

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТ-
ВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.Э. БАУМАНА (НАЦИО-
НАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МЫТИЩИНСКИЙ ФИЛИАЛ**

И.М. Дмитриева Т.В. Кузнецова А.П. Чувашев

ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ГРАФИКУ

Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МГТУ им. Н.Э. Баумана

2018

Рецензенты:

Работа подготовлена на секции кафедры
«Инженерная графика»

Введение в инженерную графику: методические указания к выполнению графических работ / И.М. Дмитриева, Т.В. Кузнецова, А.П. Чувашев. – М. : ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. - 47 с.

Методические указания содержат необходимый теоретический материал и практические рекомендации к выполнению заданий по модулю «Инженерная графика». Для студентов направления подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», изучающих курс инженерной графики.

УДК 744
ББК 30.11

Учебное издание

Дмитриева Ильзина Михайловна

Кузнецова Татьяна Васильевна

Чувашев Анатолий Петрович

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инженерная графика входит в базовую часть дисциплин общепрофессиональной подготовки в системе высшего образования. Основной ее задачей является умение выполнять на чертеже изображения объектов конкретной области инженерной деятельности, придерживаясь правил стандартов ЕСКД.

Целью данных методических указаний является ознакомление студентов с первоначальными сведениями по выполнению и оформлению чертежей согласно правилам ЕСКД на примере заданий «Титульный лист» (У0) и «Геометрическое черчение» (У1).

Методические указания предназначены для студентов инженерных направлений подготовки, изучающих курс инженерной графики, при самостоятельном выполнении расчетно-графических работ, предусмотренных в учебной программе.

Компетенции, приобретенные студентами в курсе инженерной графики, необходимы для изучения специальных технических дисциплин, а также в последующей инженерной деятельности. Изучение способов построения изображений простых предметов также способствует эффективному использованию полученных знаний при создании электронных чертежей в графических программах.

Задания выполняются карандашом на листах чертежной бумаги формата А3 (420 × 297). К выполнению заданий по инженерной графике можно приступить только после усвоения теории и ознакомления с методическими указаниями по теме, содержанием и порядком их выполнения.

Все задания предварительно выполняются в тонких линиях. Для обводки и окончательного оформления чертежа необходимо получить разрешение преподавателя. На каждое занятие студент обязан представить преподавателю выполненную работу с целью проверки правильности выполнения, выявления и устранения ошибок.

Полностью выполненный чертеж предъявляется студентом для окончательной проверки и защиты – опроса преподавателем по теме задания. При отсутствии ошибок и правильных ответах на вопросы чертеж принимается преподавателем – подпись преподавателя в графе «Принял». Принятый чертеж хранится студентом до конца семестра и сдается вместе со всеми заданиями. Исходные материалы, выданные студенту, сдаются сразу после принятия чертежа.

1. Цель и содержание заданий «Титульный лист» и «Геометрическое черчение»

Задания «Титульный лист» (У0) и «Геометрическое черчение» (У1) являются первыми заданиями, выполняемыми студентами всех направлений подготовки по модулю «Инженерная графика».

Целью задания является:

1) изучение правил выполнения и оформления чертежей, изложенных в государственных стандартах:

- ГОСТ 2.301 – 68 «Форматы»;
- ГОСТ 2.302 – 68 «Масштабы»;
- ГОСТ 2.303 – 68 «Линии»;
- ГОСТ 2.304 – 81 «Шрифты чертежные»;
- ГОСТ 2.306 – 68 «Обозначение графических материалов и правила их нанесения на чертежах»;
- ГОСТ 2.307 – 2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

2) изучение основ геометрических построений (уклоны, конусности, сопряжения, лекальные кривые).

Содержание задания «Титульный лист» и размеры применяемых шрифтов приведены в приложении 1. Содержание задания «Геометрическое черчение» (У1) определяется индивидуальным заданием, которое студент получает у преподавателя. Пример выполнения задания приведен в приложении 2.

2. Общие правила оформления чертежей

При выполнении чертежей строго обязательным является соблюдение требований стандартов ЕСКД – Единой системы конструкторской документации.

ЕСКД – комплекс государственных стандартов, обеспечивающих единство оформления и обозначения чертежей, определяющих виды изделий, состав конструкторской документации и другие параметры, необходимые для разработки, оформления и обращения конструкторской документации.

Обозначение стандартов ЕСКД (рис.1) обусловлено классификационным принципом. Номер государственного стандарта (ГОСТ) состоит из цифры 2, присвоенной классу стандартов ЕСКД, точки, трехзначного числа, первая цифра которого является номером классификационной группы, а две последние – порядковым номером стандарта в группе, и двухзначного числа (после тире), указывающего год регистрации стандарта. Пример обозначения стандарта ЕСКД «Линии» приведен на рис.1.

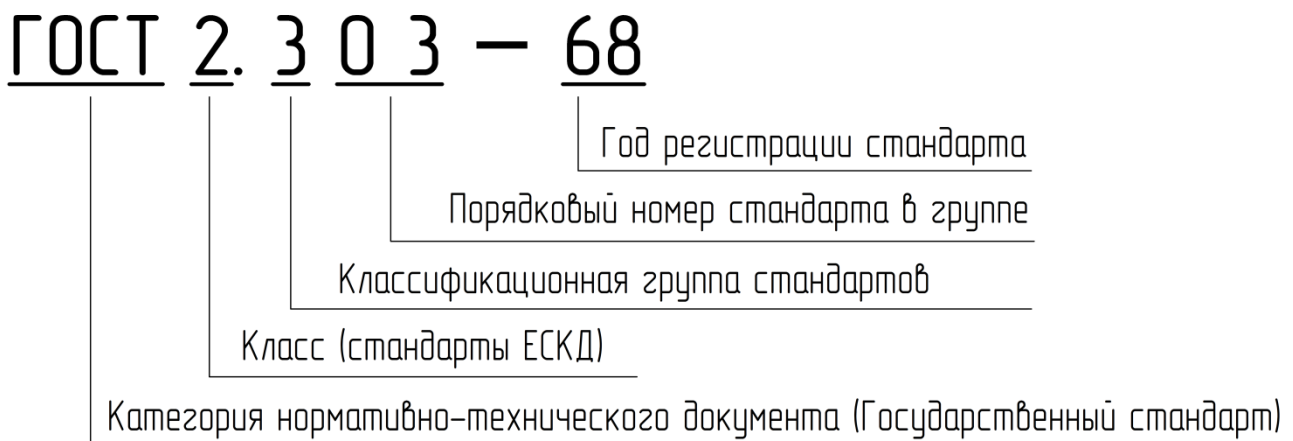


Рис. 1

Все стандарты ЕСКД распределены на десять классификационных групп (табл.1).

Распределение стандартов ЕСКД по классификационным группам

Шифр группы	Содержание стандарта	ГОСТ
0	Общие положения	2.001-70...2.034-83
1	Основные положения	2.101-68...2.124-85
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах	2.201-80
3	Общие правила выполнения чертежей	2.301-68...2.321-84
4	Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения	2.401-68...2.430-85
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование)	2.501-68...2.506-84
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации	2.601-68...2.609-79
7	Правила выполнения схем	2.701-84...2.797-81
8	Правила выполнения документов	2.801-74...2.857-75
9	Прочие стандарты	

2.1 Форматы (ГОСТ 2.301 – 68)

Форматы (размеры) листов чертежей и других документов проектно-конструкторской документации установлены ГОСТ 2.301 – 68.

Форматы подразделены на основные и дополнительные (табл.2). Лист размером 1189×841 мм, имеющий площадь 1 м^2 , называется А0. Меньшие форматы образуются делением большей стороны пополам. Действительно, если известны стороны прямоугольника a и b , то отношение сторон сохраняется: $\frac{a}{b} = \frac{2b}{a}$ (рис.2). Из этого соотношения имеем, что стороны прямоугольника кратны $\sqrt{2}$. Иначе говоря, размеры сторон основных форматов образуют убывающую геометрическую прогрессию со знаменателем, равным $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

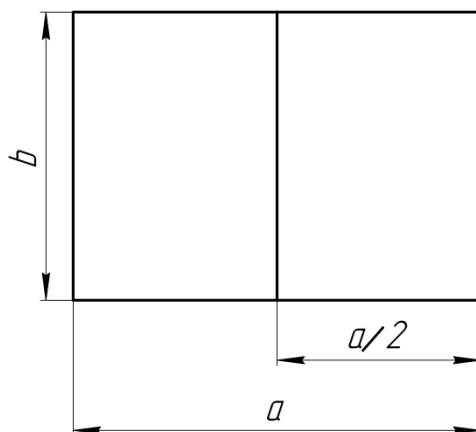


Рис.2

Таблица 2

Основные и дополнительные форматы

Основные форматы		Дополнительные форматы	
Обозначение	Размеры сторон, мм	Обозначение	Размеры сторон, мм
A0	841x1189	A0x2	1189x1682
		A0x3	1189x2523
A1	594x1189	A1x3	841x1783
		A1x4	841x2378
A2	420x594	A2x3	594x1261
		A2x4	594x1682
		A2x5	594x2102
A3	297x420	A3x3	420x891
		A3x4	420x1189
		A3x5	420x1486
		A3x6	420x1783
		A3x7	420x2080
A4	210x297	A4x3	297x630
		A4x4	297x841
		A4x5	297x1051
		A4x6	297x1261
		A4x7	297x1471
		A4x8	297x1682
		A4x9	297x1892
A5	148x297		

Формат А4 располагается только вертикально(!). Остальные форматы могут располагаться как вертикально, так и горизонтально. Все листы обязательно имеют рамку, выполненную сплошной основной линией (линией обводки). Линии, образующие рамку, отстоят от края листа стандартного размера снизу, сверху и справа на 5 мм, слева – на 20 мм (поле для подшивки) (рис. 3).

В правом нижнем углу размещается основная надпись. Для формата А4 основная надпись располагается только вдоль короткой стороны листа.

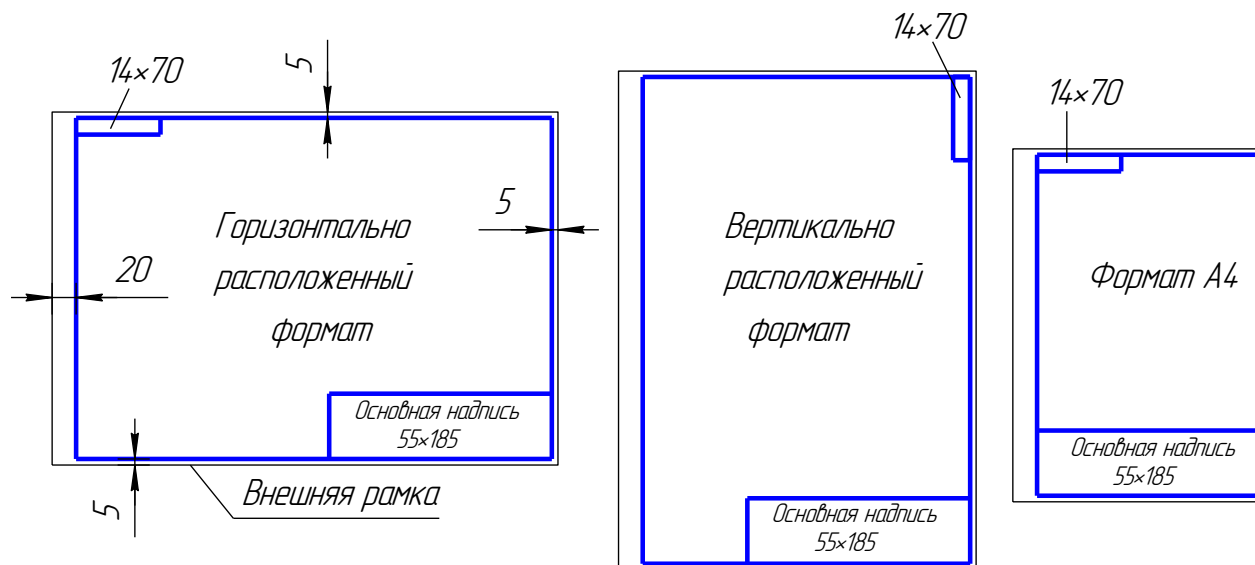


Рис. 3

ГОСТ 2.104 – 68 устанавливает формы, размеры и порядок заполнения основной надписи. Установлены две формы основной надписи: форма 1 (рис. 4) – для чертежей и схем; форма 2 (рис.5) – для текстовых документов.

