для усечённого конуса формула конусности будет иметь вид  $K=(Dd)/h$ , где  $d$  – диаметр меньшего основания конуса,  $h$  – высота усечённого конуса.

Числовое значение конусности в виде отношения, где первое число единица, записывают на оси конуса или на полке линии выноски. Перед размерным числом ставится знак конусности – равнобедренный треугольник, вершина которого направлена в сторону вершины конуса (рис. 43, 44).

Конусность численно равна двойному уклону.

Построение конусности  $1 : n$ , сводится к построению боковых сторон равнобедренного треугольника с основанием  $D$  и высотой (длиной)  $H=D*n$ .

Конус вращения определяют любые два размера из трёх ( $D$ ,  $H$ ,  $\alpha$  или  $K$ , рис. 43), а усечённого – любые три размера из четырёх: 1) диаметр большего основания  $D$ ; 2) диаметр малого основания  $d$ ; 3) длина конуса  $h$ ; 4) угол конуса  $\alpha$  или конусность  $K$  (рис. 44).

Внутренние и наружные конические поверхности деталей, имеющие одинаковые конусность или угол  $\alpha$ , могут сопрягаться при сборке (рис. 45, 46).

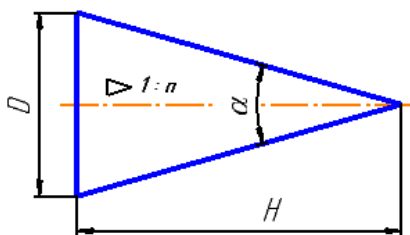


Рис.43

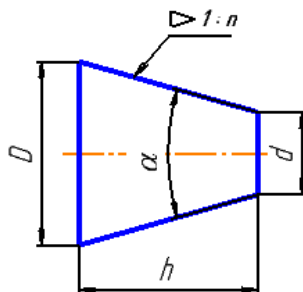


Рис.44

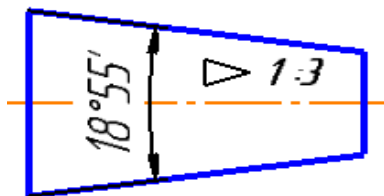


Рис. 45

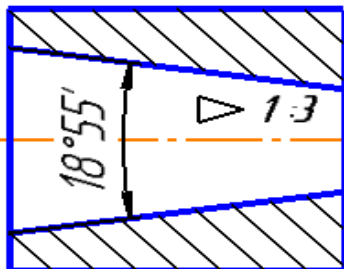


Рис. 46

Значения конусности и углов конусов стандартизированы. Их величины КСТ и  $\alpha_{СТ}$  (выборка из ГОСТ 8593 —81) приведены ниже:

$K_{СТ}$	1:15 (0,067)	1:12 (0,083)	1:10 (0,100)	1:8 (0,125)	1:7 (0,143)
$\alpha_{СТ}$	3 °49 ′	4 °46 ′	5 °43 ′	7 °10 ′	8 °10 ′
$K_{СТ}$	1:6 (0,167)	1:5 (0,200)	1:4 (0,250)	1:3 (0,333)	1:1,87 (0,535)
$\alpha_{СТ}$	9 °31 ′	11 °25 ′	14 °15 ′	18 °55 ′	30 °

На рис. 47 представлены предпочтительные варианты обозначения наружной и внутренней конических поверхностей с учётом технологии их изготовления, а на рис. 48 варианты простановки дополнительных размеров, как справочных.

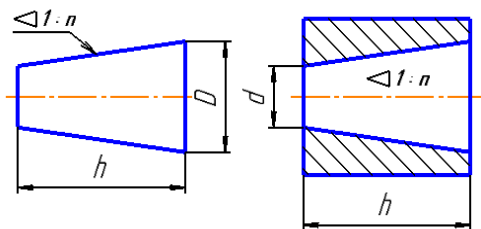
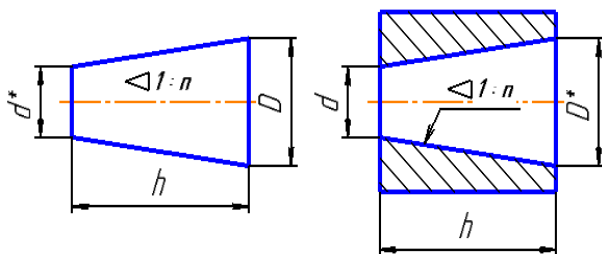


Рис.47



\* Размеры для справок

Рис. 48

### Темы для самостоятельного изучения:

1. ГОСТ 2.3072011. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

## 4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ [2]

Рассматриваемые задачи выполняются только с помощью циркуля и линейки без делений

### 4.1 Деление на равные части отрезка и угла

#### 4.1.1 Деление отрезка (AB) на две равные части

Из концов данного отрезка  $AB$ , как из центров, проведем дуги радиусом  $R$ , большим, чем половина отрезка  $AB$  (рис. 49) до взаимного пересечения в точках  $M$  и  $N$ . Соединяя точки пересечения дуг – получим перпендикуляр  $MN$  к данному отрезку, который в точке  $C$  делит его на равные части:  $AC=CB$ .

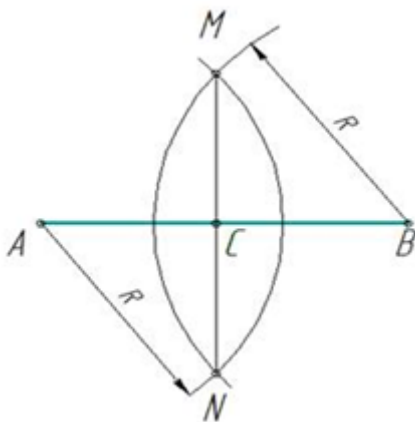


Рис. 49



### 4.1.2 Деление отрезка (АВ) на п равных частей

Из конца отрезка – точки А проводим вспомогательный луч под углом  $\approx 05-04$ . (рис. 50, а) На этом луче отложим 5 равных отрезков произвольной длины (рис. 50, б). Конец последнего, пятого отрезка – точку 5 соединим с точкой В. Далее из всех предыдущих точек 1...4 проведем прямые, параллельные отрезку В5 до пересечения с отрезком АВ в точках 1', 2', 3', 4'. Полученные, таким образом, точки разделят отрезок на пять равных частей (рис. 50, в).

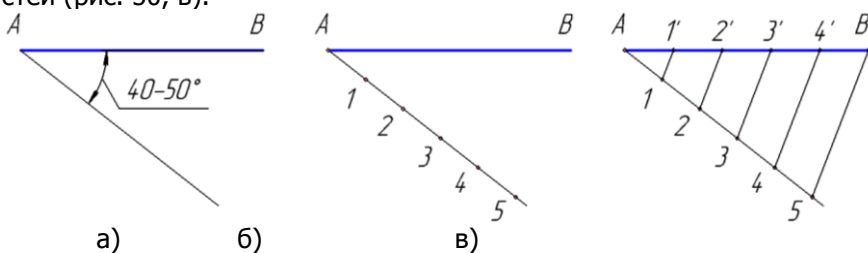


Рис. 50

### 4.1.3 Построение биссектрисы угла (BAC)

Из вершины угла А произвольным радиусом проводим дугу до пересечения со сторонами угла в точках В и С (рис. 51, а). Затем из точек В и С, как из центров, проводим две дуги радиусом, большим половины расстояния ВС, до их пересечения в точке D (рис. 51, б). Соединяя точки А и D прямой, получим биссектрису угла AD, которая делит заданный угол пополам (рис. 51, в).

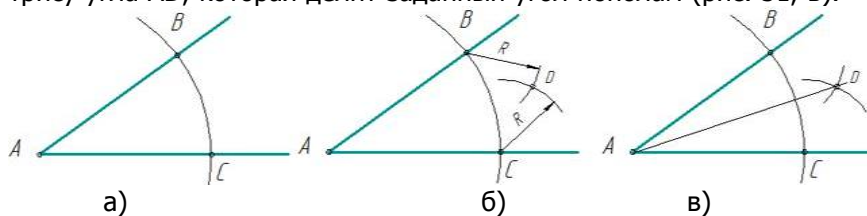


Рис. 51

## 4.2 Деление окружности на равные части и построение правильных многоугольников

### 4.2.1 Деление окружности на 3 равные части.

Из нижнего конца вертикального диаметра, например, точки А (рис. 52) проводим дугу радиусом R, равным радиусу задан-

ной окружности. Дуга, пересекаясь с окружностью, даёт две искоемых точки деления 1 и 2. Третью точку деления 3, находим на противоположном конце того же диаметра. Соединив точки 1, 2, 3 хордами, получаем правильный вписанный треугольник.

#### 4.2.2 Деление окружности на 6 и 12 равных частей

Из концов вертикального диаметра АВ как из центров, (рис.53), описываем две дуги радиусом окружности  $R$ . Пересекаясь с окружностью получаем точки 1, В, 2, 3, А, 4, которые делят окружность на шесть равных частей. Соединив их хордами, получают правильный вписанный шестиугольник (рис. 47).

Для деления окружности на 12 равных частей следует к полученным шести точкам добавить ещё шесть, выполняя аналогичные построения из концов горизонтального диаметра (рис. 54). Примечание: Вспомогательные дуги проводить полностью не следует, достаточно сделать засечки на окружности.

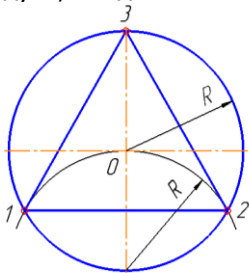


Рис. 52

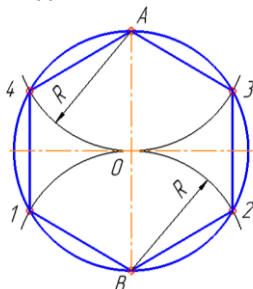


Рис. 53

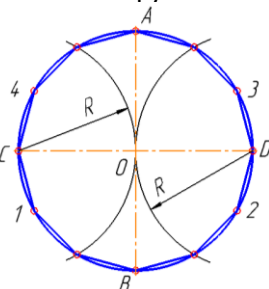


Рис. 54

#### 4.2.3 Деление окружности на 5 равных частей

1. Проводят два взаимно перпендикулярных диаметра АВ и CD (рис. 55). Радиус ОС в точке  $O_1$  делят пополам.

2. Из точки  $O_1$ , как из центра, проводят дугу радиусом  $O_1A$  до пересечения ее с диаметром CD в точке E.

3. Отрезок AE равен стороне правильного вписанного пятиугольника, а отрезок OE – стороне правильного вписанного десятиугольника.

4. Из точки А дугой радиуса  $R_1 = AE$  на окружности отмечают точки 1 и 4. Из точек 1 и 4, как из центров, дугами того же радиуса  $R_1$  отмечают точки 2 и 3. Точки А, 1, 2, 3, 4 делят окружность на пять равных частей. На листах задания «Геометрические построения» выполнить указанные в них действия, сверяясь с образцами (рис. 56, 57).

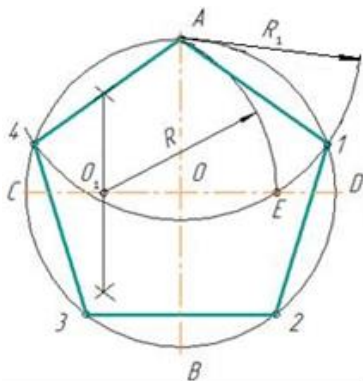


Рис. 55

**Темы для самостоятельного изучения:**

1. Построение из заданной точки перпендикуляра к заданной прямой.
2. Построение дуг и окружностей, заданного радиуса, по 2м и 3м точкам.
3. Построение конгруэнтных (равных) треугольников.

Перв. примен.	<p style="transform: rotate(180deg);">АВА11.011300.04</p> <p>деление отрезка АВ на две равные части</p>	<p>деление отрезка АВ на семь равных частей</p>																																																
Стор. №	<p>построение биссектрисы угла ABC</p>	<p>построение перпендикуляра из точки М к прямой а</p>																																																
Взнос инж. №	<p>деление окружности на равные части</p> <p>3 части                      6 и 12 частей                      5 частей</p>																																																	
Дата и дата	<p>АВА11.011300.04</p> <p><b>Геометрические построения</b></p>																																																	
Инж. №	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ док-м.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Иванов</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Технтр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Инж. №</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Учб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Разраб.		Иванов			Проб.					Технтр.					Инж. №					Учб.					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Масса</td> <td>Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Лист 1</td> <td>Листов 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">ДГТУ</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Кафедра ИиКТ</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Формат А4</td> </tr> </table>	Лит.	Масса	Масштаб			1:1	Лист 1	Листов 2		ДГТУ			Кафедра ИиКТ			Формат А4		
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата																																														
Разраб.		Иванов																																																
Проб.																																																		
Технтр.																																																		
Инж. №																																																		
Учб.																																																		
Лит.	Масса	Масштаб																																																
		1:1																																																
Лист 1	Листов 2																																																	
ДГТУ																																																		
Кафедра ИиКТ																																																		
Формат А4																																																		
	Копировал	Формат А4																																																

Рис. 56

АВА11.011300.04

приемы построения дуг и окружностей

построение по двум точкам и радиусу

построение по трем точкам

построить от точки  $A'$   $\triangle A'B'C'$   
конгруэнтный (равный)  $\triangle ABC$

построить касательную к окружности  
радиусом  $R$  из точки  $A$

Инв. № подл.	Лист и дата
Взам. инв. №	Инв. № подл.
Лист и дата	Лист и дата
Изм. Лист	№ докум.
	Лист
	Дата

АВА11.011300.04

Лист 2

Копирован

Формат А4

Рис. 57

### 4.3 Сопряжения

Сопряжение это плавный переход одной линии в другую. Обычно сопряжение выполняется дугой окружности, но иногда лекальной кривой (например, сопряжение железнодорожных рельсов на участке поворота – по гиперболе). Общую точку, в которой осуществляется плавный переход, называют точкой сопряжения или точкой перехода. Условие плавности перехода наличие в точке сопряжения общей касательной.

Для получения сопряжения дугой окружности необходимо выявить: центр сопряжения  $O_c$ , радиус сопряжения  $R_c$  и точки сопряжения  $A, B$ . Обычно задаётся радиус сопряжения или точка сопряжения. Остальные элементы сопряжения находятся построением.

При заданном радиусе сопряжения  $R_c$  следует: 1) найти центр сопряжения  $O_c$ ; 2) найти точки сопряжения  $A, B$ ; 3) построить дугу сопряжения радиусом  $R_c$ .

Указание: На чертеже линии сопряжения обвести толстыми сплошными основными линиями. Линии вспомогательных построений оставить тонкими.

### 4.3.1 Сопряжение заданным радиусом $R_c$ двух прямых $m$ и $n$ (два случая)

◆ Прямые  $m$  и  $n$  располагаются под прямым углом (рис. 58, а). Из точки пересечения прямых, как из центра, строим дугу радиусом  $R_c$ , которая пересекает заданные прямые в точках  $A$  и  $B$ , являющихся точками сопряжения. Из этих точек, как из центров, строим две дуги радиусом  $R_c$  до их взаимного пересечения в точке  $O_c$  – центре сопряжения (рис. 58, б). Из центра  $O_c$  строим дугу радиусом  $R_c$ , которая пройдёт через точки сопряжения  $A$  и  $B$  (рис. 58, в). Участки исходных прямых в зоне сопряжения выполняем тонкими линиями или удаляем (рис. 58, г).

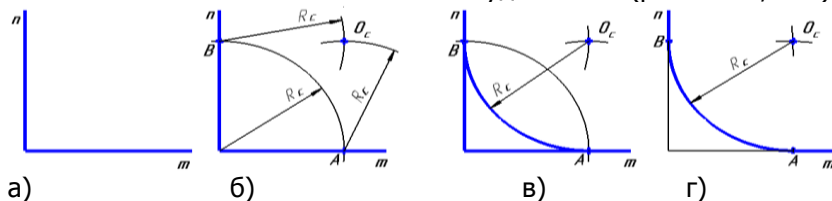


Рис. 58

◆ Прямые  $m$  и  $n$  располагаются под углом, отличным от прямого (рис. 59, а). В произвольной точке заданной прямой  $m$  строим перпендикуляр, откладываем от его основания отрезок равный

радиусу  $R_c$  и через полученную точку проводим вспомогательную прямую, параллельную заданной прямой (рис. 59, б). Аналогичное построение делаем на другой заданной прямой  $n$ . Вспомогательные прямые, пересекаясь, дают центр сопряжения  $O_c$ . Опуская из точки  $O_c$  перпендикуляры на прямые  $m$  и  $n$ , получим точки сопряжения  $A, B$  (рис. 59, в). Из центра  $O_c$  строим дугу радиусом  $R_c$ , которая пройдёт через точки сопряжения  $A$  и  $B$ . Участки исходных прямых в зоне сопряжения выполняем тонкими линиями или удаляем (рис. 59, г).

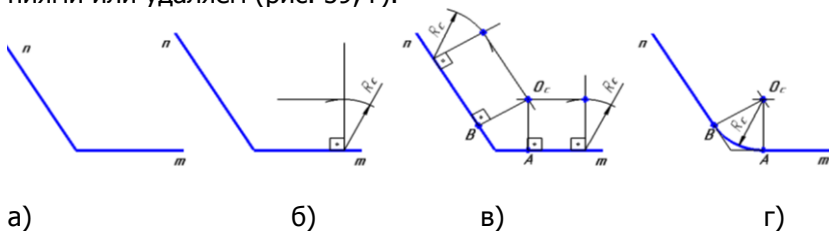


Рис. 59

### 4.3.2 Сопряжение заданным радиусом $R_c$ двух окружностей

#### ◆ Внешнее касание

1. Радиус каждой окружности (рис. 60, а) увеличиваем на величину радиуса сопряжения  $R_c$  и, проведя вспомогательные дуги радиусами  $R_3 = R_1 + R_c$  и  $R_4 = R_2 + R_c$  до взаимного пересечения, получим центр сопряжения  $O_c$  (рис. 60, б).

2. Соединяя центры  $O_1$  и  $O_c$ , а так же  $O_c$  и  $O_2$ , находим точки сопряжения  $A$  и  $B$ .

3. Из центра  $O_c$  радиусом сопряжения  $R_c$  проводим дугу между точками  $A$  и  $B$ .

Примечание: Задача не имеет решения, если расстояние  $O_1O_2$  будет больше суммы радиусов  $R_1 + R_2 + 2R_c$ .

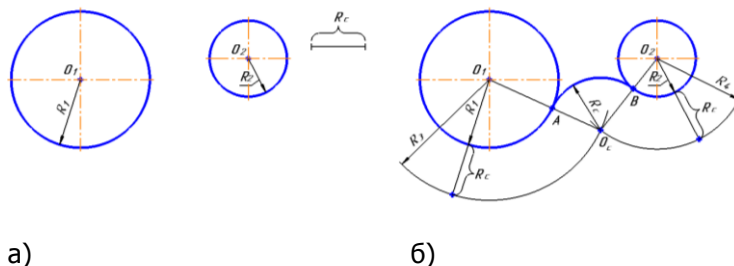


Рис. 60

#### ◆ Внутреннее касание

1. Радиус сопряжения  $R_c$  (рис. 61, б) уменьшаем на величину радиуса каждой заданной окружности и, проведя вспомогательные дуги радиусами  $R_3 = R_c - R_1$  и  $R_4 = R_c - R_2$  до взаимного пересечения – получим центр сопряжения  $O_c$  (рис. 61, в).

2. Соединяя центр  $O_c$  с центрами окружностей  $O_1$  и  $O_2$  и, продолжая прямую до пересечения с дальними точками окружностей, находим точки сопряжения А и В.

3. Из центра  $O_c$  радиусом сопряжения  $R_c$  проводим дугу между точками А и В. Примечание: Задача не имеет решения, если  $R_1 + R_2 > R_c$ .

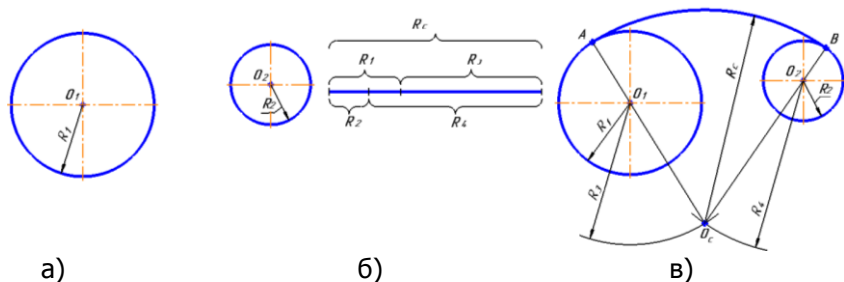


Рис. 61

На листе задания «Сопряжения» выполнить указанные действия, сверяясь с образцом (рис. 62).

### Темы для самостоятельного изучения:

1. Алгоритм построения сопряжения.
2. Сопряжение прямой и окружности (внутреннее и внешнее касания).
3. Сопряжение двух окружностей (смешанное касание).



*АВА11.011300.05*

Левый притык

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

*Построение сопряжения двух прямых при заданном радиусе*

*Внутреннее сопряжение двух окружностей при заданном радиусе*

*Внешнее сопряжение двух окружностей при заданном радиусе*

*Смешанное сопряжение двух окружностей при заданном радиусе*

*Построение эллипса по заданным осям АВ и CD*

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

*АВА11.011300.05*

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.	Иванов			
Прораб.	Петров			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

*Сопряжения*

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

ДГТУ  
Кафедра И КГ

*Копировал*

*Формат А4*

Рис. 62

### 4.4 Лекальные кривые

41

Лекальными называют плоские кривые с переменной кривизной. Они выражают функциональные зависимости; строятся по точкам (с помощью линейки и циркуля), которые затем плавно соединяются по лекалу. На листах задания «Лекальные кривые» выполнить по указанию преподавателя две лекальные кривые (см. рис. 72).

5

#### 4.4.1 Спираль Архимеда

Это траектория точки, одновременно совершающей два равномерных движения: поступательное по радиусу и вращательное вокруг центра. Так, например, по спирали Архимеда выполнены звуковые дорожки в патефонных пластинках.

Алгоритм построения (рис. 63):

1. Делим радиус и окружность на одинаковое число равных частей (например, 8).
2. Проводим лучи из центра через точки деления окружности.

3. На первом луче откладываем одно деление радиуса.

4. На втором луче откладываем два деления радиуса и т.

д.

5. Построенные точки плавно соединяем по лекалу толстой основной линией.

#### 4.4.2 Эллипс (рис. 64)

Представляет собой замкнутую плоскую кривую второго порядка. Его можно рассматривать, как деформированную вдоль одного из диаметров окружность. Эллипс характеризуется большой и малой осью. Для каждой точки эллипса сумма расстояний до двух других точек, называемых фокусами, есть величина постоянная, равная большей оси эллипса.

Небесные тела солнечной системы перемещаются по эллиптическим орбитам в одном из фокусов которых находится Солнце. При этом орбиты планет почти круговые, а комет – сильно вытянутые эллипсы.

Построить эллипс можно разными способами. Если на доске воткнуть две булавки, принимая их за фокусы, накинуть на них нитку с соединёнными концами и, карандашом с натяжением нити совершать вокруг булавок круговые движения, то получим эллипс. Чем меньше расстояние между фокусами, тем более эллипс приближается к окружности.

Построение эллипса по его большой АВ и малой CD осям на

рис. 65. На осях эллипса как на диаметрах строят две окружности, которые делятся радиусами на несколько частей (например, на 12). Через точки деления большей окружности проводят вспомогательные прямые, параллельные малой оси эллипса, а через точки деления малой окружности прямые, параллельные большой оси эллипса. Точки пересечения этих вспомогательных прямых и являются точками эллипса. Для получения фокусов эллипса из конца его малой оси, как из центра, проводим дугу, радиусом равным большой полуоси до пересечения с большой осью эллипса (см. рис. 64).

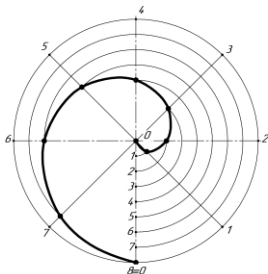


Рис. 63

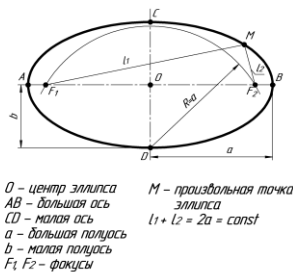


Рис. 64

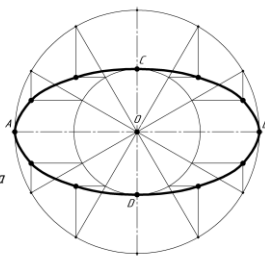


Рис. 65

### 4.4.3 Эвольвента окружности

Это траектория движения точки прямой, перекачывающейся без скольжения по окружности (рис. 66).

Перемещая кривую перпендикулярно её плоскости, получим эвольвентную поверхность, которая является рабочей поверхностью, например, в одноимённом зубчатом зацеплении (рис. 67).

Алгоритм построения (см. рис. 66):

1. Делим окружность на произвольное число равных частей.
2. Проводим касательные к окружности в точках деления. Направляем их в одну сторону.

3. На касательной, проведенной через последнюю точку деления, откладываем отрезок, равный длине окружности ( $2\pi R$ ).

4.

Делим этот отрезок на то же число равных частей, что и окружность.

5. На первой касательной откладываем одно деление отрезка.

6. На второй касательной откладываем два деления отрезка.

7. На третьей касательной откладываем три деления отрезка и т. д.

Получаем точки I, II, III и т.д. Соединяем эти точки по лекалу – имеем эвольвенту.

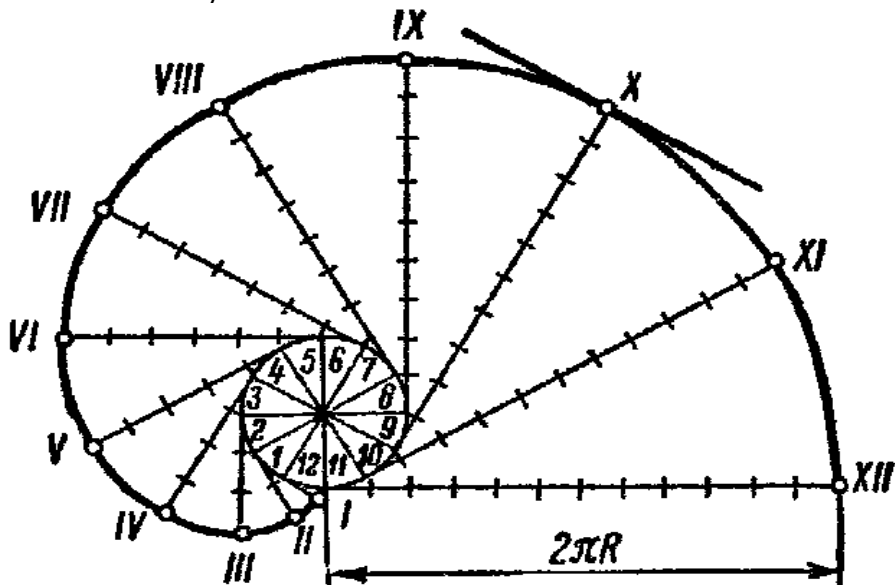


Рис. 66

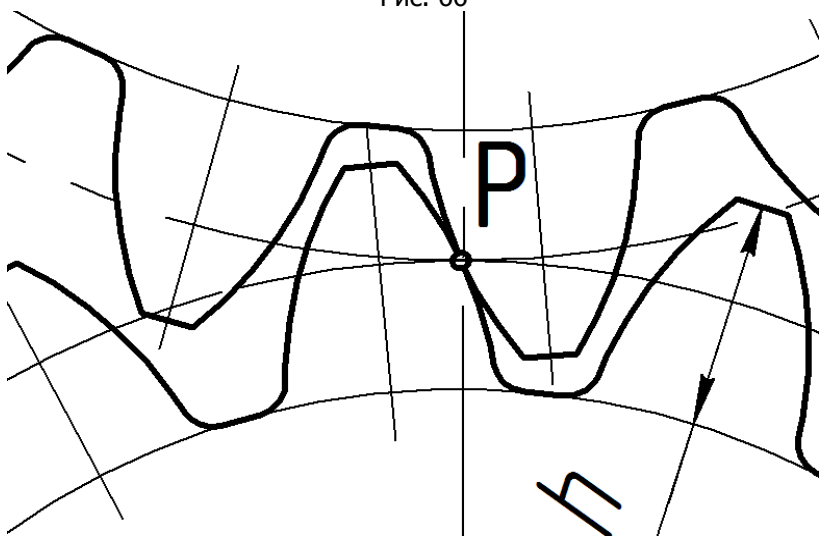


Рис. 67

#### 4.4.4 Парабола

Разомкнутая кривая с осью симметрии, все точки которой равно удалены от одной точки – фокуса и от прямой, перпендикулярной оси параболы – директрисы; то есть  $FM=MN$  (рис. 68). Если вращать параболу вокруг оси, то образуется параболическая поверхность. Придавая этой поверхности зеркальные свойства и помещая точечный источник света в фокус, – получим прожектор, так как все лучи отражённые от параболического зеркала собираются в параллельный пучок света (см. рис. 68).

Рассмотрим пример построения одной ветви параболы по ее вершине  $O$  и какойлибо точке  $B$  (рис. 69). С этой целью строят прямоугольник  $OABC$  с размерами  $l * l$  и делят его стороны на равное количество частей (например, 8), из точек деления проводят лучи, вначале наклонные, затем горизонтальные. В пересечении одноименных лучей получают точки принадлежащие параболе.

Для определения фокуса параболы в произвольной точке  $M$  строят касательную и из точки пересечения её со стороной прямоугольника  $OA$  восстанавливают к касательной перпендикуляр и продолжают его до пересечения с осью параболы в точке  $F$ .

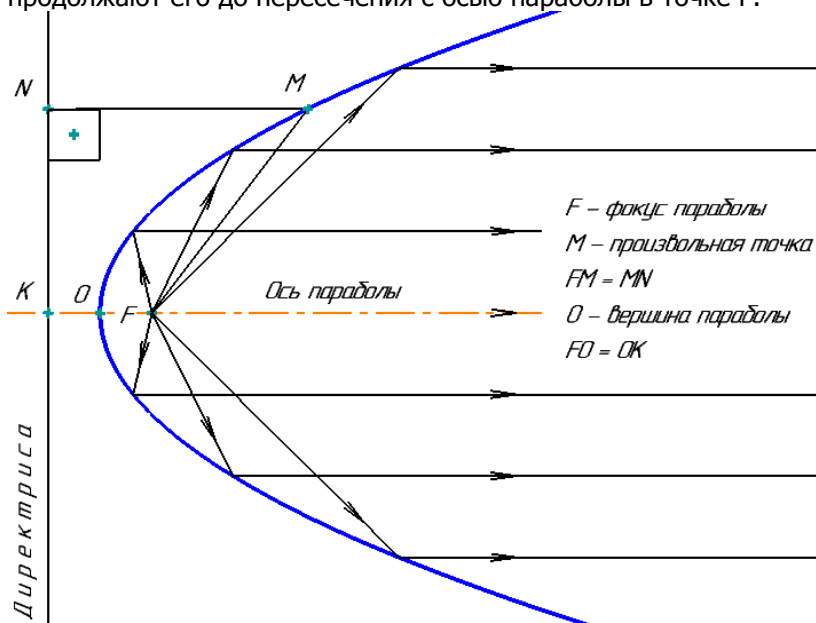


Рис. 68

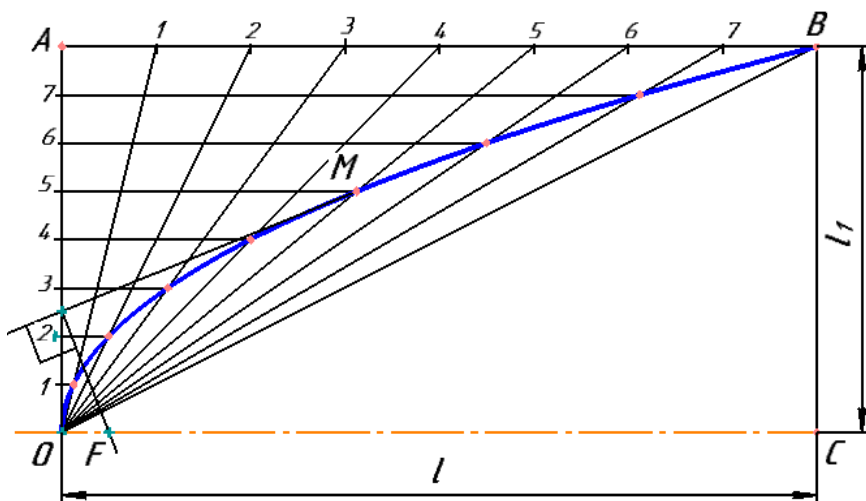


Рис. 69

#### 4.4.5 Синусоида

Плоская кривая, изображающая изменение синуса в зависимости от изменения его угла (рис. 70). Синусоиду можно также рассматривать как траекторию сложного движения точки, совершающей два движения: поступательное и, перпендикулярно ему, колебательное движение. Для построения синусоиды делим окружность на равные части и на такое же количество равных частей делим отрезок прямой  $AB = 2 \cdot R$ . Из одноименных точек деления проводим взаимно перпендикулярные линии, в пересечении которых получаем точки, принадлежащие синусоиде, которые соединяем плавной кривой.