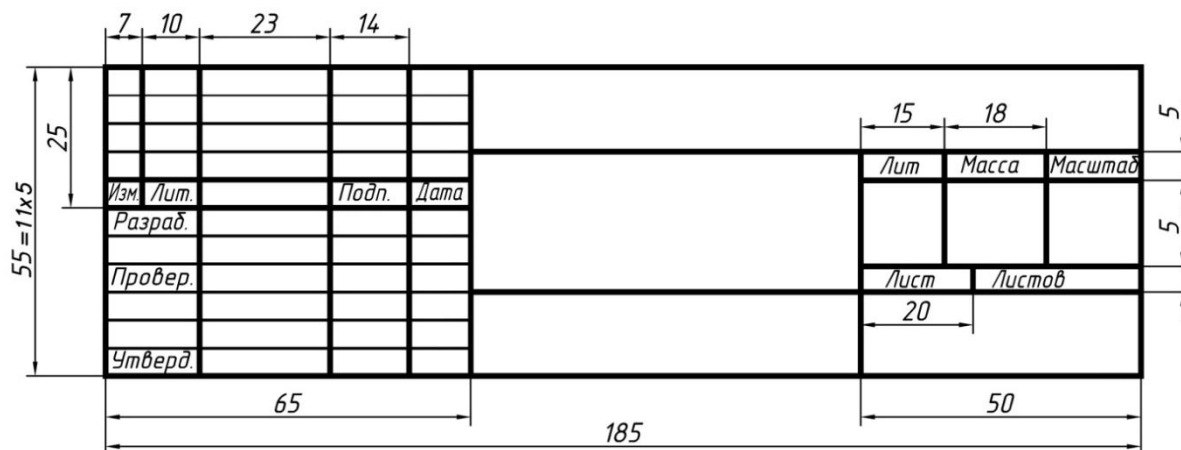


Рис.4

Для учебных чертежей заданий: геометрическое и проекционное черчение, используется упрощенный вариант основной надписи (см. рис. 5).

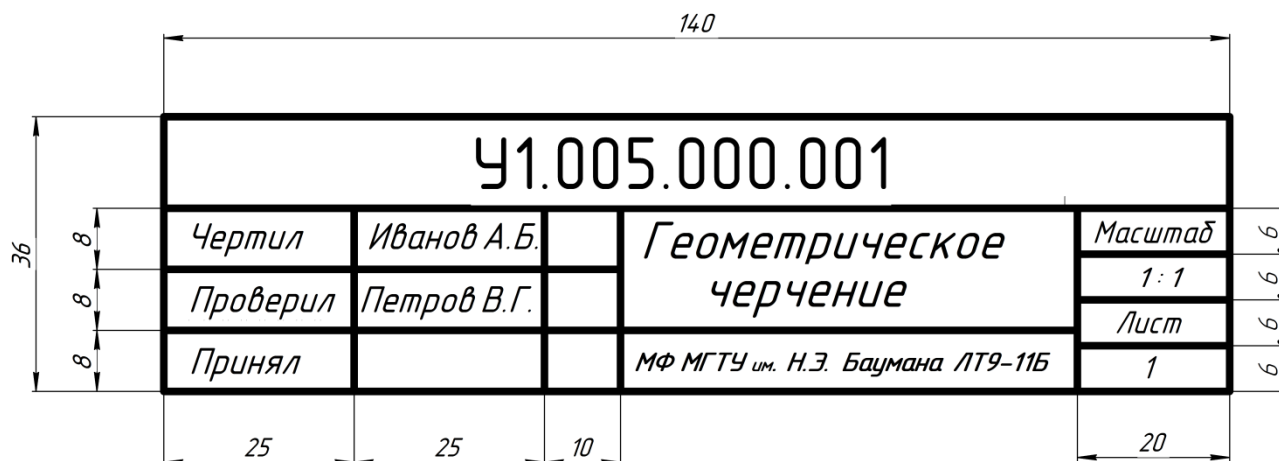


Рис.5

2.2. Масштабы (ГОСТ 2.302 – 68)

Масштабом чертежа называется отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре. В зависимости от размеров, сложности и назначения предмета его изображения на чертеже можно выполнять в натуральную величину, т. е. в масштабе 1:1 (М 1:1) или в масштабе уменьшения или увеличения.

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда:

Таблица 3

Масштабы

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

Предпочтительным является изображение предмета в натуральную величину (масштаб 1:1), так как чертеж получается полностью сходным с изображаемым предметом. Масштаб чертежа указывают в предназначенном для этого

поле основной надписи. Независимо от масштаба изображения предмета на чертеже всегда наносятся его действительные размеры (размерные числа).

Документы в электронной форме в своей реквизитной части должны содержать реквизит, указывающий на принятый масштаб изображения. При выводе документов в электронной форме на бумажный носитель масштаб изображения должен соответствовать указанному.


2.3. Линии (ГОСТ 2.303 – 68)



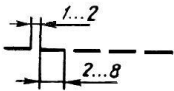
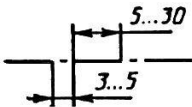
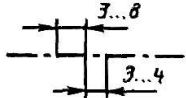
Основными элементами чертежа являются линии согласно ГОСТ 2.303 – 68. ГОСТ 2.303 – 68 устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах, выполняемых в бумажной и (или) электронной форме.

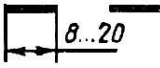
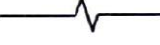
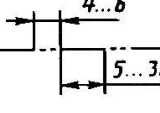
Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий должны соответствовать указанным в таблице 4.

Таблица 4

Линии чертежа и их назначение

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1	2	3	4
1. Сплошная толстая основная		$S (0,5 - 1,4)$	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)

1	2	3	4
2. Сплошная тонкая		от $S/3$ до $S/2$	<p>Линии контура наложенного сечения</p> <p>Линии размерные и выносные</p> <p>Линии штриховки</p> <p>Линии-выноски</p> <p>Полки линий-выносок и подчеркивание надписей</p> <p>Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях</p> <p>Следы плоскостей</p>
3. Сплошная волнистая		от $S/3$ до $S/2$	<p>Линии обрыва</p> <p>Линии разграничения вида и разреза</p>
4. Штриховая		от $S/3$ до $S/2$	<p>Линии невидимого контура</p> <p>Линии перехода невидимые</p>
5. Штрихпунктирная тонкая		от $S/3$ до $S/2$	<p>Линии осевые и центровые</p> <p>Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений</p>
6. Штрихпунктирная утолщенная		от $S/3$ до $S/2$	<p>Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию</p> <p>Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью ("наложенная проекция")</p>

1	2	3	4
7. Разомкнутая		от S до $1.5S$	Линии сечений
8. Сплошная тонкая с изломами		от $S/3$ до $S/2$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		от $S/3$ до $S/2$	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

Толщину S сплошной основной линии принимают равной $0,5 \dots 1,4$ мм в зависимости от размеров, сложности изображения и формата чертежа. Толщина линий одного и того же типа должна быть на данном чертеже одинаковой для всех изображений, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения. Штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины. Промежутки между штрихами в линии должны быть приблизительно одинаковой длины. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами.

Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм.

Примеры применения линий показаны на рисунке 6.

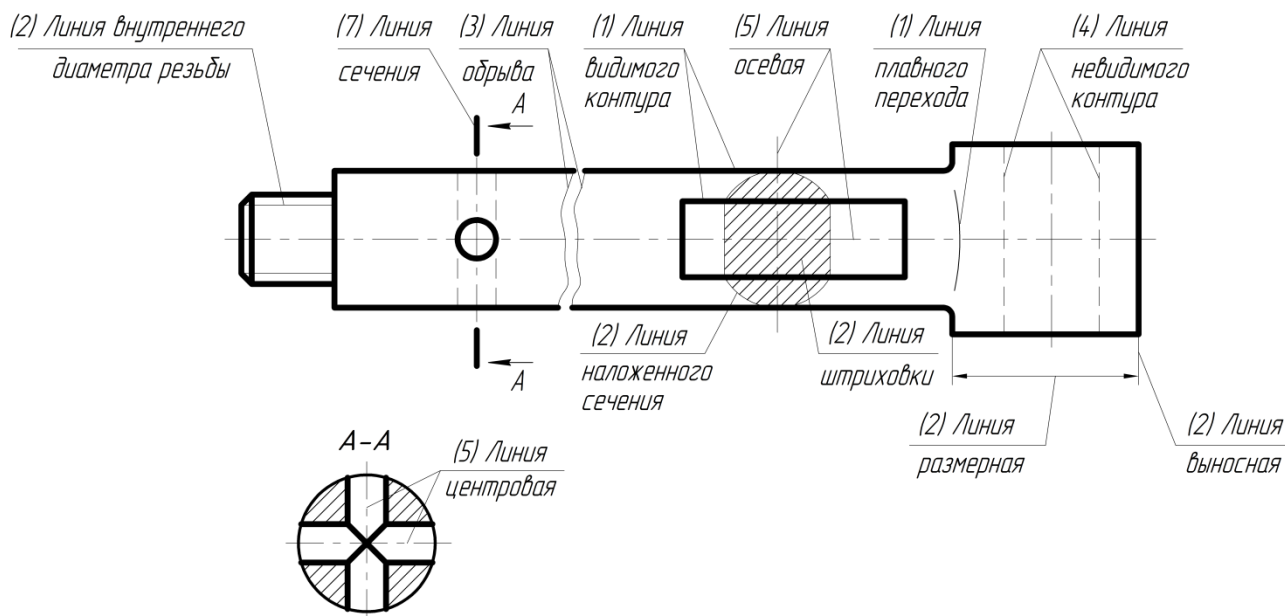


Рис. 6

2.4. Шрифты чертежные (ГОСТ2.304 – 81)

Все надписи на чертеже и других технических документах выполняются чертежным шрифтом по ГОСТ2.304 – 81.

Стандартом устанавливается конструкция букв русского, латинского и греческого алфавитов, цифр арабских и римских, различных знаков.

Размер шрифта определяется высотой h прописных (заглавных) букв и цифр в миллиметрах, измеренных перпендикулярно основанию. Высота строчных букв соответствует предыдущему размеру шрифта.

Устанавливаются следующие размеры шрифта: **(1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40, ...**

Применение шрифта размером 1,8 не рекомендуется и допускается только для типа Б.

Форма прописных и строчных букв русского алфавита, арабских цифр и знаков, установленная шрифтом типа Б с наклоном, представлена на рисунке 7.

Шрифт типа "Б" с наклоном

Прописные буквы

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р

С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

Строчные буквы

а б в г д е ж з и й к л м н о п р с

т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я

Цифры и знаки

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ø □ △ ▸ R

Рис. 7

Для облегчения правильного написания шрифта выполняется вспомогательная сетка сплошными тонкими линиями (вспомогательная сетка не стирается).

Расстояние между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, ГА, АТ), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину линии шрифта.

Минимальным расстоянием между словами, разделенными знаком препинания, является расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом. При выполнении документов автоматизированным способом допускается применять шрифты, используемые средствами вычислительной

техники. В этом случае должны быть обеспечены их хранение и передача пользователям документов.

В таблице 5 приведены основные параметры и размеры шрифтов.

Таблица 5

Основные параметры и размеры шрифтов типа Б

Определяемая величина	Размер шрифта				
	3.5	5	7	10	14
Прописные буквы и цифры					
Высота букв и цифр	3.5	5	7	10	14
Ширина букв и цифр, кроме букв А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1	2.5	3.6	5	7	10
Ширина букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю	3.5	5	7	10	14
Ширина букв А, М	3	4.3	6	8.6	12
Ширина цифры 1	1	1.4	2	2.9	4
Строчные буквы					
Высота букв, кроме букв б, в, д, р, у, ф	2.5	3.6	5	7	10
Высота букв б, в, д, р, у, ф	3.5	5	7	10	14
Ширина букв, кроме ж, м, т, ф, ш, щ, ы, ю	2	2.8	4	5.7	8
Ширина букв ж, т, ф, ш, щ, ы, ю	3	4.3	6	8.6	12
Ширина буквы м	2.5	3.6	5	7	10
Расстояние между буквами, цифрами и знаками	1	1.4	2	3	4
Расстояние между словами и числами	Не менее ширины букв текста				
Расстояние между основаниями строк	5.3	7.5	10.5	15	21

2.5. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертеже (ГОСТ 2.306 – 68)

Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материалов должны соответствовать приведенным в табл.6. Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренных в настоящем стандарте, поясняя их на чертеже.

Таблица 6

Графические обозначения материалов

№	Материал	Обозначение
1	Металлы и твердые сплавы (общее графическое обозначение в сечениях независимо от вида материала)	
2	Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные)	
3	Древесина	
4	Камень естественный	
5	Керамика и силикатные материалы для кладки	
6	Бетон	
7	Стекло и другие светопрозрачные материалы	
8	Жидкости	
9	Естественный грунт	

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линии контура изображения или к его оси (рис. 8) или к линиям рамки чертежа (рис. 9).

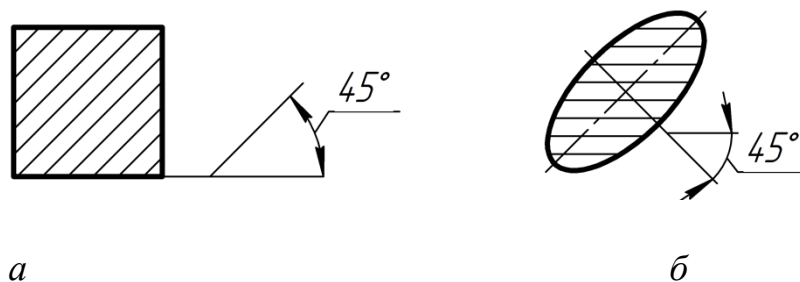


Рис. 8

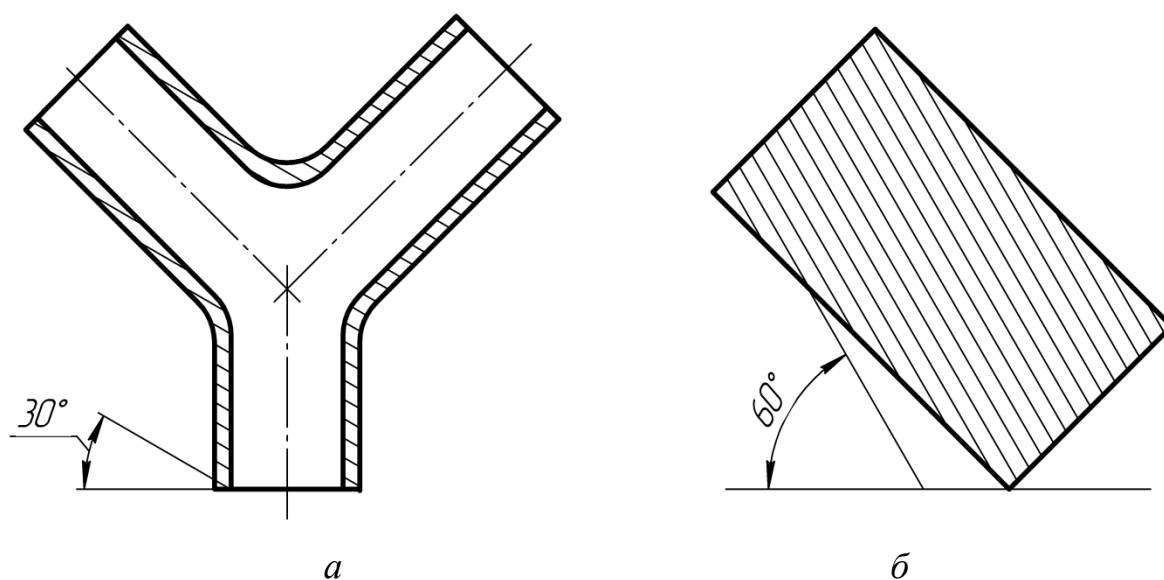


Рис. 9

Если линии штриховки, приведенные к линии рамки чертежа под углом 45° , совпадают с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60° (рис. 10).

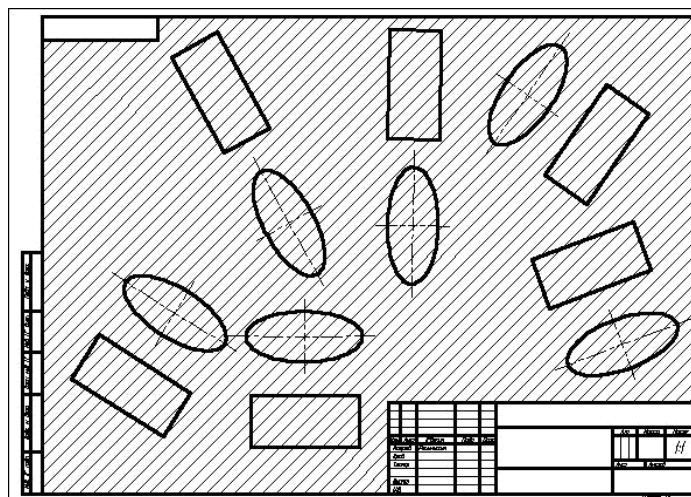


Рис. 10

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но, как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, не зависимо от количества листов, на которых эти сечения расположены. Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали и выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

2.6. Основные правила нанесения размеров (ГОСТ 2.307 – 2011)

О величине изделия и его элементов судят по размерам, приведенным на чертеже. Размеры наносятся по определенным правилам, изложенным в ГОСТ 2.307 – 2011. В настоящем учебном пособии рассматриваются только основные правила нанесения размеров, которые необходимо знать при выполнении чертежей задания «Геометрическое черчение».

Размеры состоят из выносных и размерных линий, стрелок и размерного числа. Размерные числа должны соответствовать действительным размерам изображаемого предмета, независимо от того, в каком масштабе выполнен чер-

теж (изображение). Размеры подразделяются на линейные: длина, ширина, высота, величина диаметра, радиуса дуги, и на угловые: размеры углов.

Линейные размеры приводятся на чертеже в миллиметрах, единицу измерения (мм) на чертеже не указывают. В пределах одного чертежа размерные числа выполняют цифрами одинакового шрифта (для задания У1 рекомендуется размер шрифта 5). Расстояние от размерного числа до размерной линии 1-2 мм (рис. 8).

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии (выносные, контурные и т.д.). Стрелки вычерчивают приблизительно одного размера для всего чертежа. Форма стрелки и ее размеры приведены на рисунке 11.

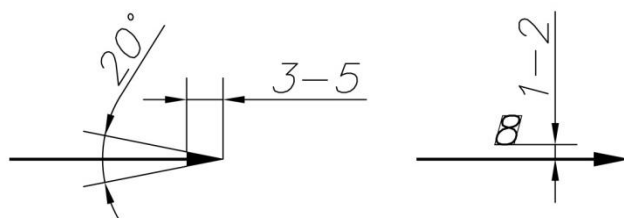


Рис. 11

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий на чертеже определяют наибольшим удобством чтения чертежа (со стороны основной надписи).

При указании размеров диаметра, квадрата, радиуса, уклона, конусности перед размерным числом наносят соответствующие знаки (рис. 12).



Рис. 12

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1-5 мм (рис. 13).

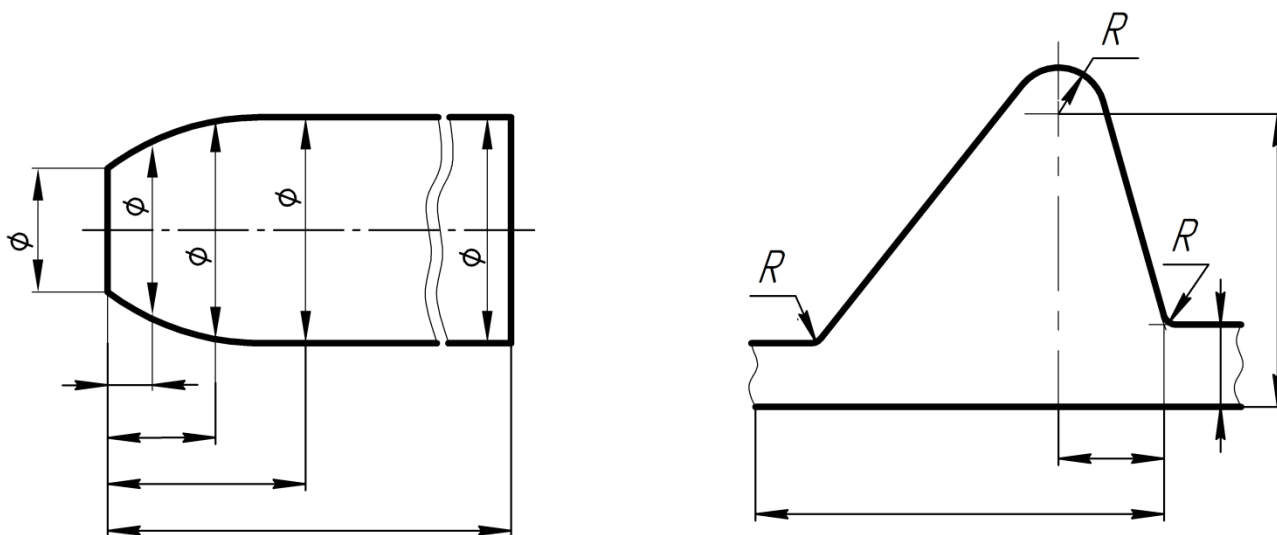


Рис. 13

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно к размерным.

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии – радиально (рис. 14).

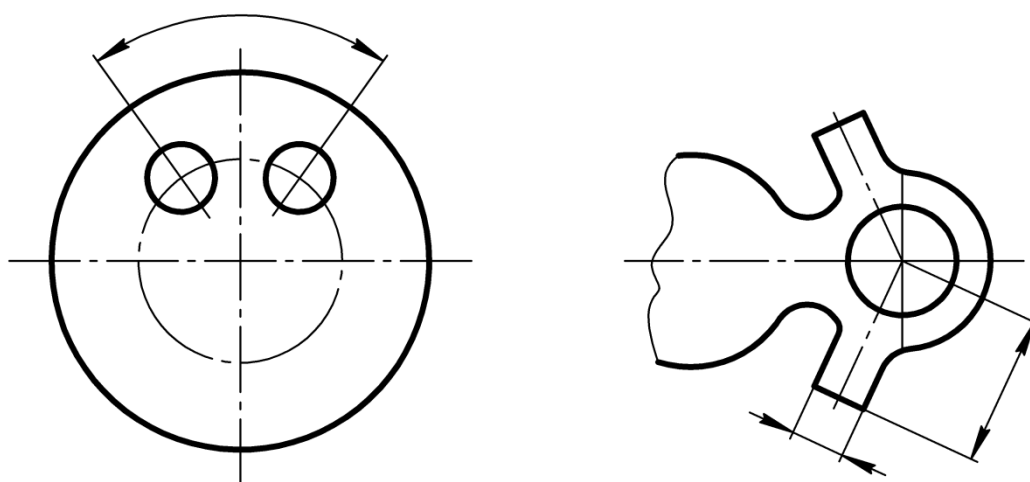


Рис. 14

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рисунке 15а. Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (рисунок 15б).

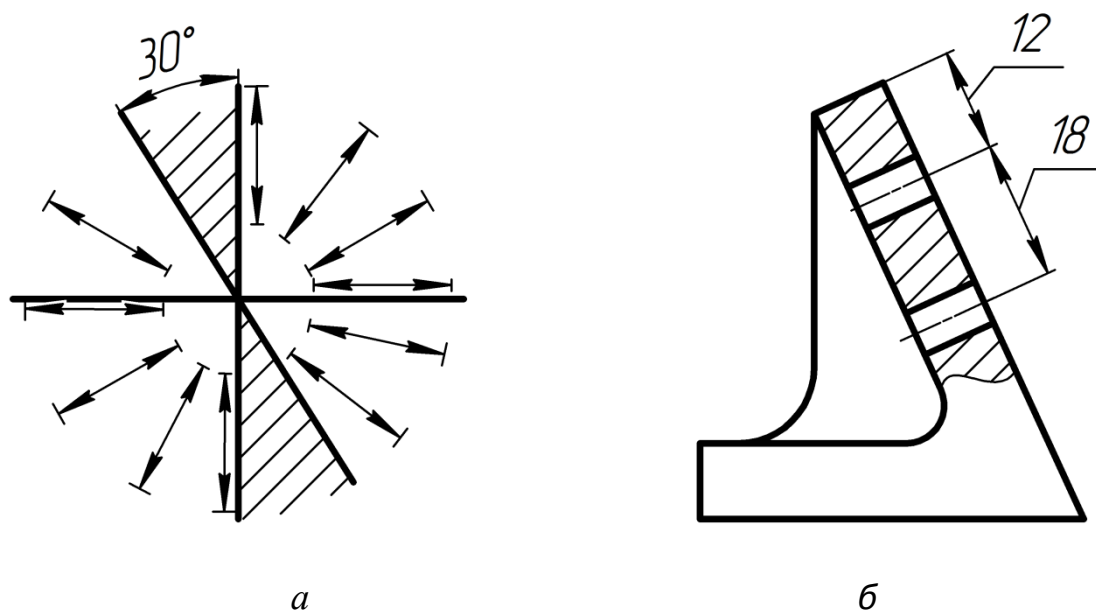


Рис. 15

Размеры радиусов наружных и внутренних скруглений наносят, как показано на рис. 16.

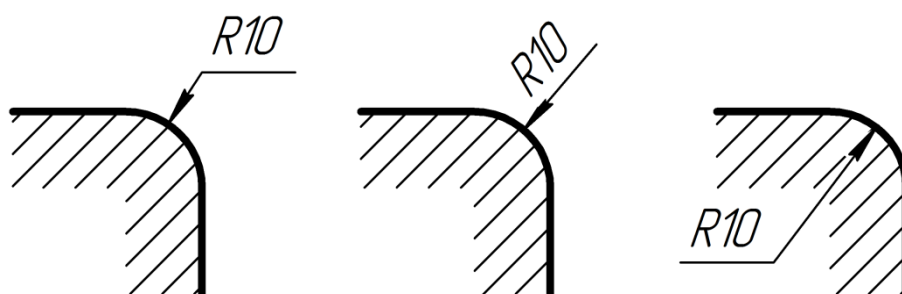


Рис. 16

Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм, а между размерной и линией контура – 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа.

При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рис. 17).

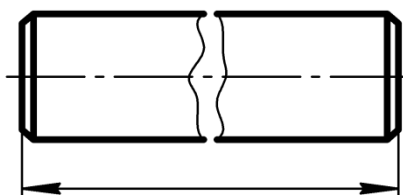


Рис. 17

При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т.п.) на одной оси или на одной окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующими способами: 1) от основной базы (поверхности, оси) (рис. 18а и 18б); установлением размеров нескольких групп элементов от нескольких основных баз (рисунок 18в); установлением размеров между смежными элементами (цепочкой) (рис. 18г).