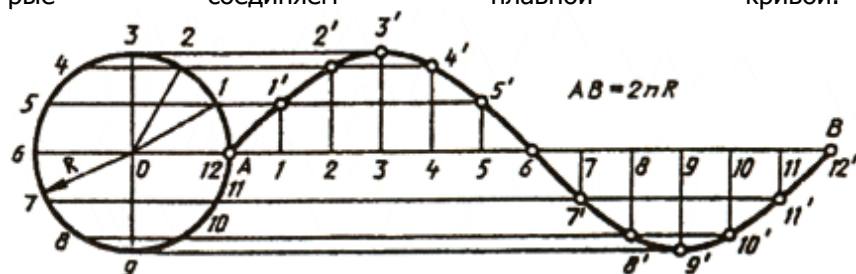


Рис. 70

#### 4.4.6 Циклоида

Траектория точки A, принадлежащей окружности, катящейся без скольжения по прямой (рис. 71). Практически получить циклоиду можно, если, сфотографировать ночью движение вело-

сипеда с зажжённой на ободке колеса лампочкой.

Алгоритм построения одного цикла кривой:

1. От исходного положения точки  $A$  на направляющей прямой линии откладываем отрезок  $AA_1$ , равный длине данной окружности  $2\pi R$ .

2. Делим окружность на произвольное число равных частей.

3. Делим отрезок  $AA_1$  на такое же число равных частей.

4. Проводим из центра окружности прямую линию параллельно  $AA_1$ .

5. Восставим перпендикуляры из точек деления отрезка  $AA_1$  до пересечения с линией, проведенной через центр окружности и обозначим их как:  $O_1, O_2, O_3, \dots, O_8$ .

Это точки ряда последовательных положений центра катящейся окружности.

6. Описываем из этих центров дуги радиусом  $R$ .

7. Проводим из точек деления окружности прямые параллельные  $AA_1$  до пересечения с дугами, центры которых имеет такой же порядковый индекс – получим ряд точек циклоиды. Так, пересечение дуги, проведенной из центра  $O_1$ , с горизонтальной линией, проведенной из точки деления окружности 1 даст первую, (после  $A$ ) точку циклоиды.

8. Пересечение дуги, проведенной из точки  $O_2$ , с горизонтальной линией, проведенной из точки деления окружности 2 даст другую точку циклоиды и т. д.

9. Плавно соединяем полученные точки – имеем один из циклов циклоиды.

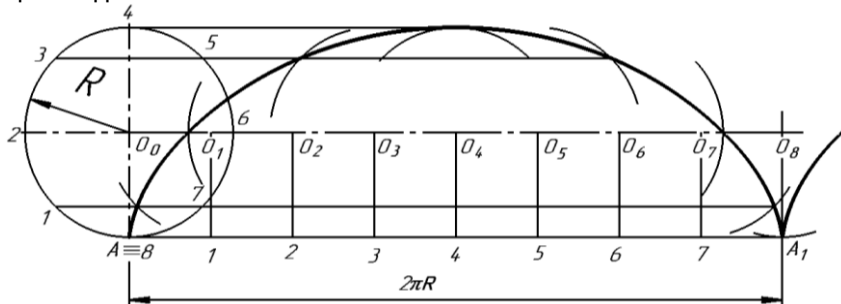


Рис. 71

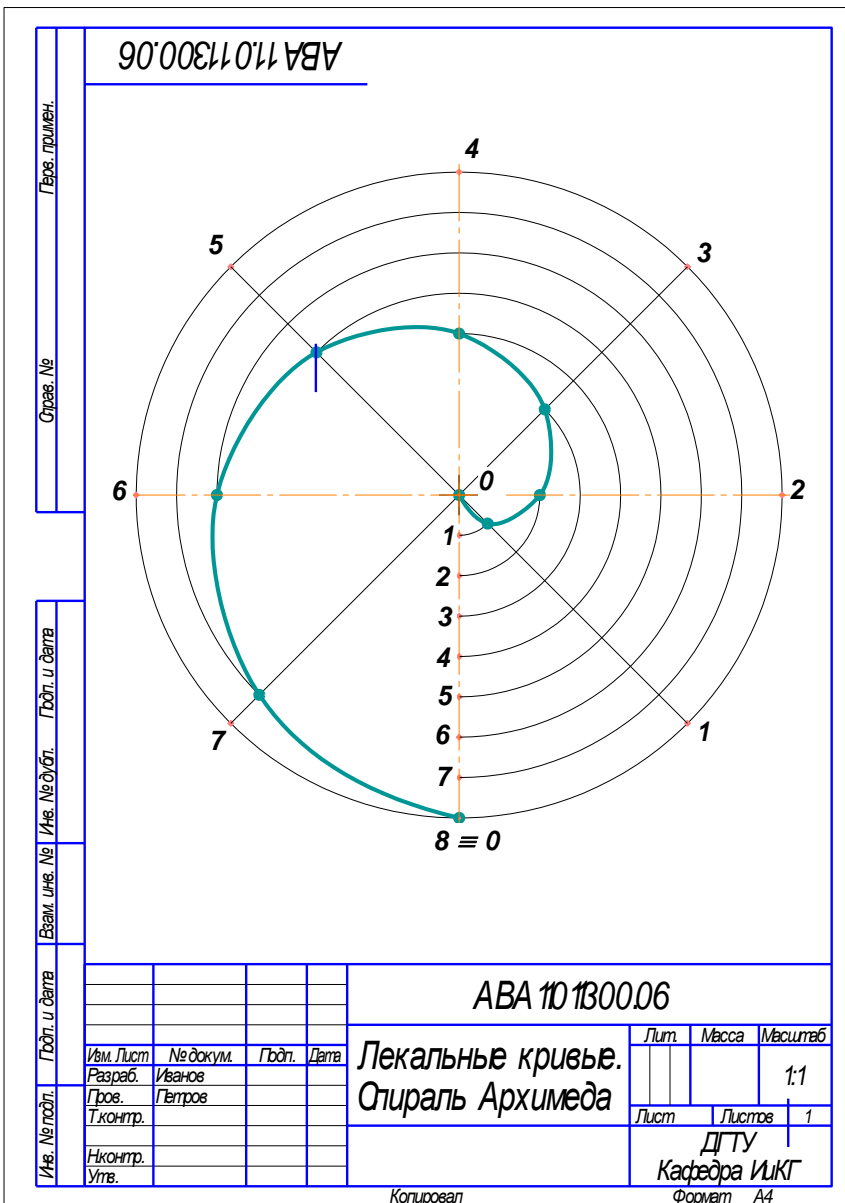


Рис. 72

## 5. МЕТОД ПРОЕЦИРОВАНИЯ [3]

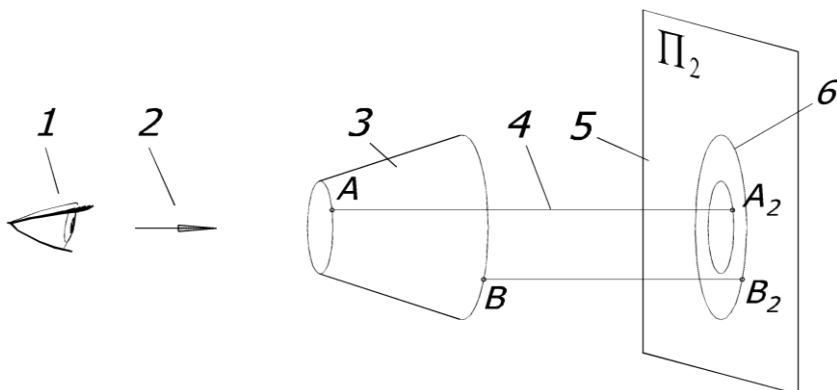


## 5.1 Основные положения

Геометрические свойства предметов – форма, размеры, взаимное расположение – играют большую роль в познании окружающего мира и широко используются в производстве различных изделий. Для передачи геометрической и иной технической информации между различными специалистами человечество издавна использовало графические изображения – чертежи. Получение изображений на них осуществляется методом проецирования (от латинского projection – бросание вперёд). Теоретические основы проецирования излагаются в дисциплине «Начертательная геометрия», которая изучает пространственные объекты и способы изображения их на плоскости.

Сущность проецирования заключается в том, что наблюдатель задаёт направление взгляда (проецирования) на предмет и отображает его (бросает вперёд) на плоскость проекций, расположенную за предметом. При этом устанавливается взаимосвязь точек пространственного предмета с точками его изображения на плоскости посредством проецирующих лучей. Предметы и плоскости проекций могут быть реальными или воображаемыми. Проецирующие лучи – это воображаемые прямые, совпадающие с направлением проецирования и составляющие с плоскостью проекций острый, или прямой углы. Соответственно метод проецирования будет косоугольным или прямоугольным. Метод прямоугольного или ортогонального проецирования является основным в техническом черчении. На чертеже, при необходимости, проецирующие лучи изображаются тонкими прямыми линиями. Проекция – это изображение предмета на плоскости (чертеже), полученное методом проецирования.

Построение изображения на плоскости проекций показано на рис. 73. Изображаемый объект – 3 (усечённый конус) располагают между наблюдателем – 1 и плоскостью проекций – 5. Задают направление проецирования – 2 и через точки объекта мысленно проводят проецирующие прямые или лучи – 4 до пересечения с плоскостью проекций. Точки пересечения проецирующих лучей с этой плоскостью называются проекциями точек. Совокупность таких точек образует проекцию данного объекта – 6. А, В точки объекта; А<sub>2</sub>, В<sub>2</sub> проекции точек А и В на плоскости проекций П<sub>2</sub>.



К чертежу предъявляются определённые требования. Чертёж должен быть:

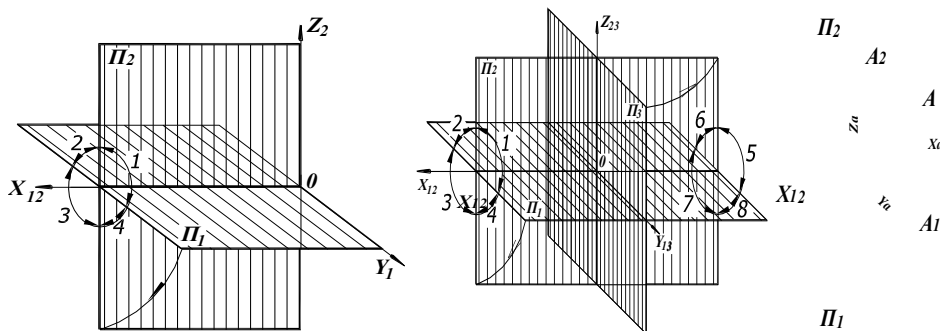
1. Обратимым полностью определять форму и размеры изображаемого предмета;
2. Наглядным вызывать пространственное представление о предмете;
3. Простым и точным в исполнении.

Чертёж, состоящий из одной проекции объекта, не является обратимым, так как отражает только два измерения предмета из трёх. Этот недостаток можно устранить, если проецировать объект на несколько, связанных между собой, плоскостей проекций.

Две взаимноперпендикулярные плоскости проекций  $\Pi_1$  - горизонтальная и  $\Pi_2$  - фронтальная делят пространство на четыре части, называемые квадрантами (рис. 74, а). Три взаимноперпендикулярные плоскости проекций (добавлена  $\Pi_3$  - профильная) делят пространство на восемь частей - октантов (рис. 74, б).

Изображение предмета полученное методом прямоугольного проецирования на две или более плоскости проекций называется комплексным чертежом.

Для точного задания точки в пространстве введена система координат  $OXYZ$  (рис. 74). Положение точки, например,  $A(X,Y,Z)$  характеризуется тремя координатами  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , которые получили следующие наименования:  $X$  - широта (абсцисса),  $Y$  - глубина (ордината),  $Z$  - высота (аппликата).



а) квадранты

б) октанты

Рис. 74

## 5.2 Образование комплексного чертежа

Изображаемый объект, например, точку  $A$ , помещают в систему плоскостей проекций (обычно в 1й квадрант, рис. 75 или 1й октант, рис. 76) и ортогонально проецируют на каждую плоскость проекций по направлениям:  $s$   $\Pi_1$ ;  $t$   $\Pi_2$ ;  $r$   $\Pi_3$ . Рекомендуются также изображать рядом с проекциями объекта проекции направлений проецирования  $t$ ,  $s$ ,  $r$ , (с соответствующими индексами), которые отражают позицию наблюдателя на комплексном чертеже и улучшают его читаемость. Далее объект удаляют из системы плоскостей проекций, а горизонтальную  $\cdot \Pi_1$ , или горизонтальную  $\cdot \Pi_1$  и профильную  $\Pi_3$  совмещают с фронтальной  $\cdot \Pi_2$  плоскостью проекций. Все проекции объекта располагаются в одной плоскости ( $\Pi_2$ ) в проекционной связи, образуя двух или трёх картинный комплексный чертёж.

## 5.3 Некоторые свойства ортогонального проецирования (рис. 75, 76):

1. Фронтальная и горизонтальная проекции точки всегда располагаются на одной вертикальной линии связи ( $A_1 A_2 \cdot OX$ ).
2. Фронтальная и профильная проекции точки всегда располагаются на одной горизонтальной линии связи ( $A_2 A_3 \cdot OZ$ ).
3. Горизонтальная и профильная проекции точки находятся на одинаковом удалении от фронтальной плоскости проекций  $\Pi_2$ .. То есть  $AX A_1 = AZ A_3 = YA$ .

По горизонтальной и фронтальной проекциям точки всегда можно построить ее профильную проекцию. Для этого на фронтальной проекции по горизонтальной линии связи от оси  $OZ$  от-

кладывается отрезок  $AZ$   $AZ = AX$   $A1 = YA$ . Можно также строить профильную проекцию с помощью постоянной чертежа (биссектрисой прямого угла) (рис. 76).

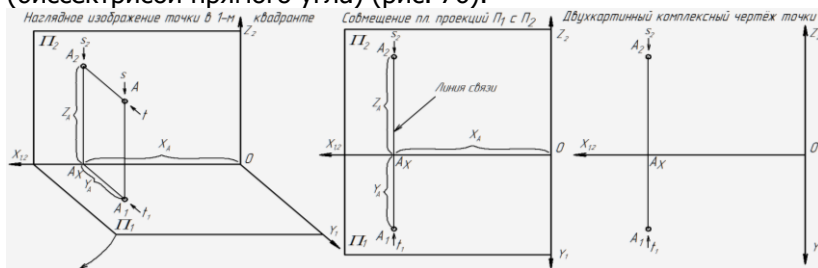


Рис. 75

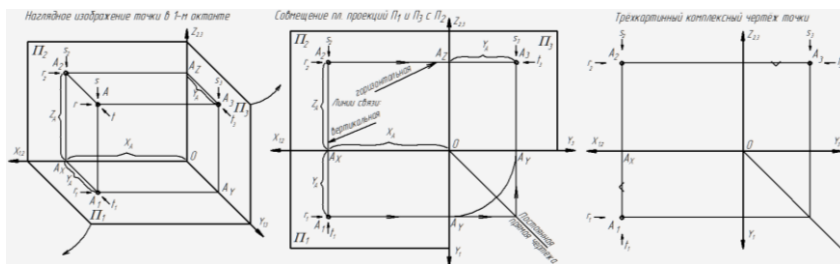
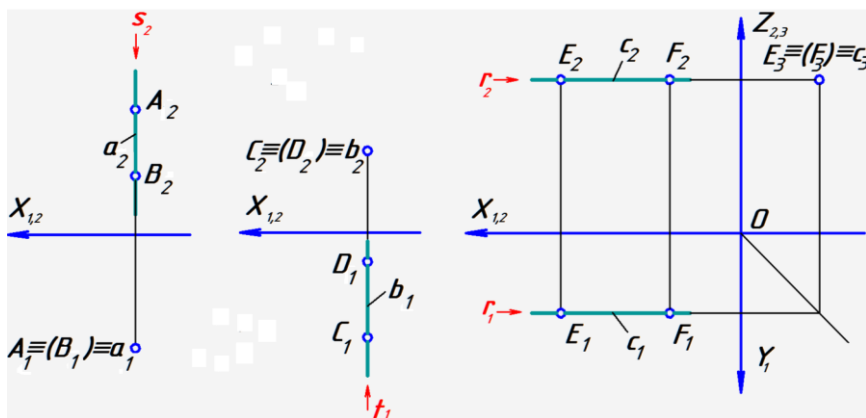


Рис. 76

### 5.4 Конкурирующие точки

Это точки, лежащие на одном проецирующем луче (рис. 77). Проекции этих точек совпадают на одной из плоскостей проекций (конкурируют по видимости). Различают горизонтально (A,B), фронтально (C,D) и профильно (E,F) конкурирующие точки (рис. 68). Видимость совпадающих проекций конкурирующих точек определяют по их разнесённым (несовпадающим) проекциям. За видимую проекцию точки принимается та, которая располагается ближе к проекции взгляда наблюдателя.