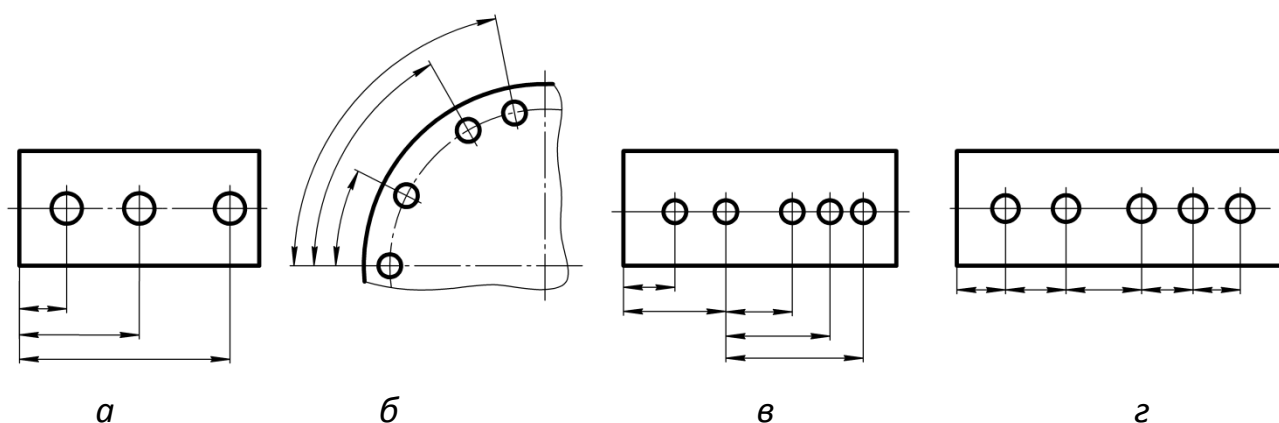


Рис. 18

Размеры в графическом документе не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный. Справочным называются размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и наносимые только для удобства пользования чертежом. Справочные размеры на чертеже обозначают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «* - размер для справок».

3. Геометрические построения

При построении изображений необходимо правильно построить, а также наносить их размеры с применением определенных условностей. Рассмотрим такие случаи.

3.1. Построение уклонов и конусности

Уклон – отклонение прямой линии или плоскости относительно другой, принятой за уровень (базу, основание). Иначе говоря, на практике двугранный угол, который определяется плоским углом двугранного угла, может быть задан не градусной мерой, а тангенсом этого угла, т.е. отношением противолежащего катета к прилежащему в прямоугольном треугольнике (рис. 19 а), т.е.

$$i = \frac{b}{a} = \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

Это отношение также может быть выражено в процентах, например, $\frac{1}{4} = 25\%$ (рис.19 б) или в промилях¹, если уклон очень мал (например, уклон оси железной дороги).

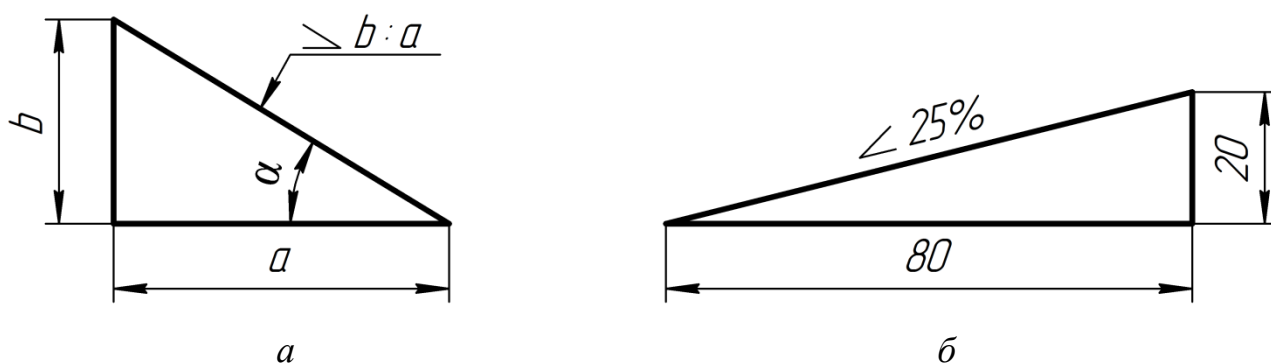


Рис. 19

Знак уклона \angle – его вершина должна быть направлена в сторону уклона – наносят перед размерным числом, располагаемым на полке линии-выноски или непосредственно у изображения поверхности уклона, как показано на рисунках. Незначительный уклон допускается на чертеже изображать с увеличением.

Рассмотрим пример построения уклона внутренней грани верхней полки швеллера (рис. 20). Для этого построим вспомогательный прямоугольный треугольник с катетами 5 и 50 мм (при отсутствии места можно взять числа, пропорциональные данным, например, 10 и 100 мм). Действительно, тангенс угла

¹ 1 промилле (от лат. “promille”) – это одна тысячная часть числа. Для обозначения промилле существует специальный знак ‰. 1‰ = 0,1%.

при вершине острого угла равен $\frac{1}{10}$, т.е. $\frac{1}{10} = \frac{10}{100} = \frac{5}{50} = 10\%$. Через точку, определяющую место измерения толщины полки, проведена прямая, параллельная гипотенузе вспомогательного треугольника с катетами 5 и 50 (рис. 20а). Такая точка в случае швеллера задается размерами $\frac{b-s}{2}$ и t , а в случае балки двутавровой – $\frac{b-s}{4}$ и t . Этот треугольник может быть построен и в стороне от полки швеллера или балки двутавровой (рис. 20б).

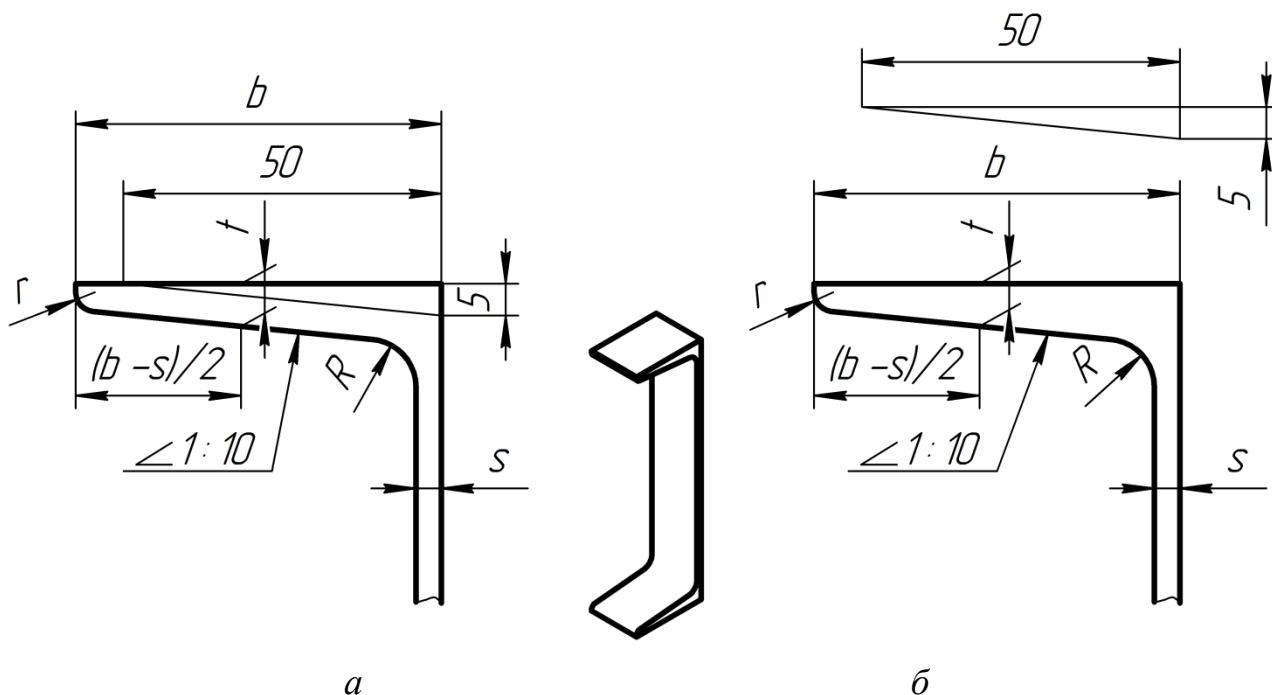


Рис. 20

В связи с тем, что уклон железнодорожного пути сравнительно невелик, его также принято исчислять в промилле, однако при этом употребляют термин «*тысячная*» (например: «уклон 10 тысячных»).

Представив рельс как гипотенузу прямоугольного треугольника, один из катетов которого имеет длину 1000 метров и параллелен горизонту, увидим, что второй катет будет равен высоте, на которую поднимется состав, проехав чуть больше 1-го километра. Отношение второго катета к первому на практике часто представляет собой очень малую величину, поэтому его удобно выражать в тысячных. Уклон в 8 ‰ означает, например, что, проехав 1 километр, состав поднимется на высоту 8 метров (тангенс угла подъема при этом составляет 0.008, т. е. собственно угол подъема равен $\arctg 0.008 \approx 0.46^\circ$).

Уклоны необходимо строить при вычерчивании профилей многих деталей: швеллер (ГОСТ 8240 – 97), балка двутавровая (ГОСТ 8239 – 93), граней рельса (ГОСТ Р 51685 – 2013). При этом значения уклонов и соответствующих им углов должны назначаться в соответствии с приведенными в табл. 7 значениями.

Таблица 7

Значения уклонов и углов для призматических деталей по ГОСТ 8908 – 81

Уклон	Угол уклона	Уклон	Угол уклона
1:500	6'52,5"	1:50	1°8'44,7"
1: 200	17'11,3"	1:20	2°51'44,7"
1:100	34'22,6"	1:10	5°42'38,1"

Конусность. Размеры конуса могут быть заданы диаметром поперечного сечения конуса, конусностью, определяемой как *отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними*. Это отношение равно удвоенному тангенсу половины угла при вершине конуса, т.е. *конусность равна удвоенному уклону образующей конуса к его оси*.

$$C = \frac{D-d}{L} = 2tg \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

Известно, необходимым и достаточным условием задания конуса вращения являются два размера. Например, для наружных конусов угол α или $\alpha/2$ и диаметр основания конуса D или диаметр основания D и высота L (рис.21а); для внутренних конусов диаметр основания d и высота L или диаметр основания d и угол α (Рис. 21а). Усеченный конус определяет три размера: диаметры оснований D и d , высота L или один из диаметров оснований, например, d , угол α и высота L (рис. 21б). В зависимости от условий могут быть выбраны те или иные размеры. Однако задание конуса размерами D , d и L из-за трудностей изготовления применяют редко. Допускается указывать дополнительные размеры, как справочные (рис. 22б).

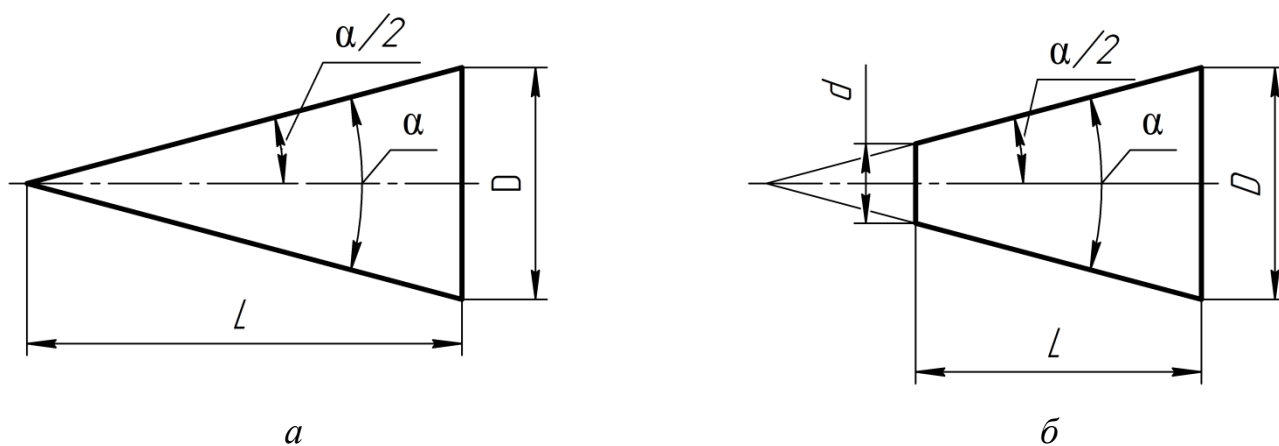


Рис. 21

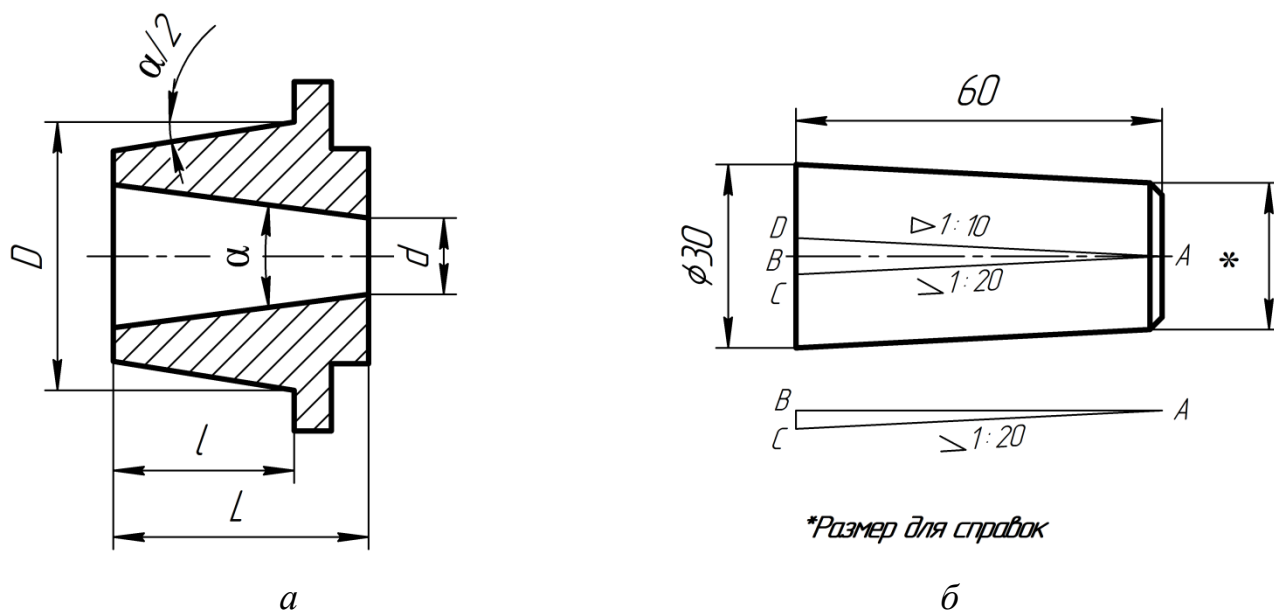


Рис. 22

Углы (за исключением специальных случаев) выбирают из ряда значений, установленных ГОСТ 8908 – 81 и приведенных в таблице 7.