Точки:

$A, B$  - горизонтально конкурирующие точки  
 $C, D$  - фронтально конкурирующие точки  
 $E, F$  - профильно конкурирующие точки

Рис. 77

## 5.5 Базовые плоскости (рис. 78)

Это три прозрачные плоскости уровня  $\Pi \parallel \Sigma_1$ ,  $\Pi \parallel \Delta_2$ ,  $\Pi \parallel \Gamma_3$ , связанные с объектом или расположенные рядом с ним, и являющиеся базой для отсчёта размеров объекта при его построении (рис. 79, а). На комплексном чертеже каждая базовая плоскость изображается в виде двух базовых прямых  ${}_3\Sigma$ ,  ${}_2\Sigma$  или  ${}_3\Delta$ ,  ${}_1\Delta$  или  ${}_2\Gamma$ ,  ${}_1\Gamma$ , от которых удобно откладывать размеры соответственно по высоте ( $h$ ), ширине ( $b$ ) и длине ( $l$ ) объекта. В отличие от системы координат каждую базовую плоскость можно использовать в отдельности для построения профильных и дополнительных проекций объекта, сечений и видов. Так, например, применение базовой плоскости  ${}_3\Delta$ ,  ${}_1\Delta$  ( $\Delta$  обеспечивает более точное построение профильной проекции (рис. 79, б), чем постоянная прямая чертежа.

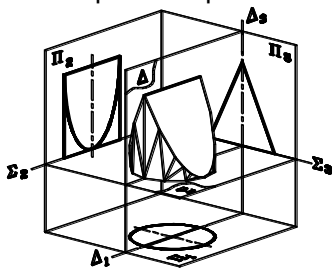


Рис.78

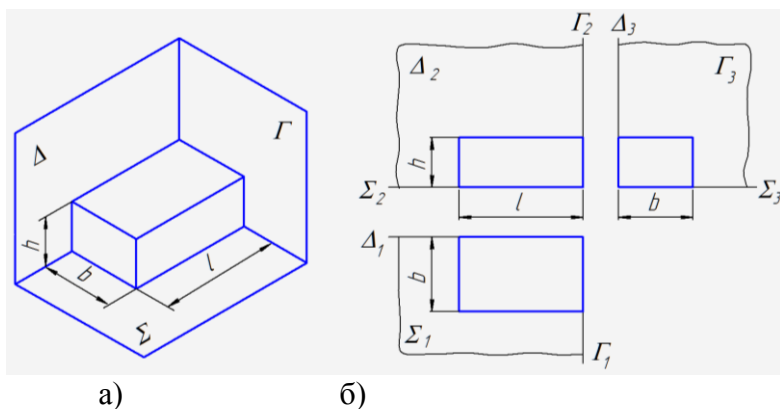


Рис. 79

## 6. ПРОЕКЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ТЕЛ [3]

### 6.1 Многогранники

Многогранником называется тело, ограниченное со всех сторон плоскостями. Элементы многогранника: грани, рёбра, вершины. Совокупность всех рёбер многогранника называется его сеткой. Многогранник называется выпуклым, если весь он лежит по одну сторону от плоскости любой его грани; при этом его грани являются выпуклыми многоугольниками. Для выпуклых многогранников Леонардом Эйлером предложена формула:  $\Gamma + \text{BP} = 2$ , где  $\Gamma$  – число граней;  $\text{B}$  – число вершин;  $\text{P}$  – число рёбер.

Среди множества выпуклых многогранников наибольший интерес представляют правильные многогранники (тела Платона), призмы и пирамиды. Многогранник называется правильным, если все его грани являются равными правильными многоугольниками. К ним относятся (рис. 80): а тетраэдр; б гексаэдр (куб); в октаэдр; г додекаэдр; д – икосаэдр (табл. 3).

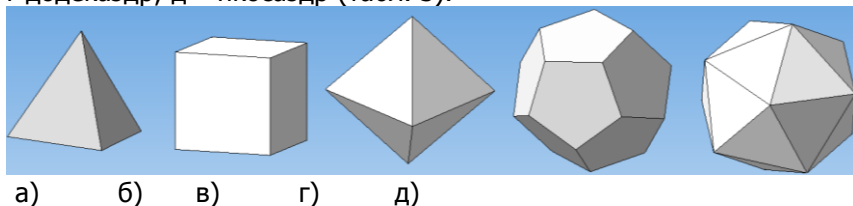


Рис. 80

Параметры правильных многогранников (Табл. 3)

Правильный многогранник (тело Платона)	Число				Угол между смежными рёбрами, град.	Число рёбер у каждой вершины
	граней	вершин	рёбер	сторон у каждой грани		
Тетраэдр	4	4	6	3	60	3
Гексаэдр (куб)	6	8	12	4	90	3
Октаэдр	8	6	12	3	60	4
Додекаэдр	12	20	30	5	72	3
Икосаэдр	20	12	30	3	60	5

### 6.1.1 Призма

Это выпуклый многогранник, боковые рёбра которого параллельны между собой. Нижняя и верхняя грани — равные многоугольники, определяющие количество боковых рёбер, называются основаниями призмы. Призма называется правильной, если в основании правильный многоугольник, и прямой, если боковые рёбра перпендикулярны к основанию. В противном случае призма наклонная. Боковые грани прямой призмы прямоугольники, а наклонной — параллелограммы. Боковая поверхность прямой призмы относится к проецирующим объектам и вырождается в многоугольник на перпендикулярную боковым рёбрам плоскость проекций. Проекции точек и линий, расположенных на боковой поверхности призмы, совпадают с её вырожденной проекцией.

Пример 1 (рис. 81): Построить комплексный чертёж прямой призмы с размерами:  $l$  — сторона основания (длина призмы);  $b$  — высота равнобедренного треугольника основания (ширина призмы);  $h$  — высота призмы. На гранях  $ABB'A'$  и  $ACC'A'$  задать фронтальные проекции точки  $M$  и прямой  $n$  и построить их недостающие проекции.

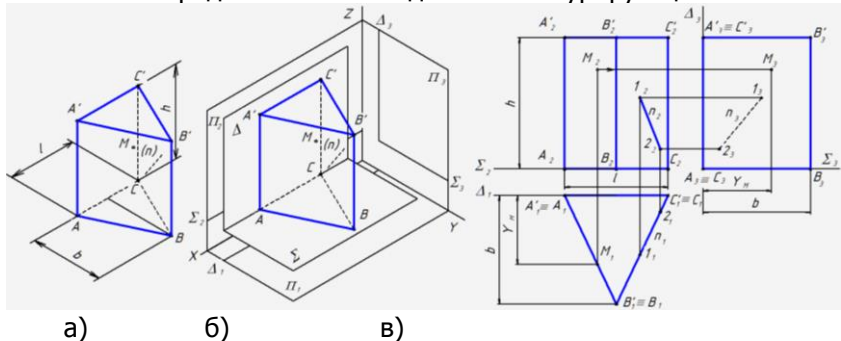
1. Мысленно располагаем многогранник в системе плоскостей проекций так, чтобы его основание  $\Delta ABC \parallel \Pi_1$ ; а ребро  $AC \parallel \Pi_3$  (рис. 81, а).

2. Вводим базовые плоскости:  $\Sigma \parallel \Pi_1$  и совпадающую с основанием ( $\Delta ABC$ );  $\Delta \parallel \Pi_2$  и совпадающую с задней гранью  $ACC'A'$ . Строим базовые линии  $\Sigma_2, \Sigma_3, \Delta_1, \Delta_3$  (рис. 81, б).

3. Строим горизонтальную, затем фронтальную и, наконец,

профильную проекции призмы, используя базовые линии  $\square\Delta_1, \Delta_3$  (рис. 81, в).

4. Построение горизонтальных проекций точек, лежащих на боковых гранях призмы, выполняем с использованием собирательного свойства проецирующего объекта: все проекции точек и линий, расположенных на боковой поверхности призмы, совпадают с её вырожденной (горизонтальной) проекцией. Профильные проекции точек (например, М) строим откладывая по горизонтальным линиям связи их глубины (УМ) от  $\cdot\cdot$ , которые измеряются на горизонтальной проекции от  $\cdot\cdot$ . На прямой n задаём точки 1, 2 и строим эти точки на поверхности призмы, аналогично точке М. Видимость накладывающихся или совпадающих проекций элементов определяем методом конкурирующих точек.



а) б) в)

Рис. 81

### 6.1.2 Пирамида

Это многогранник, одной из граней которого является многоугольник (основание пирамиды), определяющий число боковых граней, а остальные грани (боковые) — треугольники с общей вершиной, называемой вершиной пирамиды. Отрезки, соединяющие вершину пирамиды с вершинами основания, называются боковыми рёбрами. Перпендикуляр, опущенный из вершины пирамиды на плоскость её основания, называется высотой пирамиды. Пирамида правильная, если в основании правильный многоугольник и прямая, если вершина проецируется в центр тяжести основания. Боковые рёбра правильной пирамиды равны, а боковые грани являются равнобедренными треугольниками. Высота боковой грани правильной пирамиды называется апофемой. Если вершина пирамиды проецируется не в центр тяжести основания, то пирамида наклонная.

Пример 2 (рис. 82): Построить комплексный чертёж прямой правильной пирамиды с размерами: l сторона основания



(длина);  $b$  высота треугольника основания (ширина);  $h$  высота пирамиды. Задать фронтальную и горизонтальные проекции точек  $M$  и  $N$  принадлежащих соответственно граням  $ASB$  и  $ASC$  и построить их недостающие проекции.

1. Мысленно располагаем многогранник в системе плоскостей проекций так, чтобы его основание  $\Delta \square ABC \parallel \Pi_1$ ; а ребро  $AC \parallel \Pi_3$  (рис. 83).

2. Вводим базовые плоскости  $\Sigma \parallel \Pi_1$  и совпадающую с основанием ( $\Delta \square ABC$ );  $\Delta \parallel \Pi_2$  и совпадающую с ребром  $AC$ . Строим базовые линии  $\Sigma_2, \Sigma_3, \Delta_1, \Delta_3$  (см. рис. 83).

3. Строим горизонтальную, фронтальную и, затем, профильную проекции пирамиды.

4. Построение недостающих проекций точек, лежащих на гранях пирамиды, выполняем с использованием признака «принадлежности точек плоскости». В качестве вспомогательных прямых используем горизонтали или произвольные прямые. Профильные проекции точек строим, откладывая по горизонтальным линиям связи глубины точек (в направлении оси  $Y$ ), которые измеряются на горизонтальной проекции (рис. 84).

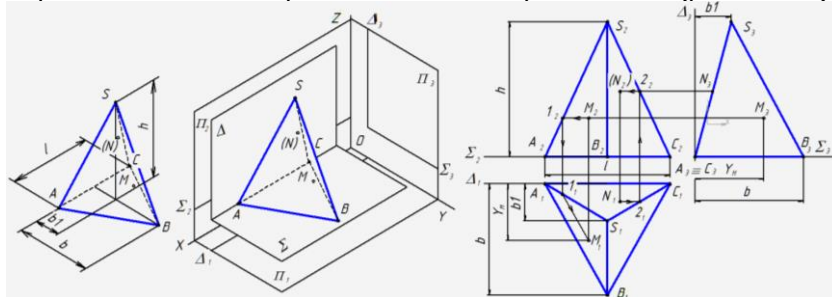


Рис. 82

Рис. 83

Рис. 84

1. На листах задания «Геометрические тела. Построение точек» построить профильные проекции геометрических тел.
2. Построить на комплексном чертеже недостающие проекции точек, принадлежащих поверхностям геометрических тел.
3. Построить на аксонометрических чертежах точки, указанные на комплексных чертежах геометрических тел.

Оформить работы по образцам на рис. 85, 90.

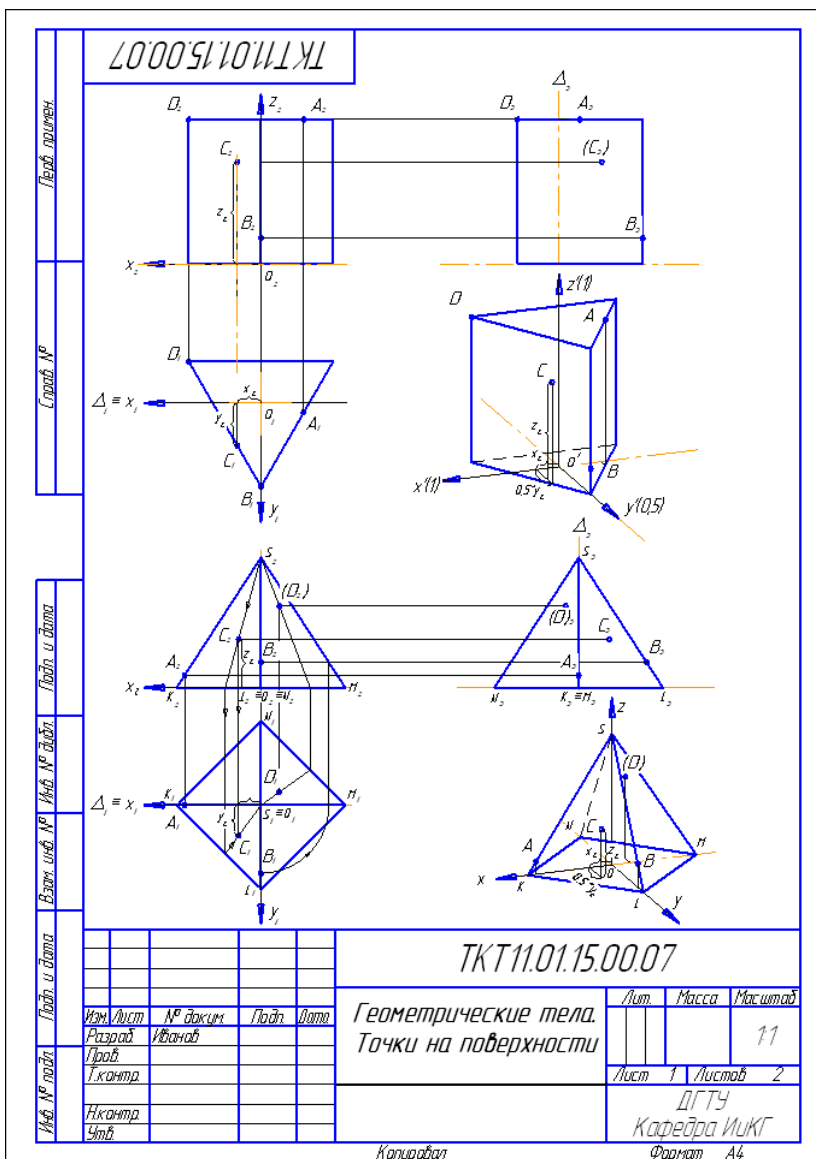


Рис. 85

## 6.2 Тела вращения

### 6.2.1 Цилиндр вращения

Он образуется вращением прямоугольника вокруг одной из сторон. На комплексном чертеже (рис. 86) представлен ци-

цилиндр, ось которого перпендикулярна пл.  $\Pi_1$ . Боковая поверхность цилиндра занимает проецирующее положение и вырождается на пл.  $\Pi_1$  в окружность. В соответствии с собирательным свойством горизонтальные проекции всех точек, расположенных на боковой поверхности цилиндра, будут совпадать с окружностью. Построение профильных проекций точек (например,  $K_3$ , рис. 86), принадлежащих поверхности цилиндра, удобно делать с помощью базовой плоскости, совпадающей с пл. его симметрии.

Пример 3 (см. рис. 86): Определить видимость проекций точек, расположенных на поверхности цилиндра.

Для этого используем метод конкурирующих точек. Например, для определения видимости точек на профильной проекции цилиндра в направлении  $r$   $\Pi_3$  следует рассмотреть горизонтальные проекции цилиндра и вектора  $r_1$  (см. рис. 86). Ближайшей к наблюдателю (стрелке  $r_1$ ) будет левая половина цилиндра, поэтому точки, расположенные на ней ( $D, A, L, C$ ) — видимые на профильной проекции. Очерковые образующие цилиндра, проходящие через точки  $D$  и  $C$ , являются границами видимости его поверхности на профильной проекции. Аналогично, для определения видимости точек на фронтальной проекции цилиндра в направлении  $t$   $\Pi_2$  следует рассмотреть горизонтальные проекции цилиндра и вектора  $t_1$ . Ближайшей к наблюдателю (стрелке  $t_1$ ) будет обращённая к нему половина цилиндра, поэтому точки, расположенные на ней ( $A, L, C, B$ ) — видимые на фронтальной проекции. Очерковые образующие цилиндра, проходящие через точки  $A$  и  $B$ , являются границами видимости его поверхности на фронтальной проекции.

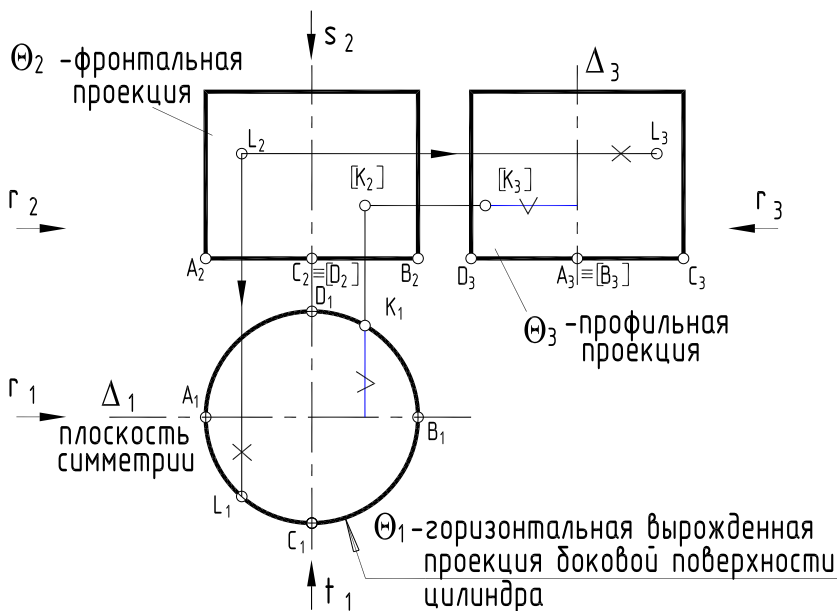


Рис. 86

### 6.2.2 Конус вращения

Он образуется вращением прямоугольного тре–угольника вокруг одного из его катетов. Коническая поверхность образуется вращением образующей  $SB$  (рис. 87) вокруг оси, в данном случае перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций.

Пример 4 (см. рис. 87): По заданной фронтальной проекции точки  $K(K_2)$ , расположенной на конической поверхности, построить её недостающие проекции. На поверхности конуса удобно строить линии двух семейств: прямые линии, проходящие через его вершину – образующие, а также окружности, центры которых располагаются на его оси. Выбор вспомогательной линии (образующей или окружности) определяется расположением точек на конусе. Использование образующей имеет ограничение для точек, расположенных на оси конуса и рядом с ней, изза большой погрешности. В учебных целях при решении данного примера использованы и образующая и окружность.

1) проводим на поверхности конуса через заданную проекцию точки удобную для по–строения вспомогательную линию, привязывающую точку к поверхности (образующую  $S_2I_2$ , а также окружность  $m_2$  радиусом  $R$ , вырождающуюся в прямую);

2) строим горизонтальные проекции вспомогательных линий ( $S_1I_1$  и  $m_1$ );

3) от  $(\cdot)K_2$  проводим вертикальную линию связи до пересечения с построенными вспомога-тельными линиями, где и будет располагаться искомая проекция точки  $K_1$ . Как видно из чер-тежа, оба решения совпадают. Для построения профильной проекции точки  $K_3$  использо-вана базовая плоскость  $\sigma(1, \cdot 3)$ .

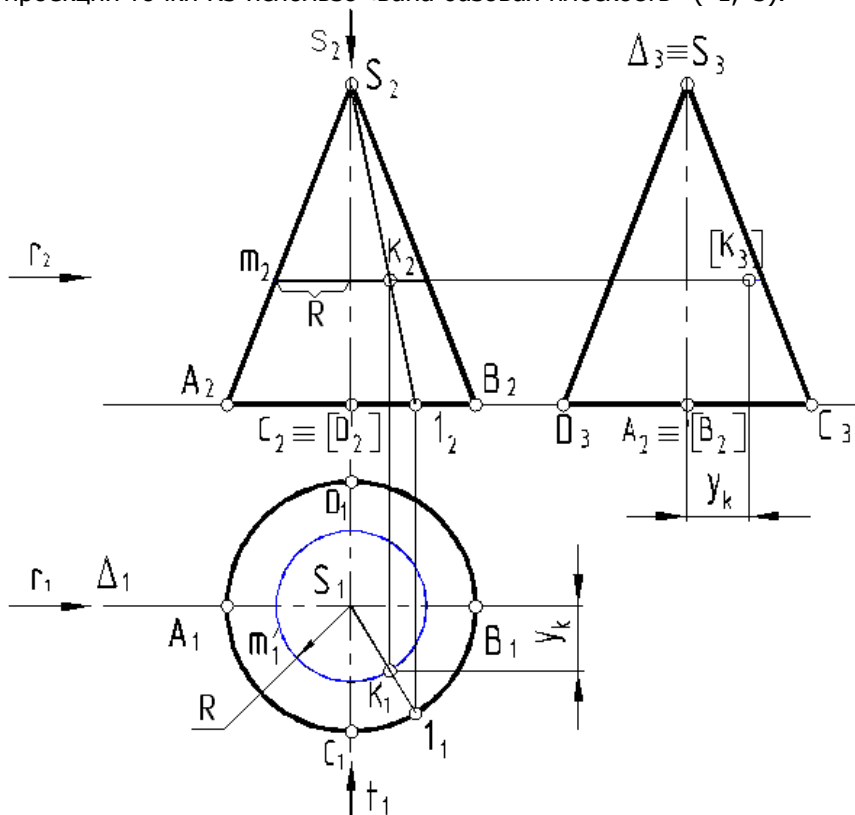


Рис. 87

### 6.2.3 Сфера

Сфе́ра (др.греч. σφαῖρα – мяч, шар) — это замкну-тая по-верхность, все точки которой равноудалены от некоторой задан-ной точки – цен-тра сферы (рис. 88). Сфера является поверхно-стью вращения, образованной вращением полуок-ружности во-круг своего диаметра. Этот диаметр является осью сферы, а кон-цевые точки диаметра её полюсами. Окружность, лежа-щая на сфере, центр которой совпадает с центром сферы, назы-

вается большим кругом. Окружности большого круга, пересекающие ось сферы называются меридианами. Меридиан, совпадающий с очерком сферы на чертеже, есть главный меридиан. Окружности на сфере, центры которых лежат на оси вращения называются параллелями. Наибольшая из параллелей есть экватор. Сфера является поверхностью шара. Она имеет наименьшую площадь из всех поверхностей, ограничивающих данный объём. Поэтому тела сферической формы встречаются довольно часто в природе, например, крупные небесные тела, а также маленькие капли воды при свободном падении.

Пример 5 (рис. 89): Построить недостающие проекции точек  $M$  и  $N$ , принадлежащих сфере, по заданным их проекциям  $M_2$  и  $N_1$ .

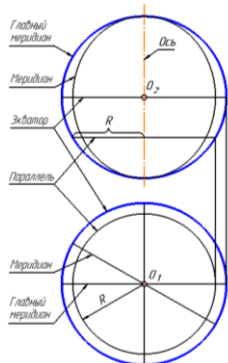


Рис. 88

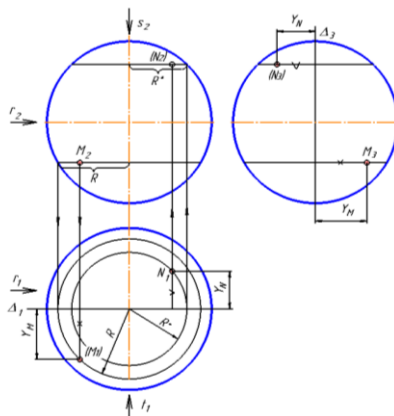


Рис. 89

В качестве вспомогательных линий для нахождения недостающих проекций точек лучше всего использовать параллели, так как их фронтальные проекции вырождаются в прямые, а горизонтальные – изображаются в натуральную величину (см. рис. 88).

Через заданную фронтальную проекцию  $M_2$  проводим параллель, – вырожденную проекцию окружности, радиус которой  $R$  равен половине хорды (рис. 89). Этим радиусом строим горизонтальную проекцию параллели и, на пересечении с ней вертикальной линии связи, находим горизонтальную проекцию точки  $M_1$ . Для построения профильной проекции точки введём базовую плоскость уровня  $\Delta$  параллельную  $\Pi_2$ , которая вырождается в прямые  $\Delta_1, \Delta_2$  соответственно на плоскости проекций

$\pi_3$ ,  $\pi_1$  Измеряя удаление горизонтальной проекции точки  $УМ$  от базовой линии  $\Delta$ , и, откладывая его на профильной плоскости проекций от  $\Delta$ , получим профильную проекцию точки  $М3$ . Для определения видимости используем проекции векторов проецирования. Наблюдатель, когда строит горизонтальную проекцию смотрит по направлению  $s_2$  и видит обращённое к нему северное полушарие. Точка  $М$  находится в южном полушарии, поэтому на горизонтальной проекции она невидима. На профильной проекции видны все точки, обращённые к вектору  $r_1$ . Таким же образом строятся искомые проекции точки  $N$ . Через горизонтальную её проекцию  $N_1$  проводим параллель – окружность радиуса  $R^*$ , строим её вырожденную фронтальную проекцию и на ней находим  $N_2$ , которая будет невидимой. Далее, используя базовую плоскость  $\Delta$ , по аналогии строим профильную проекцию –  $N_3$ , которая невидима.

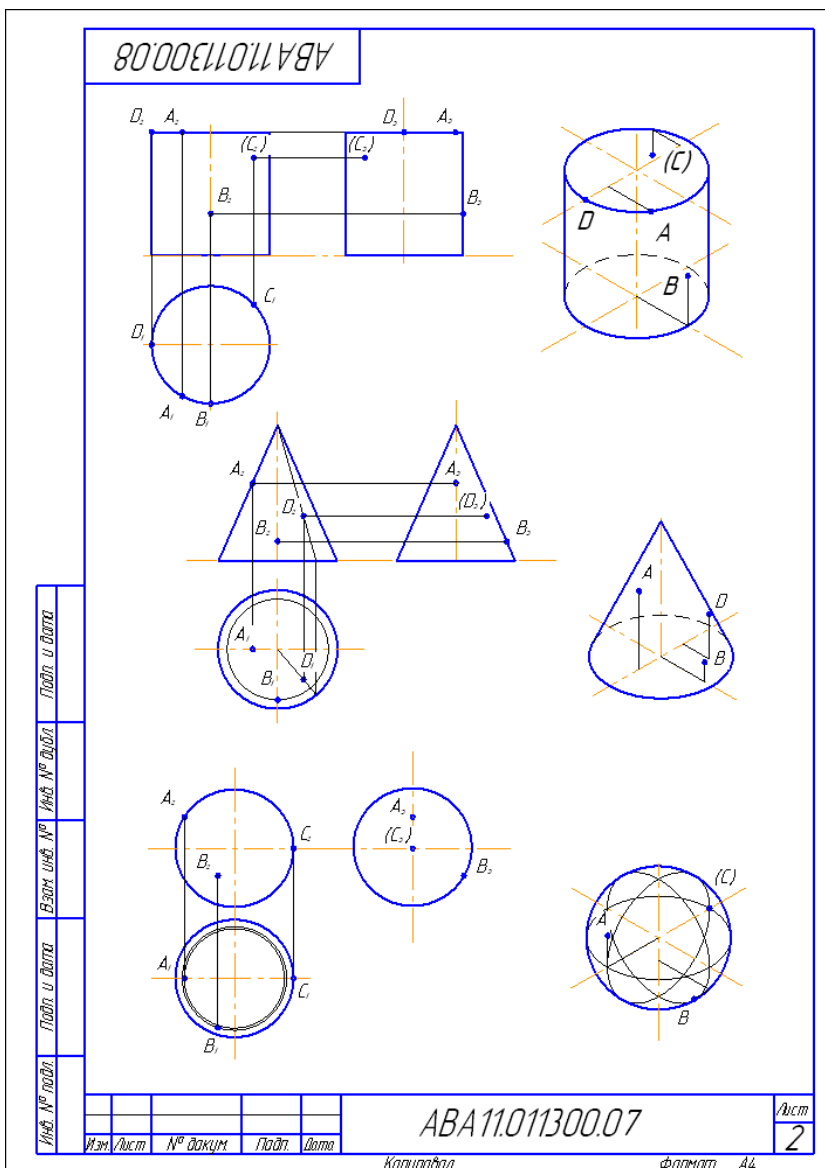


Рис. 90

### 6.3 Построение недостающих проекций точек на поверхности тел



Это построение присутствует почти в каждой задаче по начертательной геометрии. При решении в общем случае используется признак принадлежности точки поверхности: точка принадлежит поверхности, если она располагается на линии, принадлежащей этой поверхности. Рекомендуется следующий алгоритм:

1. Через заданную проекцию точки на поверхности проводят удобную для построения вспомогательную линию, привязывая её точку к поверхности (делая её положение в пространстве более определённым). Если заданная точка располагается на плоскости или грани многогранника то для привязки обычно используют прямые линии, если – на цилиндрической или конической поверхностях – то образующие и окружности, если на сфере – то окружности  $3x$  семейств ( $\parallel \Pi_1, \parallel \Pi_2, \parallel \Pi_3$ ).

2. Строят другие (недостающие) проекции вспомогательной линии.

3. С помощью линий связи находят недостающие проекции заданной точки на других проекциях вспомогательной линии.

Вначале рассмотрим построение недостающей проекции точки на плоскости.

Пример 6 (рис. 90, а): Есть фронтальная проекция точки  $K(K_2)$ , принадлежащая плоскости  $\sigma$ , заданная  $\sigma$  ABC. Построить горизонтальную проекцию  $(\cdot)K$ .

Используем признак принадлежности точки плоскости: точка принадлежит плоскости, если она располагается на прямой, принадлежащей этой плоскости.

- 1) Через  $(\cdot)K_2$  в плоскости  $\Delta$  ABC проводим произвольную вспомогательную прямую  $n_2$  и привязываем её к плоскости, отмечая на ней две общие с ней точки  $1_2$  и  $2_2$  (рис. 90, б).

- 2) По линиям связи находим горизонтальные проекции этих точек  $1_1$  и  $2_1$ . Строим горизонтальную проекцию прямой  $n_1$  (см. рис. 90, б).

- 3) По линии связи на  $n_1$  находим  $(\cdot)K_1$  (см. рис. 90, в).

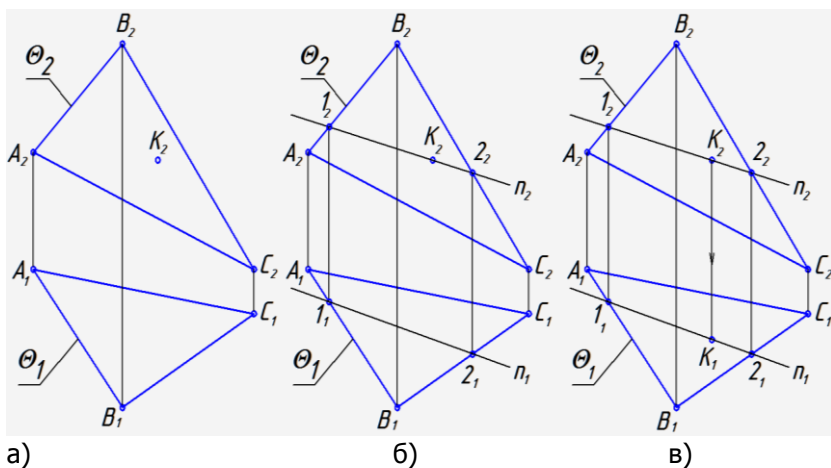


Рис. 90

Построение недостающих проекций точек, расположенных на конической и сферической поверхностях, рассмотрено в примерах 4 и 5.

## 7. ПРИЁМЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ВИДА ПРЕДМЕТОВ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Если предмет «Начертательная геометрия» — это теория построения изображений, то, созданная на её основе дисциплина «Инженерная графика», — это практика выполнения чертежей и другой конструкторской документации в соответствии со стандартами ЕСКД. Есть некоторые различия в терминологии. В инженерной графике термин проекция дифференцирован (разделён) на: виды, разрезы, сечения и выносные элементы в зависимости от содержания изображения.

Вид — ортогональная проекция, обращённой к наблюдателю видимой части поверхности предмета (ГОСТ 2.3052008). Виды бывают основные, дополнительные и местные. Основных видов — шесть: спереди, сзади, сверху, снизу, слева, справа. Основные виды получают путем ортогонального проецирования предмета, помещённого в пустотелый куб, на его грани, последующей разрезки куба по рёбрам и совмещения граней с плоскостью чертежа. Наименование видов определяются направлениями проецирования на предмет. При этом вид спереди или главный вид соот-

ветствует фронтальной проекции, вид сверху — горизонтальной проекции, вид слева — профильной проекции.