При построении очертания конуса, задаваемого конусностью, высотой и одним из диаметров, второй диаметр вычисляют по формуле (2) или как отношение сторон во вспомогательных треугольниках ACD или ABC (рис. 22б). Действительно, в треугольнике ABC отношение $BC:AB$ в два раза меньше, чем отношение сторон $DC:AB$ в треугольнике ADC . Действительно,

$$i = \frac{BC}{AB} = \frac{1}{20}, \quad c = \frac{CD}{AB} = \frac{2}{20} = \frac{1}{10}.$$

Следовательно, конусность равна удвоенному значению уклона, т.е. $c = 2i$. Дальнейшие действия такие же, как и при построении уклона. Это позволяет

увидеть различие между понятиями «уклон» и «конусность», имеющими важное значение в машиностроении.

Конусность может быть задана отношением двух чисел или десятичной дробью. Знак конусности ∇ , острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса, наносят перед размерным числом, располагая в зависимости от положения оси конуса (рис. 23).

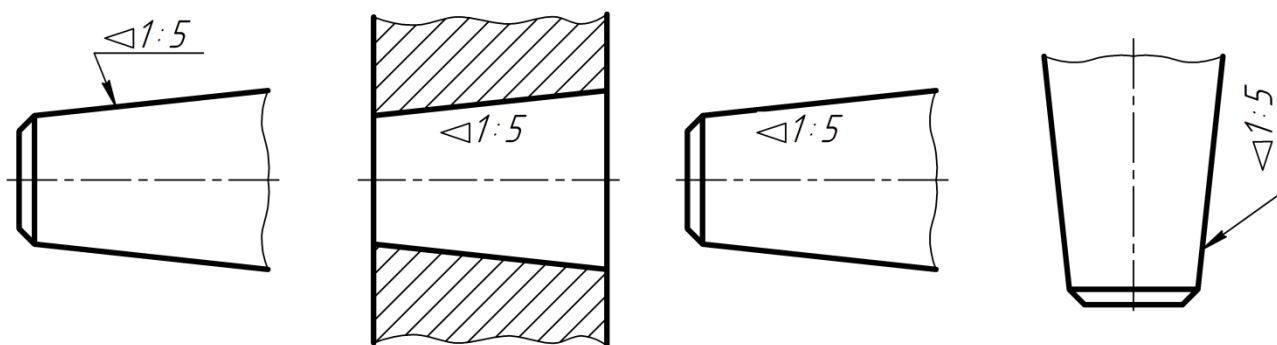


Рис. 23

В конических соединениях, т.е. в случаях, когда конический стержень вставляют в коническое отверстие, указание конусности обязательно(!).

Незначительную конусность допускается изображать с увеличением или проводить только одну линию, соответствующую меньшему диаметру конуса (рис. 24).

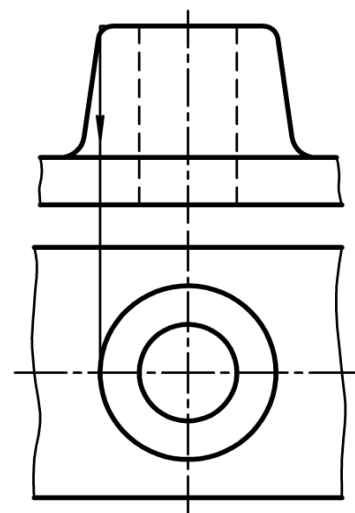


Рис. 24

Конусности общего назначения стандартизированы. В табл.8 приведены их значения из ГОСТ 8593 – 81 с примерным указанием области их применения.

Таблица 8

Конусность	Угол конуса α	Применение
1:50	$1^{\circ}8'45''$	Конические штифты, установочные шпильки
1:20	$2^{\circ}51'51''$	Метрические конусы в шпинделях станков, оправки
1:15	$3^{\circ}49'06''$	Конические соединения деталей при усилиях вдоль оси. Соединения поршней со штоками
1:10	$5^{\circ}43'29''$	Концы валов электрических и других машин
1:7	$8^{\circ}10'16''$	Пробки кранов для арматуры
1:5	$1^{\circ}8'45''$	Легко разнимающиеся соединения деталей при перпендикулярных к оси усилиях. Конические хвосты цапф
1:1,866	30°	Фрикционные муфты приводов, зажимные цанги, головки шинных болтов
1:1,207	45°	Уплотняющие конусы для легких ниппельных винтовых соединений труб
1:0,866	$60''$	Центровые отверстия

3.2. Сопряжения

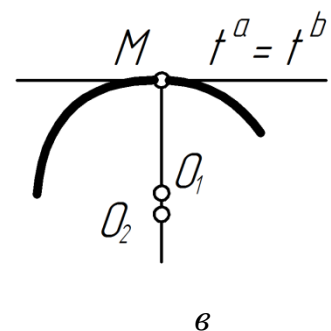
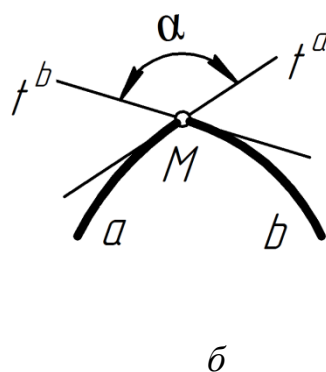
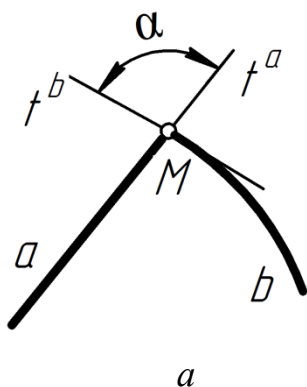
Профили технических поверхностей (профили турбин, сучкоподборщиков и др.) в общем случае нельзя описать дугой одной математической кривой. Для этого конструируют составные линии (обводы). Они представляют ломаные или плавные кривые, составляющие которых в стыковых точках, имеют определенный порядок соприкосновения.

Сопряжением называется плавный переход одной линии в другую. Общую точку, в которой осуществляется плавный переход, называют **точкой сопряжения**. Линия, состоящая из дуг нескольких кривых, называется **обводом**. Точки их сопряжения называются **стыковыми**. Необходимое условие плавного перехода – это существование в точке сопряжения общей касательной. Поэтому выполнение сопряжений основано на использовании свойств прямых, касательных к окружностям.

Роль сопряжений в очертаниях различных изделий техники огромна. Их обуславливают требования прочности, технологии, гидро-, аэродинамики, промышленной эстетики.

Основной характеристикой обвода является **порядок гладкости**. Различают:

- **нулевой порядок** – касательные в точке сопряжения образуют угол, отличный от 0° и 180° (рис. 25 а, б);
- **первый порядок** – касательные, проведенные к смежным составляющим в точке стыка, совпадают, но кривизна смежных линий в точке сопряжения различна (рис. 25 в, г);
- **второй порядок** – в стыковой точке совпадают касательные и центры радиусов кривизны смежных составляющих (рис. 25 д).



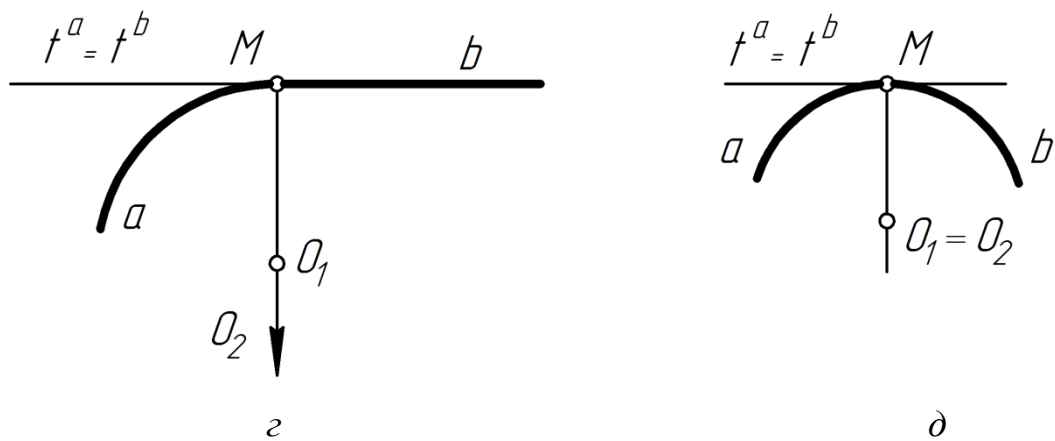


Рис. 25

Предельное положение l окружности l' , проходящей через точку M кривой и две другие ее близкие точки N и P , когда $N \rightarrow M$; $P \rightarrow M$, называется **кругом кривизны** (рис. 26). Центр O и радиус R окружности l называются соответственно центром и радиусом кривизны кривой m в точке M . Величина $k = \frac{1}{R}$ называется **кривизной** кривой в точке M .

Заметим, что существование общей касательной составляющих в стыковой точке равносильно равенству значений **первых** производных от уравнений этих составляющих. В случае обводов второго порядка гладкости в стыковых точках составляющие имеют равные **первые** и **вторые** производные.

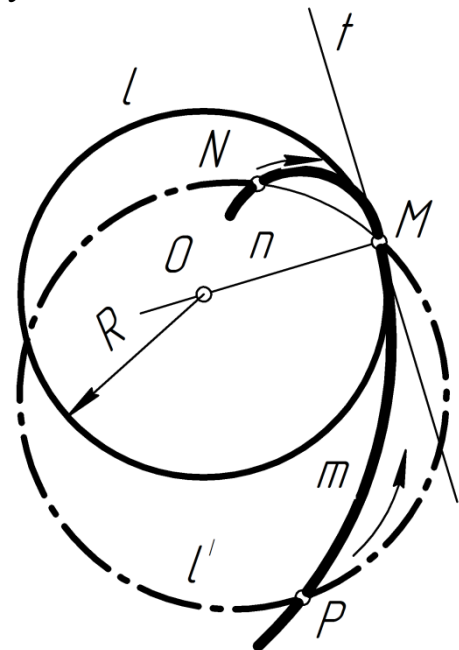


Рис. 26

Примером обвода нулевого порядка гладкости является ломаная. Широко используемые в технике простейшие сопряжения – плавные переходы прямой в дугу окружности или дуги одной окружности в дугу другой – обеспечивают только гладкость первого порядка. Другими словами, равные первые производные от уравнений смежных составляющих в стыковых точках равносильно существованию **двухточечного касания**. Говоря об обводах второго порядка

На рис. 28 показано сопряжение двух прямых дуг окружности заданного радиуса R_c . Заметим, что необходимыми элементами при построении сопряжений являются центр сопряжения O_c , радиус сопряжения R_c и хотя бы одна из точек сопряжения A или B (рис. 28).

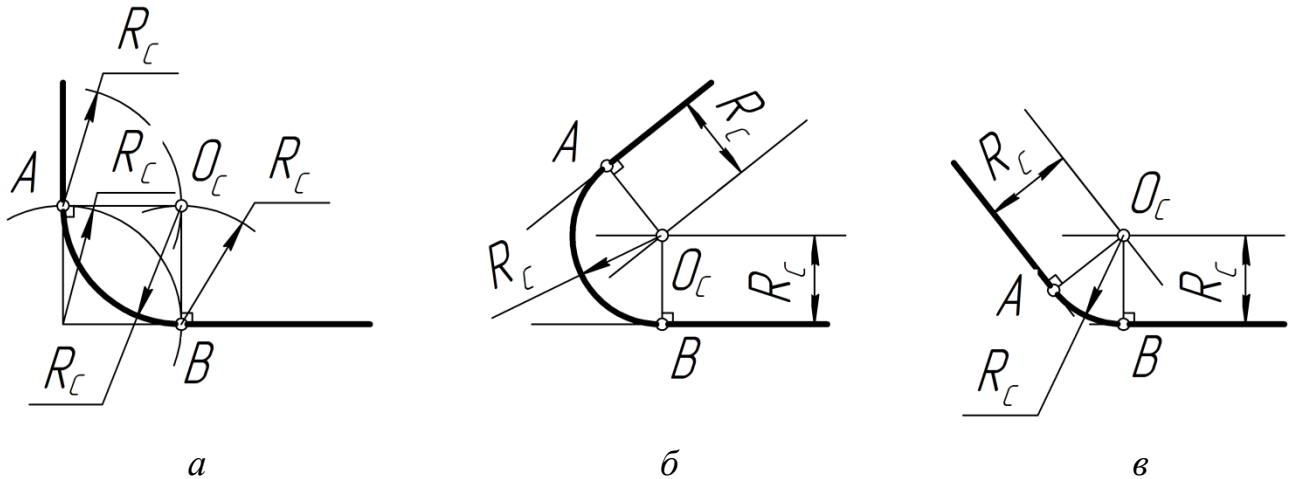


Рис. 28

При построении таких обводов необходимо уметь строить касательную t к окружности m в данной точке M (рис. 29а), проводить касательную t из внешней точки A к данной окружности m (рис. 29б).

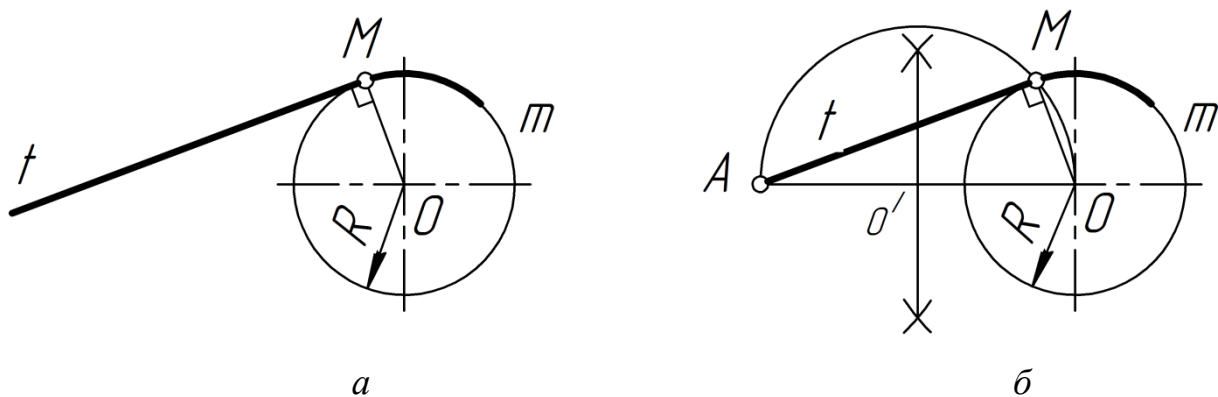


Рис. 29

При построении общей касательной двух окружностей различают **внешнее** касание – если центры окружностей лежат по одну сторону от касательной (рис. 30) и **внутреннее** – если центры оказались по разные стороны от касательной (Рис. 31).

Построение общей касательной к двум данным окружностям m, k радиусов R_1 и R_2 сводится к проведению касательной из внешней точки к данной окруж-

ности m (Рис. 29б). Для построения внешней касательной к данным окружностям m и k проведем вспомогательную окружность радиуса $R' = R_1 - R_2$ и касательную из центра O_2 окружности k к построенной окружности радиуса R' . Искомая касательная параллельна вспомогательной (рис. 30).

В случае построения внутренней общей касательной к окружностям m и k проводят вспомогательную касательную из центра O_2 окружности k к вспомогательной окружности радиуса $R' = R_1 + R_2$. Тогда искомая внутренняя касательная $MN \parallel O_2M'$ (рис.31).

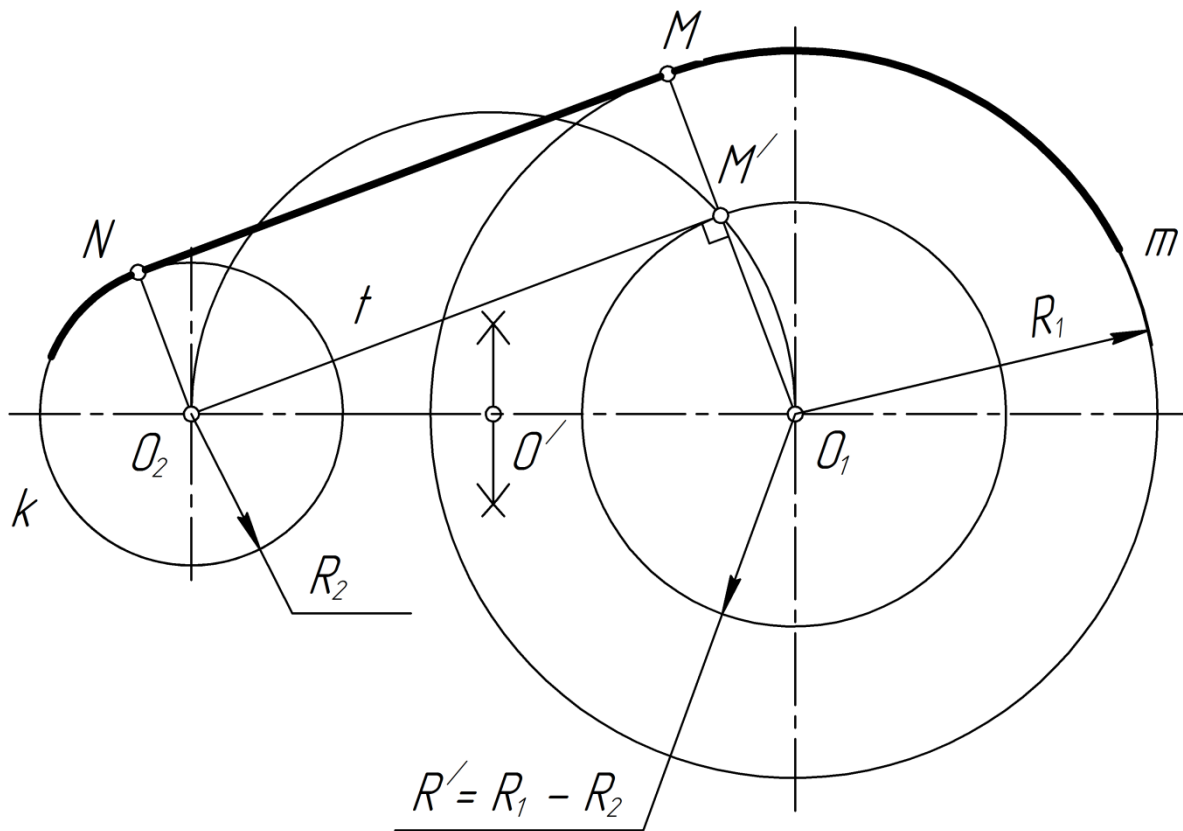


Рис. 30

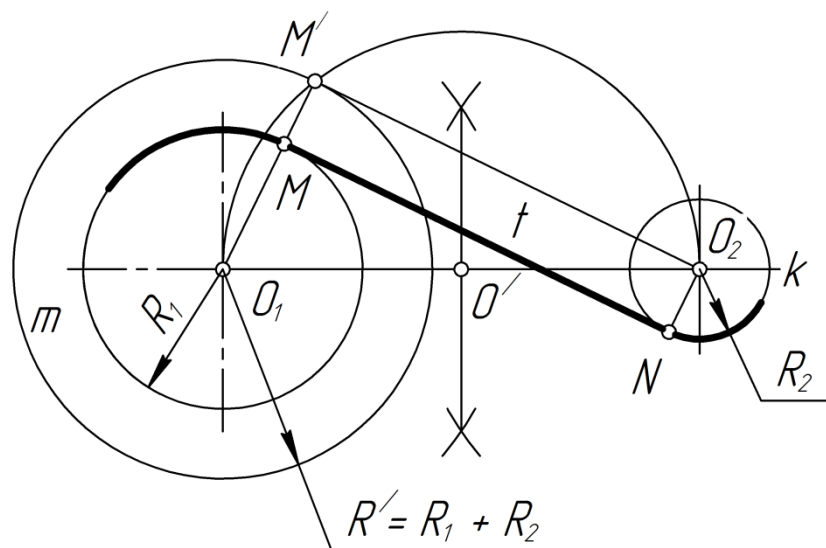


Рис. 31

Известны два вида касания двух окружностей: внешнее и внутреннее. Если центры O_1 , O_2 окружностей m , k расположены по разные стороны от точки касания, то касание называют **внешним** (рис. 32а). При этом расстояние O_1O_2 между центрами окружностей равно сумме радиусов $R_1 + R_2$ этих окружностей. Если же центры O_1 , O_2 данных окружностей m , k лежат по одну сторону от точки касания, то касание называют **внутренним** (рис. 32б). В этом случае расстояние O_1O_2 между центрами окружностей равно разности их радиусов $R_1 - R_2$. Соответственно рассматривают как внешнее сопряжение (рис. 33 б) двух окружностей m и k , так и внутреннее (рис. 33в). На рис. 33а показано сопряжение прямой с дугой окружности m .

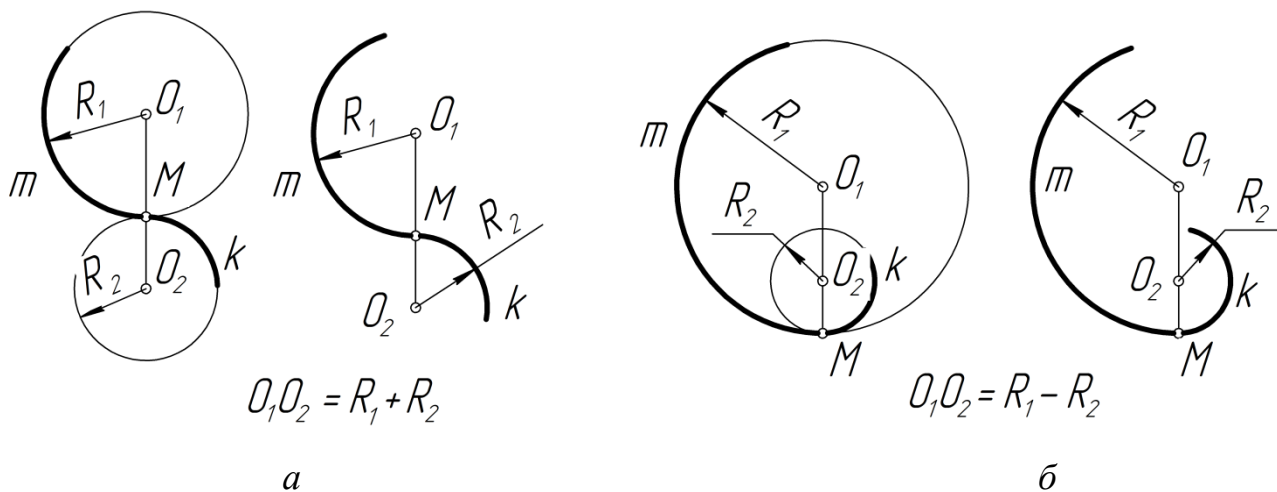


Рис. 32

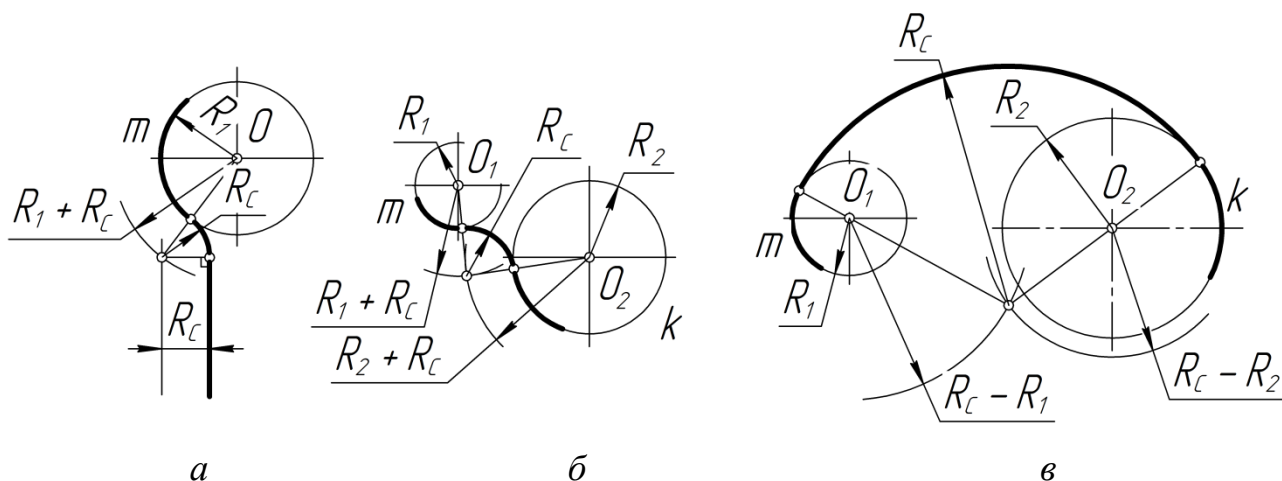


Рис. 33

4. Простейшие геометрические построения

В этом разделе рассмотрим задачи на деление отрезка; построение биссектрисы угла; правильных многоугольников и окружности, заданной тремя различными условиями.

4.1. Деление отрезка пополам

Деление отрезка AB пополам выполняется так (рис. 34):

- строятся две окружности a и b радиуса R с центрами A и B , где $\frac{1}{2}AB < R < AB$;
- прямая MN , соединяющая точки M , N пересечения окружностей a и b , пересекает отрезок AB в его середине O .