По двум видам и наглядному изображению простого предмета всегда можно построить его третий вид, используя координатные оси и постоянную прямую чертежа или же базовые плоскости, а также следующие свойства прямоугольного проецирования:

1. Фронтальная и горизонтальная проекции точки всегда располагаются на одной вертикальной линии связи.
2. Фронтальная и профильная проекции точки всегда располагаются на одной горизонтальной линии связи.
3. Горизонтальная и профильная проекции точки одинаково удалены от фронтальной плоскости проекций (базовой плоскости  $\pi_1$ ).

Пример 7 (табл. 6): По наглядному изображению и двум видам построить третий вид (для каждого из 3х предметов).

Недостающие виды предметов разные: для первого предмета строится вид слева, для второго — вид сверху и для третьего — вид спереди или главный вид.

В учебных целях у наглядных изображений и основных видов целесообразно разместить векторы, указывающие направление проецирования для получения соответствующих третьих видов, а также отметить их будущее расположение на чертеже тонкой рамкой. Наглядные изображения предмета дают зримое очертание третьих видов, если рассматривать их в направлении стрелок (рис. 91).

Для первого предмета построение «вида слева» выполним с использованием постоянной прямой чертежа (см. рис. 91, 1). Изобразим координатные оси и постоянную прямую чертежа, являющуюся биссектрисой прямого угла между осями. Через опорные (ключевые) точки «вида сверху» проведём горизонтальные линии связи, которые, после преломления их постоянной прямой чертежа, становятся вертикальными. На их пересечения с горизонтальными линиями связи от «вида спереди» получим опорные точки третьего вида. Соединяя полученные точки, — имеем «вид слева».

Для построения «вида сверху» второго предмета (см. рис. 91, 2) используем базовую фронтальную плоскость  $\pi_1$ , вырожденные проекции которой  $\pi_1$  и  $\pi_3$  являются удобной базой для отсчёта размеров предмета по глубине (по оси Y). Здесь используется, отмеченное ранее, третье свойство ортогонального проецирования. Если сравнивать способы построения третьих видов с по-

мощью постоянной прямой чертежа и с помощью базовых плоскостей, то последний способ является более точным и быстрым.

Построение «вида спереди» или «главного вида» для третьего предмета является самым простым (см. рис. 91, 3). Проводим через опорные точки видов «сверху» и «слева» вертикальные и горизонтальные линии связи и на их пересечении получим опорные точки третьего вида, соединяя которые получим «вид спереди» или «главный вид» предмета.

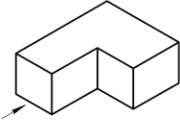
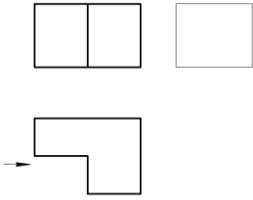
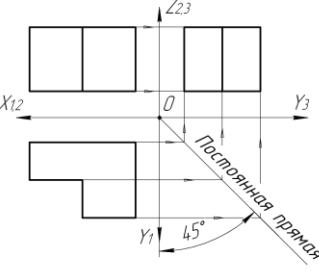
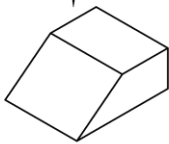
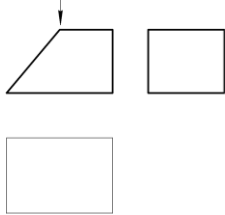
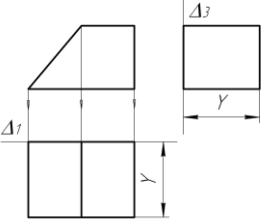
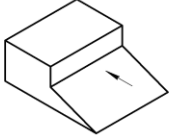
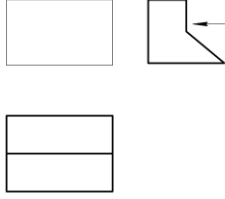
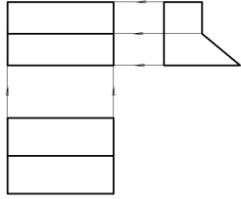
Наглядное изображение предмета	Исходные два вида	Построение третьего вида
1 		
2 		
3 		

Рис. 91  
 Более подробно построение различных предметов (деталей) изложено в [4].

- ГОСТ 2.3052008. ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ.

## 8. АКСОНОМЕТРИЯ [5]

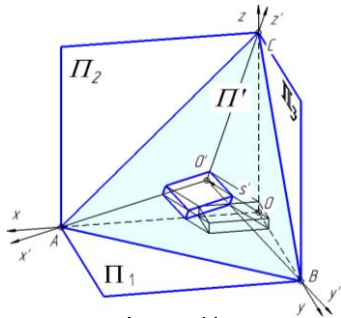
### 8.1 Сущность аксонометрического проецирования

Комплексный чертёж, состоящий из совокупности двумерных изображений, не обладает наглядностью, так как направление проецирования на объект обычно совпадает с одним его измерением<sup>1</sup>. В результате этого теряется объёмность, зато полученные плоские изображения объекта отражают в натуральную величину два других его измерения. Для получения наглядных изображений предмета применяют аксонометрическое проецирование. Сущность аксонометрического проецирования заключается в том, что предмет с координатными осями ( $ХОУZ$ ), параллельными его измерениям, проецируют на плоскость ( $\Pi'$ ) пучком параллельных лучей в направлении ( $s'$ ), не совпадающим ни с одной из координатных осей (рис. 92). Плоскость проекций

$\Pi'$  называют аксонометрической, полученное на ней трёхмерное изображение — аксонометрической проекцией или аксонометрической проекции осей локальной координат системы  $ХОУZ$  — аксонометрическими  $X'O'Y'Z'$ . Дословный греческого термина «аксонометрия» — измерение по осям.

Вектор проецирования ( $s'$ ) с аксонометрической плоскостью ( $\Pi'$ ) может составлять прямой или острый угол, что соответствует названиям: прямоугольная или косоугольная аксонометрия. Эффект наглядности при переходе от комплексного чертежа к аксонометрическому чертежу наиболее сильно проявляется для объектов, занимающих проецирующее положение.

На рис. 93, 94 представлены комплексные – а и аксонометрические – б чертежи соответственно горизонтально проецирующей призмы и фронтально проецирующего цилиндра.



метрией,

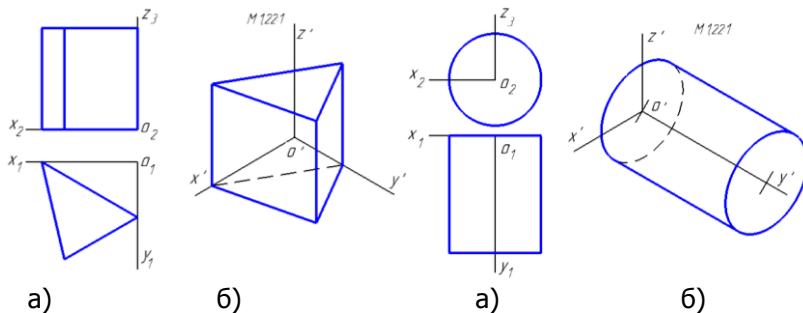


Рис. 93

Рис. 94

Локальная система координат  $XOYZ$  обычно параллельна глобальной системе координат, но, в отличие от неё, не привязана к плоскостям проекций, а располагается в непосредственной близости от объекта или совмещается с его элементами (рёбрами, гранями), обеспечивая компактность построения аксонометрического чертежа (см. рис. 93). Локальная система координат также более удобна для построений симметричных объектов в связи с возможностью совмещения координатных осей и плоскостей с осями или плоскостями симметрии объекта (см. рис. 94). Элементы объекта (линейные и угловые) в прямоугольной аксонометрии искажаются, так как плоскости, в которых они располагаются, составляют с направлением проецирования углы менее  $90^\circ$ . Аксонометрическая плоскость  $\pi'$  в прямоугольной аксонометрии, наклонена ко всем плоскостям проекций и, пересекаясь с ними, образует треугольник следов  $ABC$  (см. рис. 92).

Средством, фиксирующим искажения, являются локальные оси, совпадающие с измерениями объекта, а мерой линейных искажений – коэффициенты искажений. Коэффициенты искажений по осям представляют собой отношения длины проекции отрезка оси на плоскость к его истинной длине.  $k_x = l'x / lx$ ;  $k_y = l'y / ly$ ;  $k_z = l'z / lz$ ,

где  $lx, ly, lz$  — осевые отрезки;

$l'x, l'y, l'z$  — аксонометрические проекции осевых отрезков.

Параллельность, существующая в объекте между различными его элементами, например, рёбрами, а также рёбрами и соответствующими осями локальной системы координат в аксонометрии сохраняется. Это важное свойство используется при построении аксонометрических проекций.

Значения коэффициентов искажений по осям зависят от направления проецирования на объект. Зная размеры объекта и коэффициенты искажений по осям, можно построить его ак-

соно–метриче–ское изображение.

На прак–тике для упрощения построений аксонометриче–ских проекций используют приве–дён–ные коэффициенты иска–жения по осям, равные 1 или 0,5 (в зависимости от вида аксо–но–мет–рии и направления осей). При этом размеры аксонометрических изображений будут несколько больше раз–меров объекта. Исходные раз–меры для аксонометри–ческого чертежа обычно берутся с комплексного чертежа объекта или с на–турного объекта и умножаются на коэффициенты искажения по осям.

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Измерения объекта — наибольшие протяжённости его по трём вза–имно перпендикуляр–ным направлениям, которые именуется как: длина, ширина, высота. 2.

Оси глобальной системы координат совпадают с линиями пересечения плоскостей проекций.

## 8.2 Классификация аксонометрических проекций

1. По направлениям проецирования:

Прямоугольная ( $s' \perp \Pi$ ). Косоугольная ( $s' \not\perp \Pi$ ).

2. По величинам коэффициентов искажений:

Изометрия ( $kx=ky=kz$ ). Диметрия ( $kx=kz \neq ky$ ). Триметрия ( $kx \neq ky \neq kz$ ).

Прямоугольное проецирование даёт более реальное изображение, чем косоуголь–ное, однако, последнее проще в исполнении наглядных чертежей тел вращения и других предметов.

Изометрия и диметрия — виды аксонометрии, в которых направление проецирова–ния  $s'$  составляет одинаковые углы соответственно с тремя координатными осями (изо – одинаковый, постоянный) и с двумя координатными осями (ди – дважды). Диметрию применяют для изображения протяжённых изделий, например, длинных валов, совмещая аксонометрическую ось с наибольшим искажением, с осью вала. Триметриче–ские изображения не стандартизированы и применяются редко.

## 8.3 Стандартные аксонометрические проекции

ГОСТ 2.317—2011 рекомендует к применению два типа прямоугольных аксонометрий: изометрию и диметрию и три – косоугольных: изометрия фронт–альная, изометрия горизонтальная и диметрия фронтальная.

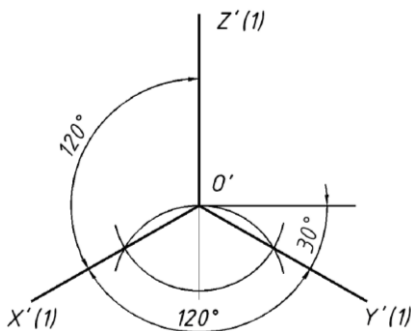


Рис. 95

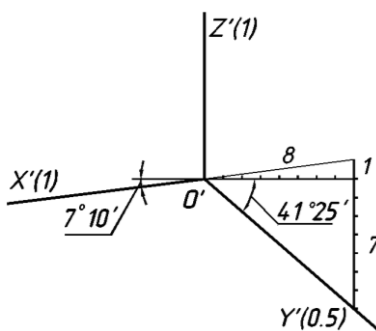


Рис. 96

Изометрическая проекция

$(s \perp \Pi'; k_x = k_y = k_z)$

Углы между аксонометрическими осями равны, составляют  $120^\circ$  и могут быть построены, например, с помощью циркуля (рис. 95).

Приведённые коэффициенты искажения:

$$k_x = k_y = k_z = 1.$$

Масштаб изображения при этом —  $1,22:1$ . Рядом с обозначением осей в скобках (см. рис. 95) указаны значения коэффициентов искажений.

Диметрическая проекция

$(s \perp \Pi'; k_x = k_z, k_y = 1/2k_x)$

Положение аксонометрических осей при — введено на рис. 95. Оси  $O'X'$  и  $O'Y'$  являются гипотенузы прямоугольных треугольников с отношением катетов соответственно  $1:8$  и  $7:8$ .

Приведенные коэффициенты искажения:

$k_x = k_z = 1; k_y = 0,5k_x = 0,5$ . Масштаб изображения при этом —  $1,06:1$ .

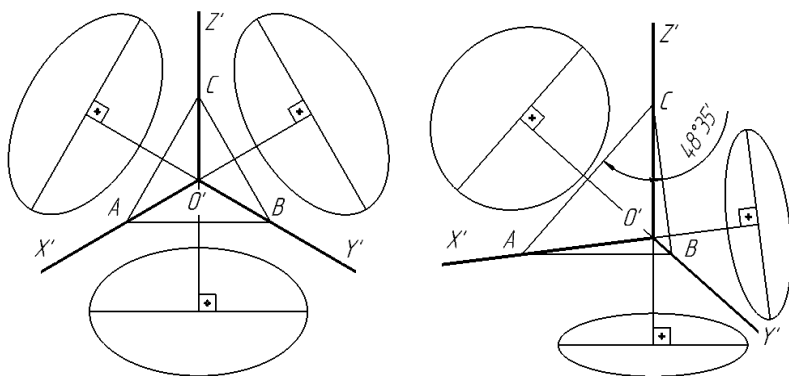
## 8.4 Аксонометрические изображения окружностей в прямоугольной аксонометрии, расположенных в координатных и им параллельных плоскостях

Существует следующее правило. Окружности, расположенные в координатных и им параллельных плоскостях, изображаются в прямоугольной аксонометрии в виде эллипсов, большие оси которых располагаются перпендикулярно координатным осям, отсутствующим в плоскостях окружностей или параллельно сторонам треугольника следов (рис. 97, 98, 99).

Это общее правило иллюстрирует рис. 97, где представле-



ны проекции окружности в прямоугольных изометрии – а) и диметрии – б).



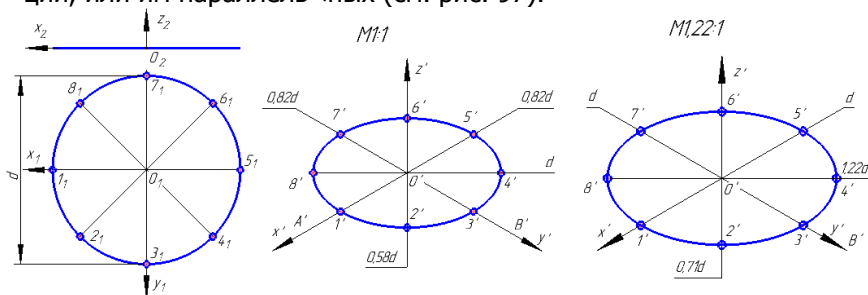
а)

б)

Рис.

97

На рис. 98 представлен комплексный чертёж окружности диаметром  $d$ , расположенной в горизонтальной плоскости проекций (рис. а), и размерные соотношения для эллипсов (через  $d$ ), в которые она превращается в изометрии, построенных по 8ми точкам, с использованием теоретических (рис. б) и приведённых коэффициентов искажений (рис. в). Такие же размерные соотношения будут иметь эллипсы для окружностей во фронтальной и профильной плоскостях проекций, или им параллельных (см. рис. 97).



а)

б)

в)

Рис. 98

На рис. 99 даны размерные соотношения для эллипсов, в которые превращается окружности в диметрии, расположенные в разных координатных плоскостях, построен-

ных по 12ти точкам, с использованием приведённых коэффициентов искажений.