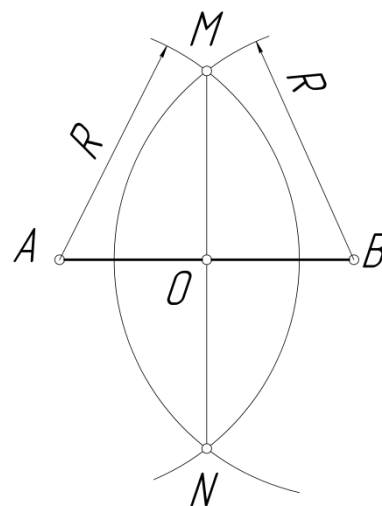


Рис. 34

4.2. Деление отрезка в заданном отношении

Пусть отрезок AB требуется разделить точкой C в отношении $n_1:n_2$. Это записывается так $(ABC) = \frac{AC}{BC} = \frac{n_1}{n_2}$. Задача имеет два решения:

1) точка C делит отрезок AB внутренним образом (точка C находится внутри отрезка AB , тогда отношение $\frac{n_1}{n_2} < 0$);

2) точка C делит отрезок AB внешним образом (точка C находится вне отрезка AB , тогда отношение $\frac{n_1}{n_2} > 0$).

На рис. 35 показано деление отрезка AB точкой C в отношении $\frac{AC}{BC} = -\frac{2}{3}$ (внутренним образом), а на рис. 36 – внешним образом $\frac{AC}{BC} = \frac{2}{3}$.

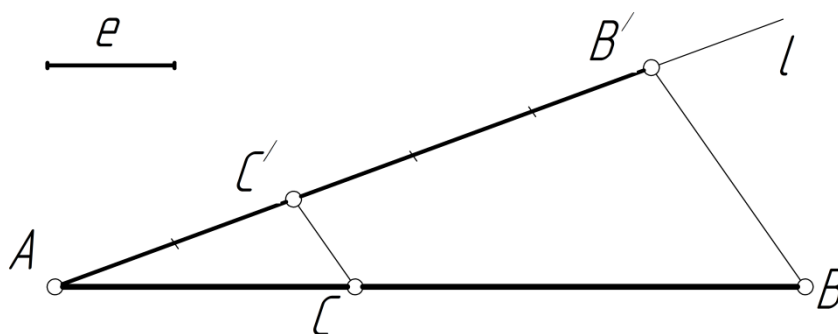


Рис. 35

Задачу решаем в такой последовательности:

- через точку A проводим луч l под произвольным углом к прямой AB ;
- на луче l от точки A откладываем два отрезка длиной e и получаем точку C' ;
- от точки C' в том же направлении откладываем три отрезка e , если выполняется деление внутренним образом (см. рис. 35), и в обратном направлении, если выполняется деление внешним образом (см. рис. 36); в первом случае точка C' делит вспомогательный отрезок AB' в отношении $\frac{2}{3}$ внутренним образом, а во втором случае – внешним образом;
- соединяем точку B' с точкой B и через точку C' проводим прямую $C'C \parallel B'B$; из подобия треугольников $AB'B$ и $AC'C$ следует

$$- \frac{AC}{BC} = \frac{AC'}{B'C'} = \frac{2}{3}.$$

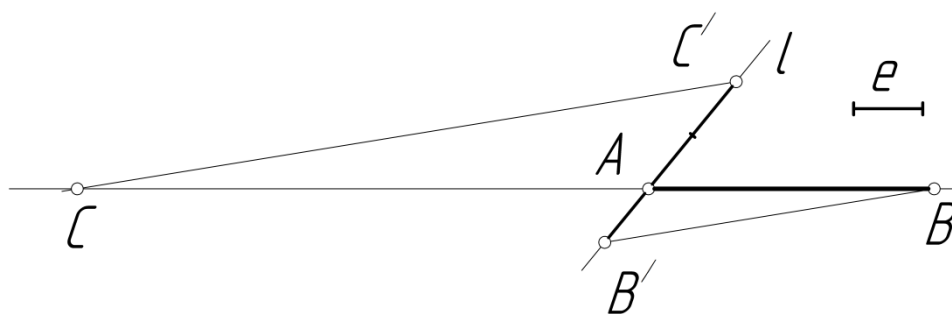


Рис. 36

4.3. Построение биссектрисы угла (деление угла пополам)

Из вершины O угла $\widehat{a, b}$ проводим дугу вспомогательной окружности l произвольного радиуса R (рис. 37).

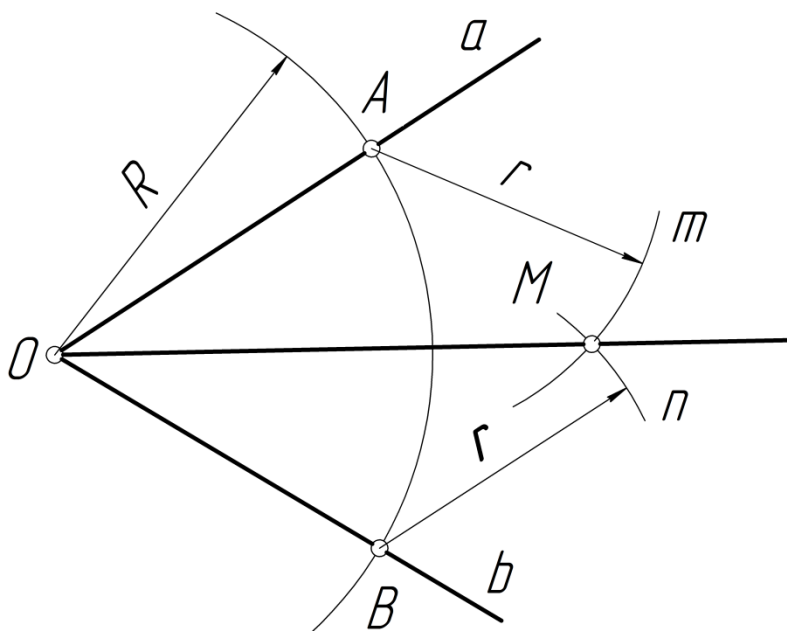


Рис. 37

Из точек $A = a \cap l, B = b \cap l$ выполняем засечки дугами двух окружностей m и n равного радиуса r . Через точку M их пересечения проходит искомая биссектриса OM .

4.4. Построение правильных 3-, 4-, 6-и угольников

Любой диаметр a окружности l делит ее пополам. Два перпендикулярных диаметра $a \perp b$ делят окружность на четыре равные части: в результате получаем вписанный в окружность квадрат $ABCD$ (рис. 38).

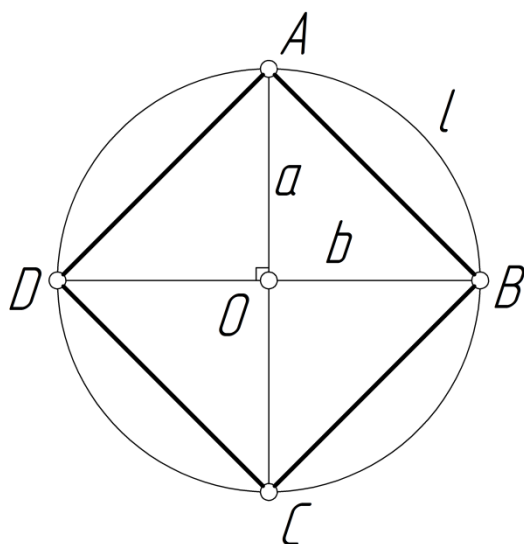


Рис. 38

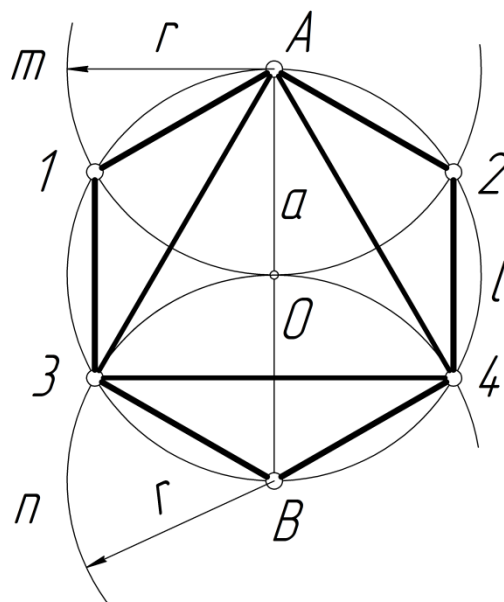


Рис. 39

Деление окружности l (рис. 39) на шесть равных частей выполняется так:

- из противоположных концов A и B диаметра a , как из центров, строим окружности m и n радиуса r , где r – радиус данной окружности l ;
- точки $1, 2 = m \cap l$ и $3, 4 = n \cap l$ вместе с точками A, B определяют правильный шестиугольник $A24B31$, вписанный в окружность l .

Любые три из этих шести точек, соединенные через одну, определяют правильный (равносторонний) треугольник. На рис. 39 показан один из них: $A43$.

4.5. Построение правильных 5-, 10- угольников

Пусть в данную окружность радиуса R необходимо вписать правильный пятиугольник. Проведем в окружности два перпендикулярных диаметра (рис. 40a). Проведем дугу с центром в точке A и радиусом R , которая пересечет окружность в точках M и N . Отрезки MN и OA пересекаются в точке E , делящей

OA пополам. Из точки E , как из центра, проведем дугу радиуса EC до пересечения с горизонтальным диаметром в точке F (рис. 40б). Отрезок CF равен стороне правильного вписанного пятиугольника, а отрезок OF – стороне правильного вписанного десятиугольника. Построим правильный вписанный пятиугольник (рис. 40в).

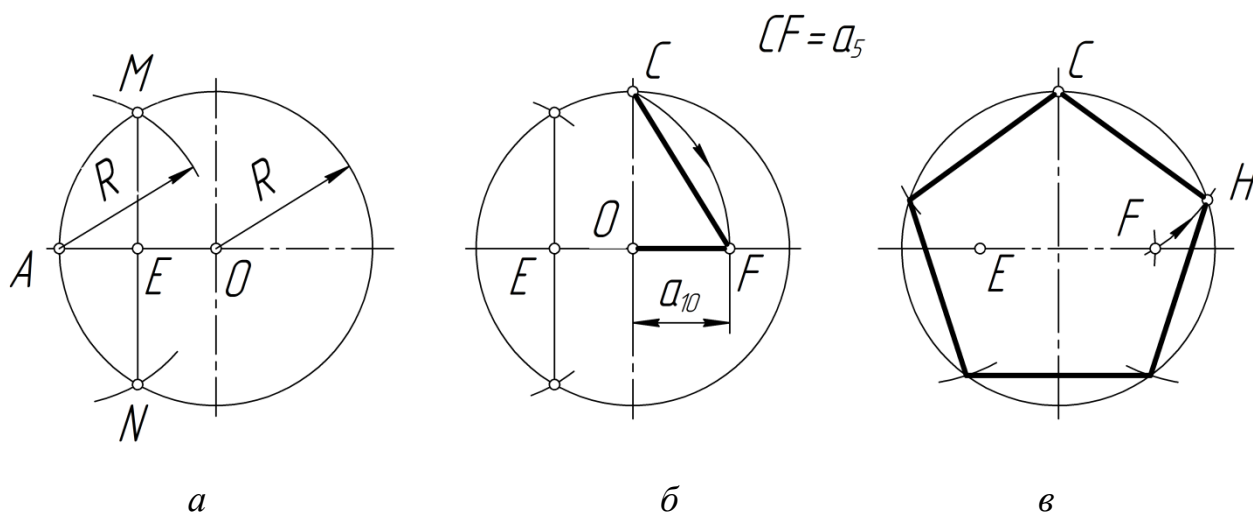


Рис. 40

4.6. Построение окружности

Окружность однозначно определяется тремя точками A, B, C , не лежащими на одной прямой, и тремя касательными a, b, c , не проходящими через одну точку.

Построение окружности, заданной тремя точками A, B, C или, другими словами, описанной вокруг треугольника ABC , основано на следующих рассуждениях:

- стороны треугольника являются хордами окружности (рис. 41);
- серединные перпендикуляры m и n двух любых его сторон пересекаются в центре O искомой окружности l .

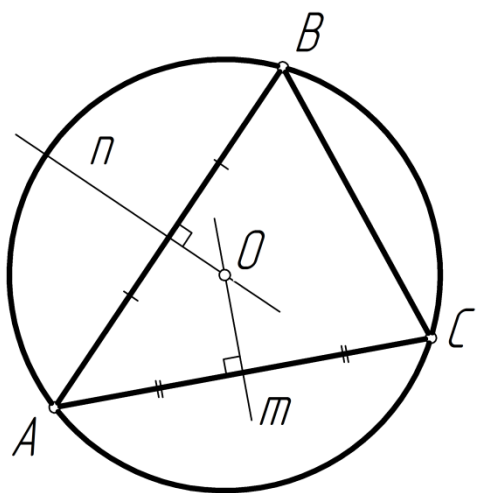


Рис. 41

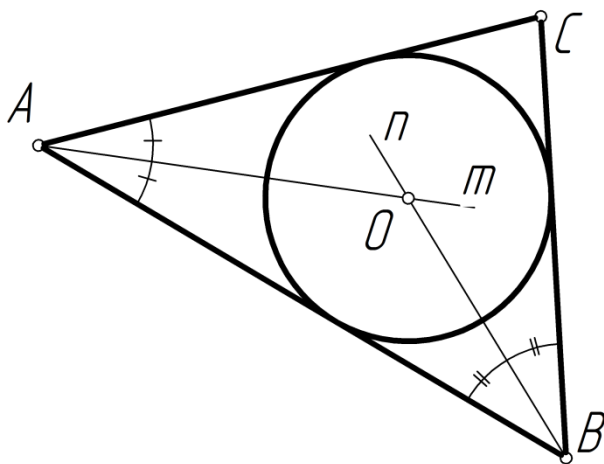


Рис. 42

Построение окружности, заданной тремя касательными a , b , c или, что то же самое, вписанной в треугольник ABC со сторонами a , b , c выполняется так (рис. 42):

- строятся биссектрисы m и n углов при любых двух вершинах треугольника;
- точка O пересечения прямых m и n является центром искомой окружности.

Если окружность задана точками и касательными, то задача имеет два решения.

Пусть окружность задана двумя точками A и B и касательной c . Задача имеет действительные решения, если точки A и B расположены по одну сторону от касательной c (касательная c не пересекает хорду AB !) (рис. 43).

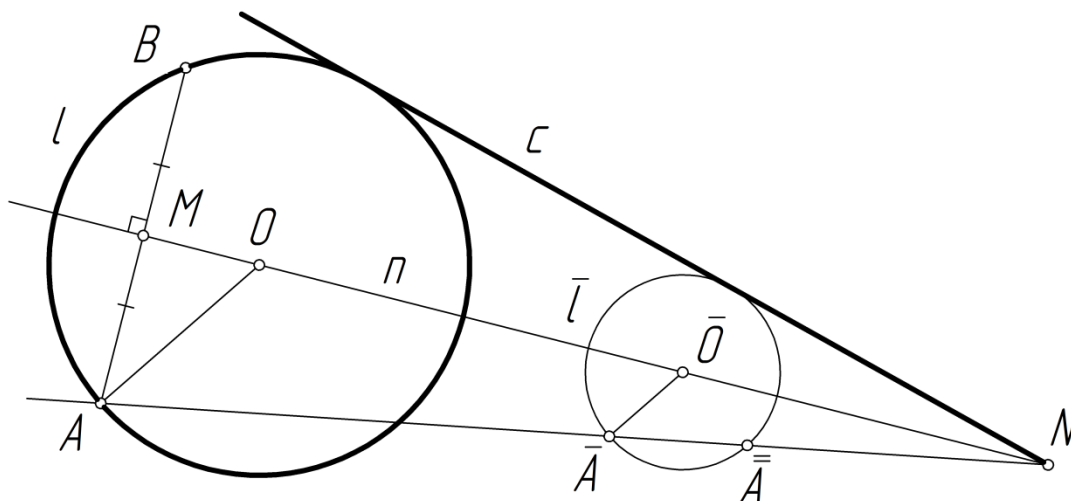


Рис. 43

Задачу решаем так:

- строим серединный перпендикуляр n хорды AB искомой окружности l ;
- на прямой n выбираем точку \bar{O} и строим вспомогательную окружность \bar{l}

с центром \bar{O} , касательную прямой c ;

- отмечаем точки \bar{A}, \bar{A} пересечения прямой AN , где $N = n \cap c$, с построенной окружностью \bar{l} ;

- пары точек $A \sim \bar{A}, A \sim \bar{A}$ определяют две гомотетии с центром N , в которых окружности \bar{l} соответствуют две окружности l и l' с общей хордой AB , касающиеся прямой c (на рис. окружность l' не показана). Центр O окружности l определяется как точка пересечения прямой $A\bar{O} \parallel \bar{A}\bar{O}$ с прямой n . Центр $O' = n \cap A\bar{O}'$, где $A\bar{O}' \parallel \bar{O}\bar{A}$.

Если окружность l задана точкой A и двумя касательными b и c , то она также строится с использованием вспомогательной окружности \bar{l} (рис. 44).

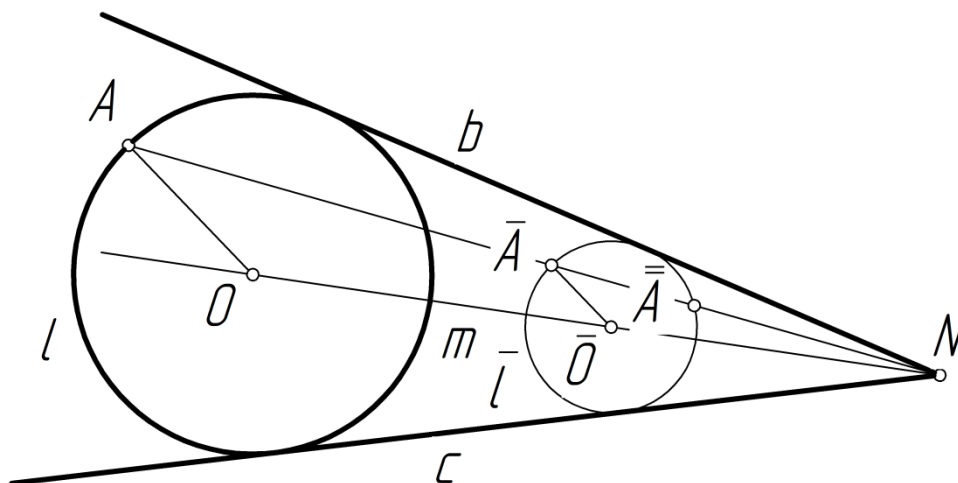


Рис. 44

Центр O искомой окружности l принадлежит биссектрисе m угла $\widehat{b, c}$ и проходит через точку $N = b \cap c$. Строим вспомогательную окружность \bar{l} с центром $\bar{O} \in m$, касающуюся данных прямых b и c . Прямая AN пересекает окружность \bar{l} в двух точках $\bar{A}, \bar{\bar{A}}$, которые определяют две гомотетии с центром N и парами соответственных точек $A \sim \bar{A}$ и $A \sim \bar{\bar{A}}$. В этих гомотетиях окружности \bar{l} соответствуют две окружности l и l' , проходящие через точку A и касающиеся прямых b и c (на рис. 44 окружность l' не показана). Центр O искомой окружности l строится как точка пересечения прямых AO и m , где $AO \parallel \bar{A}\bar{O}$. Центр O' окружности l' - точка пересечения прямых AO' и m , где $AO' \parallel \bar{\bar{A}}\bar{O}$.

Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

Кафедра инженерной графики

РАБОТЫ

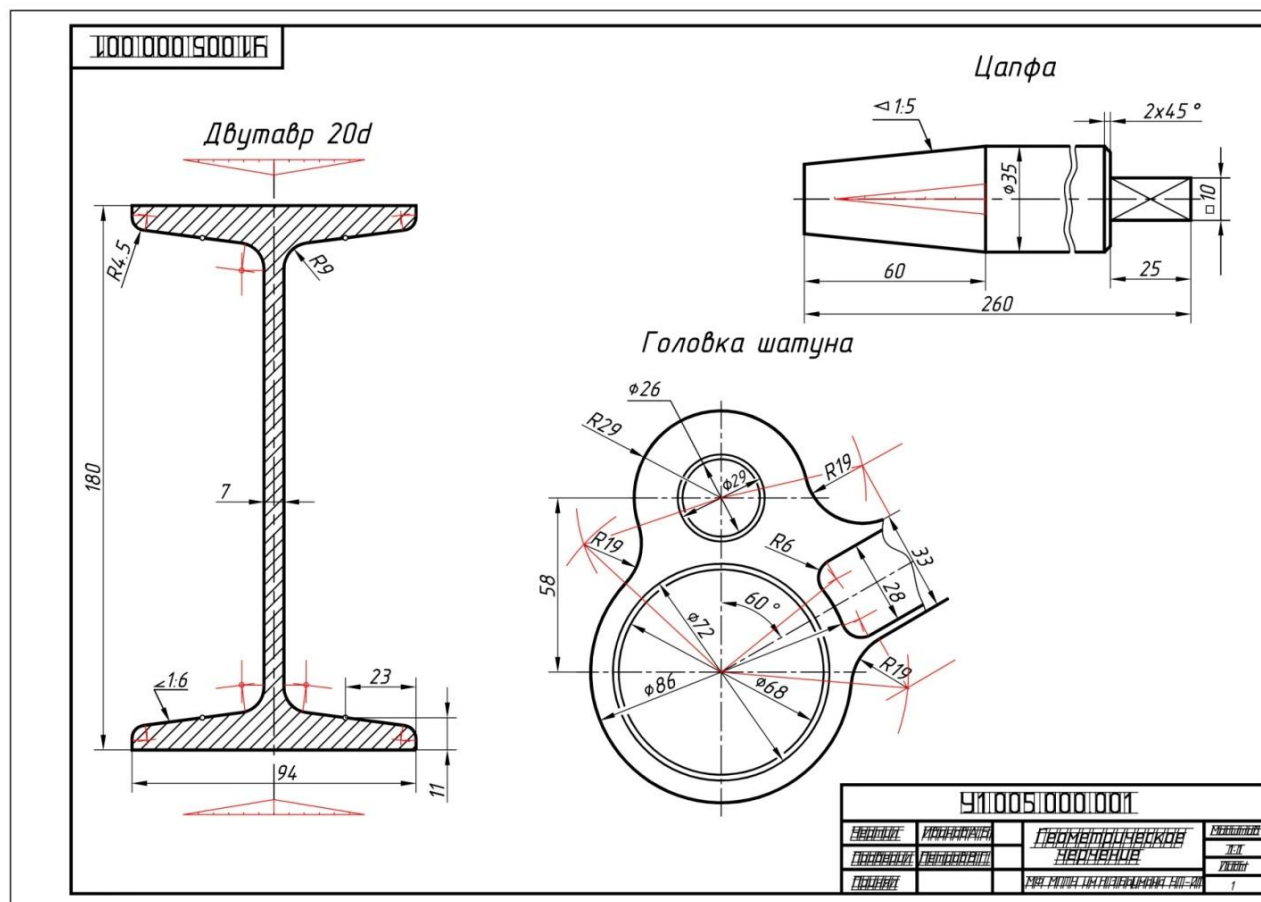
по инженерной и компьютерной графике

за 1 семестр 2017-2018 уч.года

Преподаватель
Иванов И.И.

Студент группы УТ-21
Петров Н.П.

2018



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные форматы. Каково соотношение размеров основных форматов?
2. Как выбрать масштаб изображения на чертеже?
3. Зависят ли наносимые на изображении размерные числа от его масштаба?
4. Какова толщина основной сплошной линии? От чего она зависит?
5. Как определяется размер шрифта?
6. Какие размеры шрифтов вам известны?
7. Какой размер шрифта вы используете для нанесения размеров на чертежах в ваших работах?
8. Как следует проводить линии штриховки на изображениях?
9. Какие основные требования устанавливает стандарт к нанесению размеров на чертеже?
10. Назовите единицы линейных и диаметральных, угловых размеров?
11. Какие линии используются при нанесении размеров на чертежах?
12. Каково минимальное расстояние между параллельными размерными линиями, между размерной и основной контурной?
13. Какие знаки наносят перед размерными числами радиуса, диаметра, сферы, уклона, конусности?
14. Что такое уклон и как обозначается на чертеже? В каких единицах выражается?
15. Что такое конусность и как обозначается на чертеже?
16. Укажите различие между понятиями «уклон» и «конусность».
17. Что такое сопряжение, точки сопряжения, обвод?
18. Назовите основную характеристику обвода.
19. Назовите необходимые элементы при построении сопряжений.
20. Приведите пример построения внешней, внутренней касательной к двум окружностям.

21. Приведите пример внешнего, внутреннего сопряжения двух окружностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Г.С. Начертательная геометрия [Текст] / Г.С. Иванов – М.: изд. МГУЛ, 2012. – 340 с.
2. Комаров Н.А. Геометрическое черчение [Текст] / Комаров Н.А., Кузнецова Т.В., Летина О.С., Тихонов В.А. – М.: изд. МГУЛ, 2013. – 43с.
3. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение [Текст] / В.С. Левицкий – М.: изд. Высшая школа, 1988. – 351 с.
4. Стандарты ЕСКД. М.: Стандартиформ, 2011.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
1 Цель и содержание заданий «Титульный лист» и «Геометрическое черчение».....	4
2 Общие правила оформления чертежей.....	5
2.1 Форматы (ГОСТ 2.301-68).....	6
2.2 Масштабы (ГОСТ 2.302-68).....	9
2.3 Линии (ГОСТ 2.303-68).....	10
2.4 Шрифты чертежные (ГОСТ 2.304-81).....	13
2.5 Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертеже (ГОСТ 2.306-68).....	16
2.6 Основные правила нанесения размеров (ГОСТ 2. 307-2011).....	18
3 Геометрические построения.....	22
3.1 Построение уклонов и конусности.....	22
3.2 Сопряжения.....	27
4 Простейшие геометрические построения.....	34
4.1 Деление отрезка пополам.....	34
4.2 Деление отрезка в заданном отношении.....	34
4.3 Построение биссектрисы угла.....	35
4.4 Построение правильных 3-,4-,6- угольников.....	36
4.5 Построение правильных 5-, 10- угольников.....	37
4.6 Построение окружности.....	38
Заключение	40
5 Приложения.....	42
5.1 Приложение 1.....	42
5.2 Приложение 2.....	43
Контрольные вопросы.....	44
Литература	45