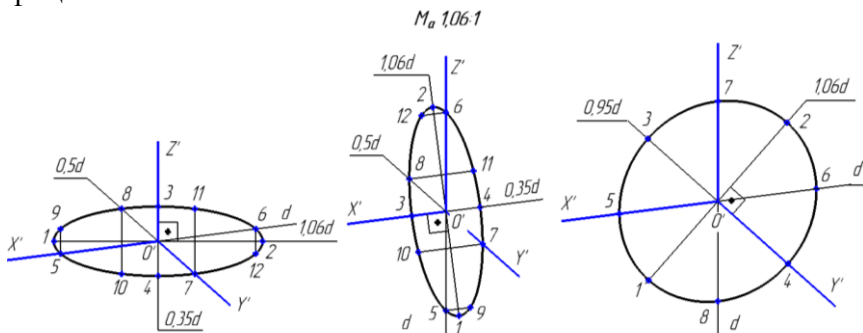


Рис. 99

### 8.5 Косоугольные аксонометрические проекции

При косоугольном проецировании (рис. 100) одна из координатных плоскостей, например,  $XOZ$  локальной системы координат располагается параллельно аксонометрической плоскости  $\pi'$ , а направление проецирования  $s$  не перпендикулярно  $\pi'$ . Поэтому в косоугольной аксонометрии не искажаются две локальные оси  $X$ ,  $Z$  и элементы объекта (окружность), расположенные параллельно аксонометрической плоскости проекций. В этой связи косоугольная аксонометрия легче в исполнении, чем прямоугольная аксонометрия. Если аксонометрическая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, то имеет место косоугольная фронтальная изометрия или диметрия, если параллельна горизонтальной плоскости проекций, то — горизонтальная изометрия. Фронтальная изометрия или диметрия применяется в случаях, когда необходимо сохранить на аксонометрическом изображении объекта истинный вид его спереди или фронтальное сечение. Горизонтальная изометрия применяется в строительных чертежах для сохранения на ней конфигурации плана застройки.

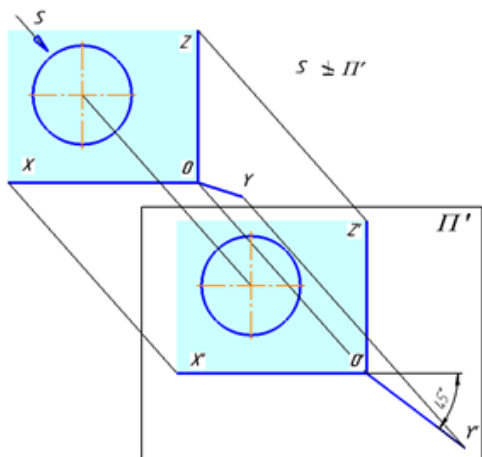


Рис. 100

### 8.6 Стандартные косоугольные аксонометрические проекции (ГОСТ 2.3172011)

Положение аксонометрических осей и коэффициенты искажений по осям для следующих типов косоугольных аксонометрических проекций: Фронтальная

изометрическая проекция (рис. 101, а):  $k_x=k_y=k_z=1$ .

Горизонтальная изометрическая проекция (рис. 101, б):  $k_x=k_y=k_z=1$ .

Фронтальная диметрическая проекция (рис. 101, в):  $k_x=k_z=1$ ;  $k_y=0,5k_x=0,5$ .

Учитывая одинаковое расположение осей во фронтальных изометрических и диметрических проекциях, рекомендуется указывать на осях соответствующие коэффициенты искажений.

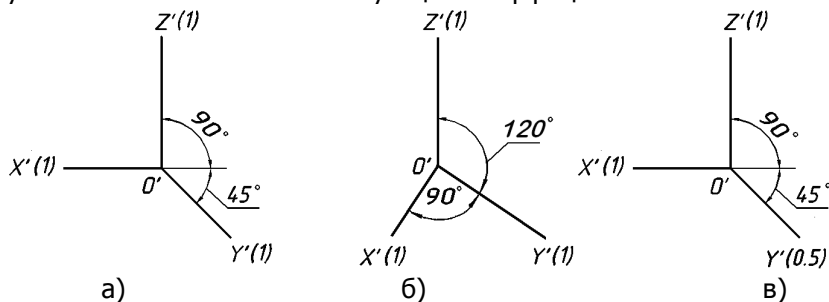


Рис. 101

### 8.7 Выбор вида аксонометрии

При выборе вида аксонометрии нужно учитывать конфигу-

рацию объекта и его ориентацию в пространстве с целью получения наглядного и выразительного его изображения. Рекомендуется придерживаться следующих правил:

**8.7.1 Следует изображать куб, правильную четырёхгранную призму (рис. 102, а), пирамиду с квадратным или равносторонним треугольным основанием (рис. 103, а), в диметрии (рис. 102 в; 103 в), обеспечивающей для подобных объектов, более выразительные изображения, чем изометрия (102, б; 103 б).**

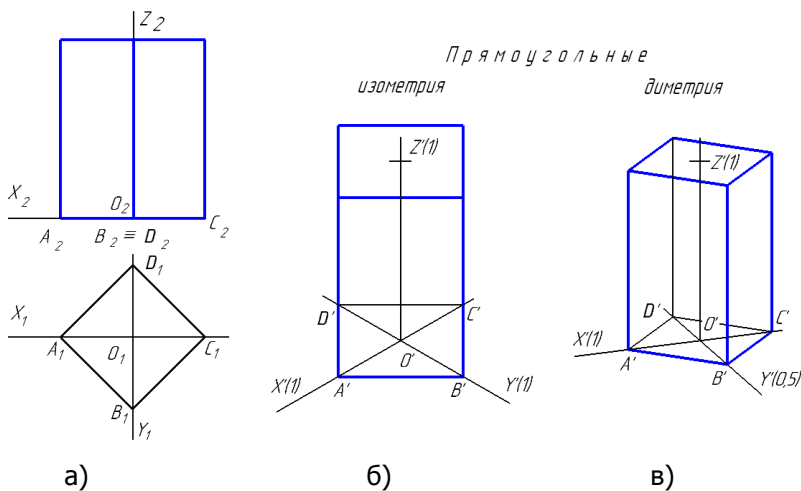


Рис. 102

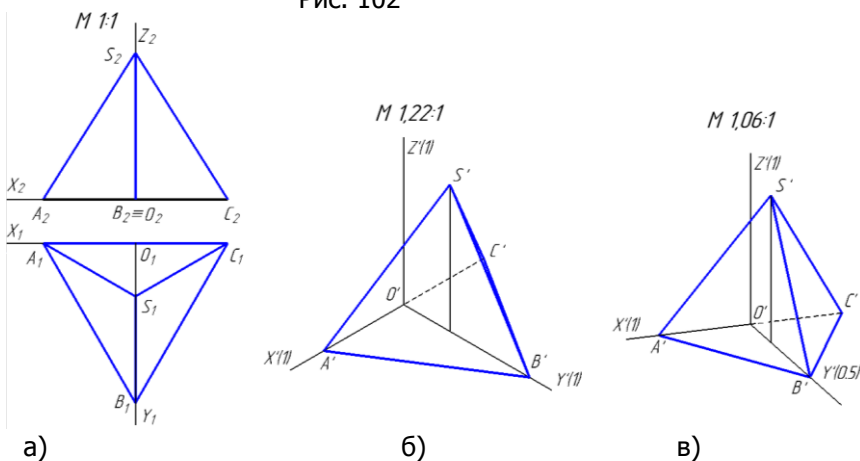


Рис. 103

### 8.7.2 Объекты, у которого одно измерение значительно превосходит по величине два других.

Например, двутавровую балку, вал (рис. 104, 105), *рекомендуется изображать в диметрии* (прямоугольной или косоугольной), ориентируя наибольшее его измерение (длину) вдоль аксонометрической оси, в данном случае  $Y$ , с коэффициентом искажения 0,5. Этим обеспечивается компактность и выразительность чертежа. В остальных случаях использовать изометрию прямоугольную или косоугольную.



Рис. 104

**8.7.3 Тела вращения и плоские детали со сложным контуром (рис. 105, 104), рекомендуется изображать в косоугольной аксонометрии, ориентируя деталь таким образом, чтобы при построении их круглые или сложные сечения не искажались.**

Это обеспечит снижение трудоёмкости чертежа.

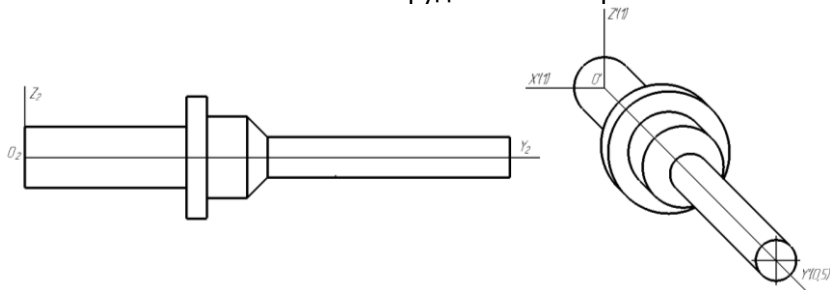


Рис. 105

Примечание: На аксонометрическом чертеже, кроме аксонометрических осей, должны быть данные, обеспечивающие его обратимость. Это может быть: наименование аксонометрической

проекции (см. рис. 102), аксонометрический масштаб изображения над изображением (см. рис. 103) или в основной надписи чертежа, значения коэффициентов искажений по осям (в скобках), размеры (рис. 106).

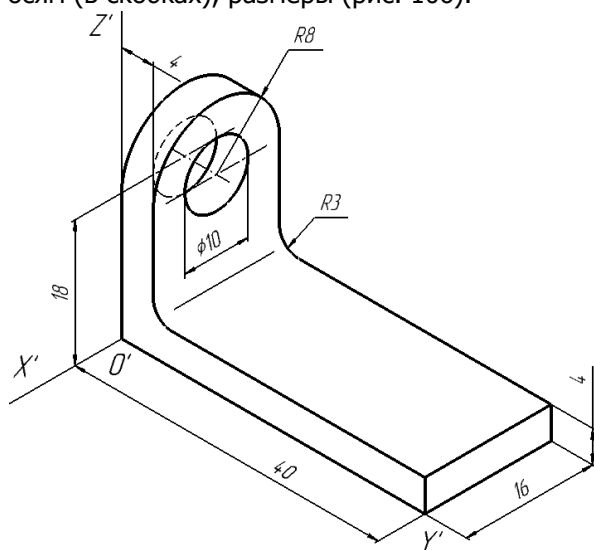


Рис. 106

## 8.8 Алгоритм построения аксонометрической проекции предмета

Исходные данные для построения аксонометрического чертежа предмета брать с его комплексного чертежа. 1.

Анализировать форму предмета. Выбрать подходящий тип аксонометрии. На комплексном чертеже изобразить ортогональные проекции локальных осей, совместив координатные оси с рёбрами предмета, или его осями симметрии, или измерениями. Задать опорные точки. 2.

Изобразить аксонометрические оси. 3. Координаты опорных точек  $x$ ,  $y$ ,  $z$  на комплексном чертеже пересчитать в аксонометрические, умножая их на коэффициенты искажений по осям.

4. Строить вторичную (плоскую) аксонометрическую проекцию предмета по его горизонтальной проекции. Все измерения на комплексном чертеже выполнять только по локальным осям или прямым, параллельным им и откладывать (после пересчёта) на наглядном чертеже по аксонометрическим осям или прямым, параллельным им.

5. Строить полную (трёхмерную) аксонометрическую проекцию предмета по его вторичной проекции, добавляя третье измерение – высоту.

Пример 8. Построить изометрическую проекцию предмета, по его комплексному чертежу (рис. 107, а).

1. Изображаемый предмет является составным телом: нижняя его часть представляет прямоугольный параллелепипед, а верхняя — полый цилиндр. Предмет имеет две плоскости симметрии.

Локальную систему координат целесообразно разместить на стыке элементарных тел, причём ось  $z$  совмещаем с осью цилиндра, а оси  $x$  и  $y$  с плоскостями симметрии предмета. Выбираем для изображения предмета изометрию. Отмечаем восемь опорных точек (для построения в аксонометрии) на вершинах прямоугольного параллелепипеда и 82=16 точек на верхнем торце цилиндра (рис. 107, б).

2. Чертим аксонометрические оси под углами  $120^\circ$ . Рядом с наименованием оси в скобках указываем коэффициент искажения (рис. 107, в).

3. Используем приведённые коэффициенты искажений ( $k_x=k_y=k_z=1$ ), что обеспечивает равенство отрезков, параллельных координатным осям, на комплексном чертеже, соответствующим отрезкам, параллельных аксонометрическим осям, в наглядном чертеже.

4. Измеряя координаты концов рёбер прямоугольного параллелепипеда и опорных точек окружности в горизонтальной плоскости  $XOY$  на комплексном чертеже, и откладывая их на аксонометрическом чертеже, обеспечивая параллельность координатных отрезков одноимённых локальным и аксонометрическим осям, — получим вторичную аксонометрическую проекцию (рис. 108 а). Эллипсы, — изометрические проекции окружностей, — можно строить также по соотношениям на рис. 98, в.

5. Для получения объёмного изображения через опорные точки вторичной проекции проводим прямые параллельные оси  $z$  и на них отмечаем соответствующие высоты всех точек предмета, которые измеряем на фронтальной проекции. Отрицательную высоту точек нижней грани  $h_1$  прямоугольного параллелепипеда откладываем вниз, а высоту точек верхнего основания цилиндра  $h_2$  — вверх. (рис. 108, б). Соединяя точки в такой же последовательности, как на комплексном чертеже, выделяя видимые контуры предмета сплошной толстой основной линией и удаляя вспомогательные линии, — получим полную аксономет-

рическую проекцию предмета (рис. 108, в).

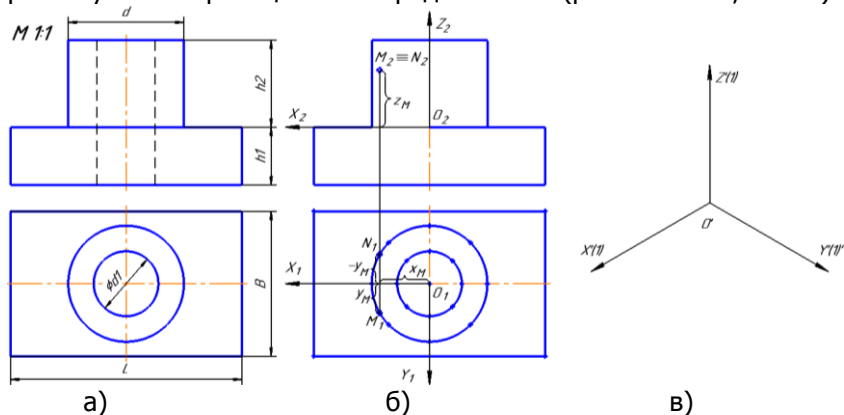


Рис. 107

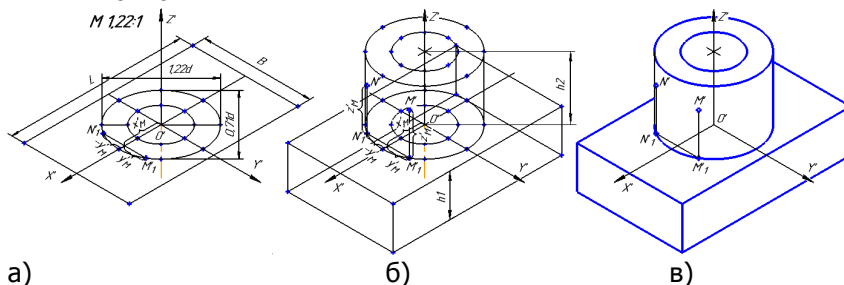


Рис. 108

В учебных целях на комплексном чертеже показано построение произвольных точек  $M$  и  $N$  (рис. 107, б), принадлежащих поверхности предмета, на его вторичной (плоской) –  $M'1$  и  $N'1$  (рис. 108, а) и объёмной –  $M'$  и  $N'$  (рис. 108, б, в) проекциях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Стандарты ЕСКД:
  - ГОСТ 2.00193 – Общие положения.
  - ГОСТ 2.10468 – Основные надписи.
  - ГОСТ 2.301 – Форматы.
  - ГОСТ 2.30268 – Масштабы.
  - ГОСТ 2.30368 – Линии.
  - ГОСТ 2.30481 – Шрифты чертёжные.
  - ГОСТ 2.3052008 – Изображения – виды, разрезы, сечения.
  - ГОСТ 2.30668 – Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах.
  - ГОСТ 2.30768 – Нанесение размеров и предельных отклонений.



ГОСТ 2. 2.3172011– Аксонометрические проекции.

2. Бородин Д.Н., Козырев Э.В., Мельников В.С. Стандарты оформления чертежей и текстовых документов. Геометрические построения: учеб. пособие для вузов. — 2е издание /ГОУ, РГАСХМ, Ростов н/Д, 2006. — 99 с.

3. Акименко Ю.А. РУКОВОДСТВО К ВЫПОЛНЕНИЮ УПРАЖНЕНИЙ И ЗАДАНИЙ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ Учебнометодическое пособие /РостовнаДону; Издательский центр ДГТУ, 2012. — 50 с.

4. Акименко Ю.А. Проекционное черчение: учеб. пособие /ГОУ, РГАСХМ, Ростов н/Д, 2010. — 133 с.

5. Акименко Ю.А., Кадеров Х.К., Пятницкая О.А., Чередниченко О.П. РУКОВОДСТВО ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ: АКСОНОМЕТРИЯ. Учебнометодическое пособие /РостовнаДону; Издательский центр ДГТУ, 2015. — 23 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

*Донской государственный технический университет  
Кафедра инженерной и компьютерной графики*

# *ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ*

*по* \_\_\_\_\_  
наименование дисциплины по учебному плану

\_\_\_\_\_

*Выполнил:*

*Студент гр.* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

\_\_\_\_\_  
Подпись, дата

*Вариант* \_\_\_\_\_

*Количество листов* \_\_\_\_\_

*Проверил:*

*Преподаватель*

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

\_\_\_\_\_  
Подпись, дата

*Ростов-на-Дону  
20*

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Лист примен.	<h3 style="margin: 0;">ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ</h3> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лист Титульный *</li> <li>2. Лист 0. Перечень работ *</li> <li>3. Лист 1. Форматы</li> <li>4. Лист 2. Линии чертежа</li> <li>5. Лист 3. Нанесение размеров</li> <li>6. Лист 4. Геометрические построения (начало)</li> <li>7. Лист 4. Геометрические построения (конец)</li> <li>8. Лист 5. Сопряжения</li> <li>9. Лист 6. Лекальные кривые (начало)</li> <li>10. Лист 6. Лекальные кривые (конец)</li> <li>11. Лист 7. Геометрические тела (начало)</li> <li>12. Лист 7. Геометрические тела (конец).</li> </ol> <p style="margin: 10px 0;">Перечень работ может быть уточнён ведущим преподавателем.</p> <p style="margin: 10px 0;">Листы, отмеченные * – выполняются на компьютере.</p>			
Справ. №				
Лист и дата				
Инв. № дфл.				
Взам. инв. №				
Лист и дата				
Инв. № подл.				
Разраб. / Подп.				
Изд. / Утв.				
				.00
Изд. / Утв.	№ докум.	Подп.	Дата	Лист / Листов
Перечень работ по начальному курсу графики				1
ДГТУ Кафедра ИиКТ				Формат А4
Копировал				Формат А4

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Лист № \_\_\_\_\_

Взам. инв. № \_\_\_\_\_

Лист № \_\_\_\_\_

Лист № \_\_\_\_\_

Лист № \_\_\_\_\_

### Форматы

A0 - \_\_\_\_\_

A1 - \_\_\_\_\_

A2 - \_\_\_\_\_

A3 - \_\_\_\_\_

A4 - \_\_\_\_\_

### Масштабы

Масштаб - \_\_\_\_\_

Натуральный масштаб	
Масштабы увеличения	
Масштабы уменьшения	

### Шрифты чертежные

АБВГДЕЗИК	абвгдежзийкл
ЛМНОПРСТУ	мнопрстуфхц
ХЦЧЪЬЪЭЯ	чшщъьъэя
ЖФШЩЮ	1234567890

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Лист
------

Копировал
Формат А4

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

20°

**Типы линий**

*Повторить начертание линий, записать назначение*

Наименование линий	Толщина в "S"	Начертание	Повторить начертание	Назначение
Сплошная толстая основная	1S			
Сплошная тонкая	S/2-S/3			
Сплошная волнистая	S/2-S/3			
Штриховая	S/2-S/3			
Штрихпунктирная тонкая	S/2-S/3			
Штрихпунктирная утолщенная	S/2			
Разомкнутая	1S-1,5S			
Сплошная тонкая с изломами	S/2-S/3			
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая	S/2-S/3			

**Штриховка детали в разрезе**

металл                      неметалл                      кирпичная кладка

*металл при совпадении угла наклона с линией основной контура*

*Построить изображение детали в масштабе 2:1; проставить размеры*

M 2:1

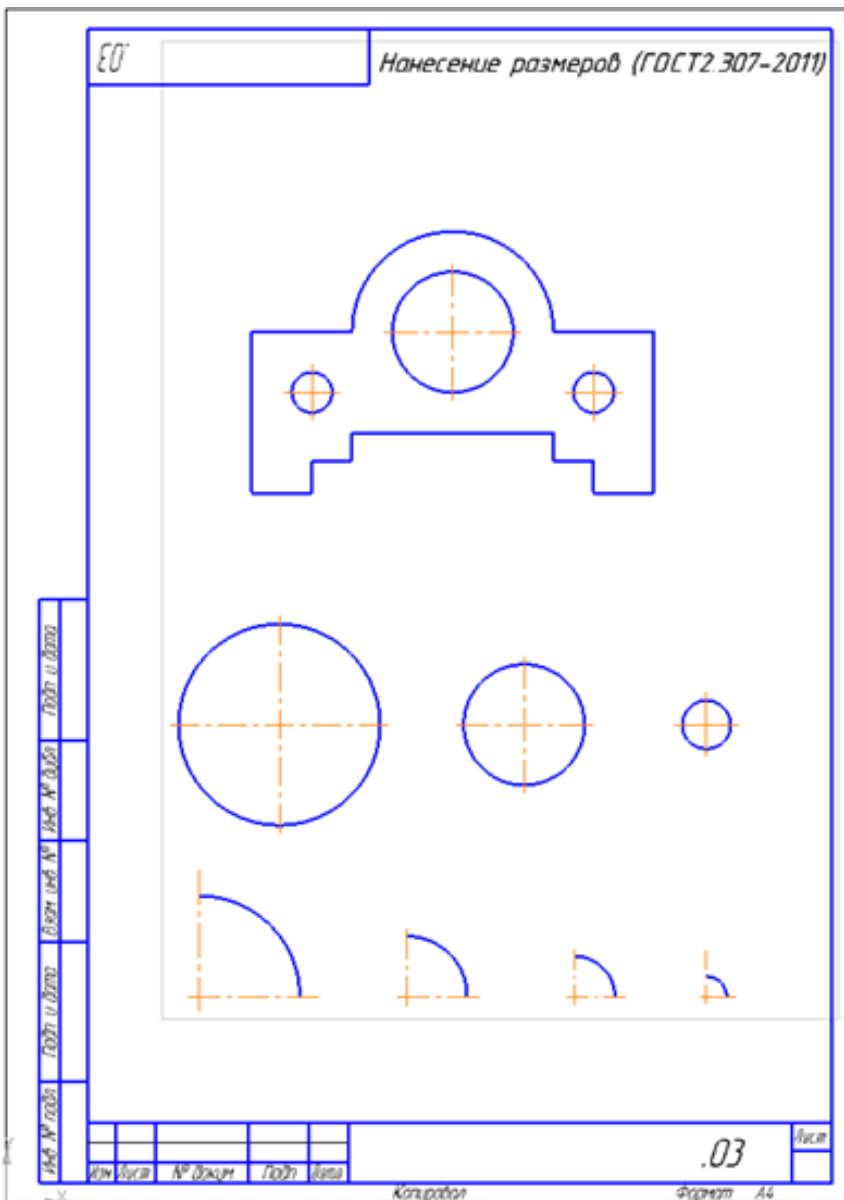
M 1:1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

.02

Лист
------

**ПРИЛОЖЕНИЕ 5**

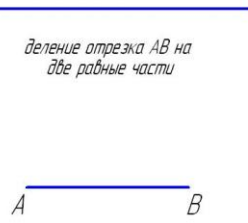


**ПРИЛОЖЕНИЕ 6**

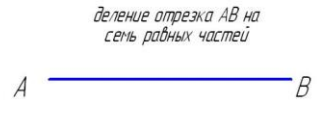
Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № задан.	Подп. и дата	Лист	Масса	Масштаб	Лист 1	Листов 2	<p><b>Геометрические построения</b></p> <p>ДГТУ</p>	
Инв. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Копировал _____</p> <p>Формат А4</p>							
Исполн.												
Учб.												
Учб.												

деление отрезка АВ на две равные части




деление отрезка АВ на семь равных частей

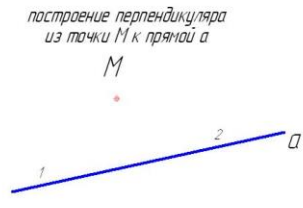


построение биссектрисы угла АВС

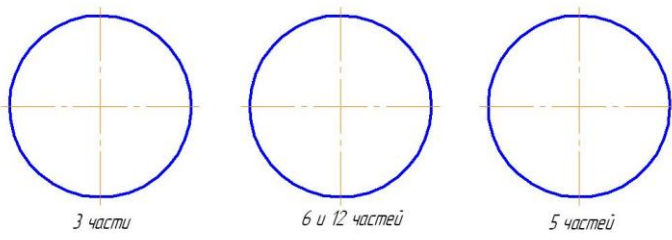


построение перпендикуляра из точки М к прямой а



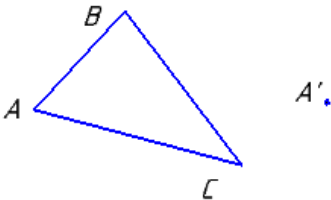
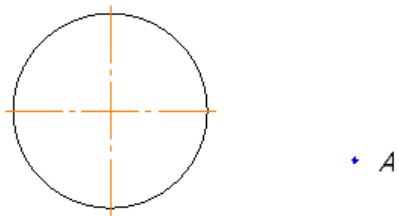


деление окружности на равные части



**ПРИЛОЖЕНИЕ 7**

$\neq 0$	<i>приемы построения дуг и окружностей</i>		
	<i>построение по двум точкам и радиусу</i>	<i>построение по трем точкам</i>	
			
	построить от точки $A'$ $\Delta A'B'C'$ конгруэнтный (равный) $\Delta ABC$		
			
	построить касательную к окружности радиусом $R$ из точки $A$		
			
14-16 № задачи 17-19 № задачи 20-22 № задачи 23-25 № задачи	26-28 № задачи 29-31 № задачи 32-34 № задачи 35-37 № задачи	38-40 № задачи 41-43 № задачи 44-46 № задачи 47-49 № задачи	50-52 № задачи 53-55 № задачи 56-58 № задачи 59-61 № задачи
Изм	Лист	№ задачи	Лист
			2
.04			Лист
Копировать			Формат А4

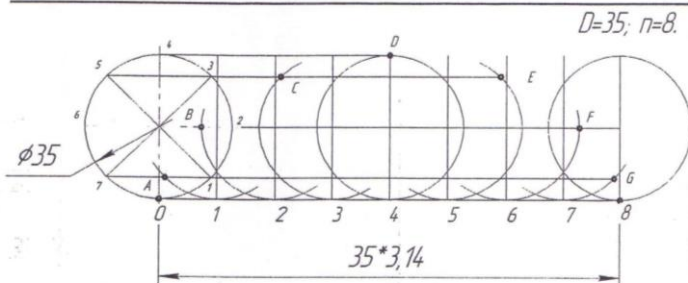
## ПРИЛОЖЕНИЕ 8



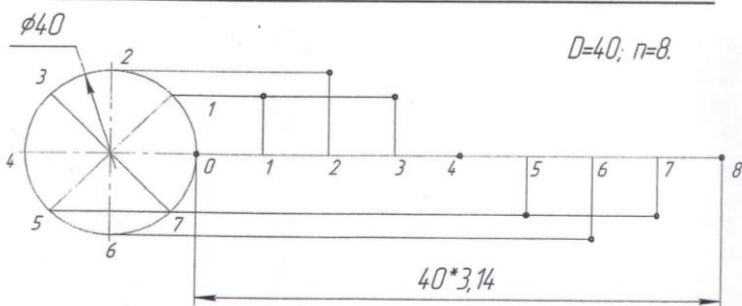
50'	Левый признак	<p style="text-align: center;"><i>построение сопряжения двух прямых при заданном радиусе R10</i></p>																														
Справ. №		<p style="text-align: center;"><i>внешнее сопряжение двух окружностей при заданном радиусе R25</i></p>																														
Левый и дата	Инд. № докл.	<p style="text-align: center;"><i>внутреннее сопряжение двух окружностей при заданном радиусе R40</i></p>																														
Инд. № докл.	Инд. № докл.	<p style="text-align: center;"><i>смешанное сопряжение двух окружностей при заданном радиусе R40</i></p>																														
Левый и дата	Инд. № докл.	<p style="text-align: center;"><i>построение эллипса как проекции окружности на аксонометрических осях АВ и СD</i></p>																														
Левый и дата	Инд. № докл.	.05																														
Инд. № докл.	Инд. № докл.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Изм/Лист</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">№ докум.</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Подп.</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Дата</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Проб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Чтв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Разраб.					Проб.					Т.контр.					Н.контр.					Чтв.				
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата																													
Разраб.																																
Проб.																																
Т.контр.																																
Н.контр.																																
Чтв.																																
		<h2 style="margin: 0;">Сопряжения</h2>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Лит.</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">Масса</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1:1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листов</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>	Лит.	Масса	Масштаб			1:1	Лист	Листов	1																				
Лит.	Масса	Масштаб																														
		1:1																														
Лист	Листов	1																														
		ДГТУ	Формат А4																													

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Циклоида-



Синусоида-



Инд. № подл.	Взам. инд. №	Инд. № подл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп. Дата
			Лист
			4

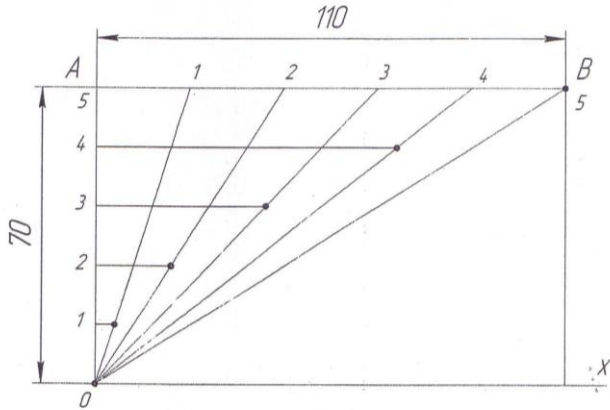
Копировал

Формат А4

**ПРИЛОЖЕНИЕ 10**

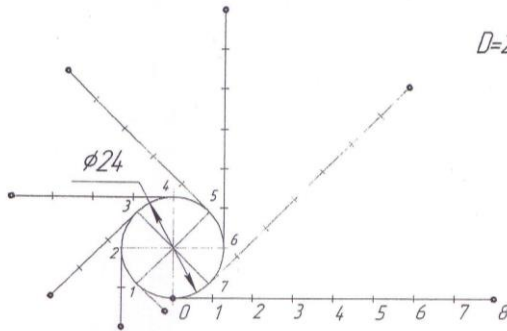
Парабола-

$l=110; l=70; n=5.$



Эвольвента

$D=24; n=8.$



Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Лист
6

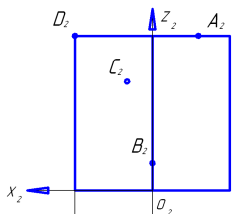
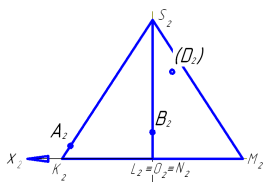
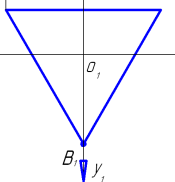
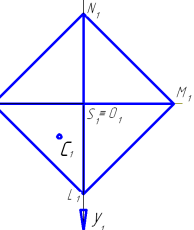
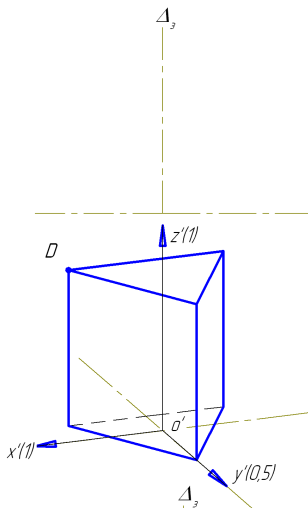
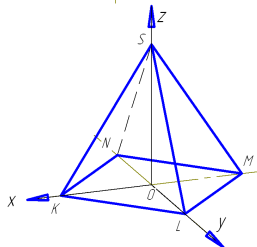
Корректор

Формат А4

**ПРИЛОЖЕНИЕ 11**

Левый приток	Справ. №	Полн. и дата	Имя, № докл.	Взам. имя, №	Полн. и дата	.07 Геометрические тела. Точки на поверхности	Лит.	Масса	Масштаб
							Лист 1	Листов 2	1:1
							ДГТУ Кафедра ИиКГ Формат А4		
Имя, № подел.									
Изм. лист	№ док-м.	Полн.	Дата						
Разраб.	Иванов								
Проб.									
Т.контр.									
Н.контр.									
Чтб.									

Копировал

 $\Delta_1$ 

 $\Delta_2 = x_1$ 

 $\Delta_1 = x_1$ 

 $\Delta_3$ 

 $\Delta_3$ 


## ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Инд. № подл.	Подп. и дата	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>			
Взам. инв. №	Инд. № докл.				
Подп. и дата					
Инд. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Копировал
					Формат А4
					Лист 2