

Э. М. ФАЗЛУЛИН, В. А. ХАЛДИНОВ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебник

Допущено

*Научно-методическим советом при Минобрнауки РФ в качестве
учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальностям технического профиля*

3-е издание, исправленное



Москва

Издательский центр «Академия»

2009

УДК 744.4/.5(075.8)

ББК 30.11я73

Ф165

Рецензенты:

профессор *А. А. Чекмарев*;

зав. кафедрой начертательной геометрии и черчения МАДИ (ГТУ), доцент,
канд. техн. наук *О. А. Оганесов*;

доцент кафедры «Инженерная графика» МАИ, член методического совета
консорциума «Геометрическое образование», канд. техн. наук *Л. В. Маркин*

Фазлулин Э. М.

Ф165 Инженерная графика : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Э. М. Фазлулин, В. А. Халдинов. — 3-е изд., испр. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 400 с.

ISBN 978-5-7695-6586-1

Рассмотрены общие правила выполнения чертежей и правила выполнения чертежей некоторых машиностроительных деталей, их соединений, чертежей общего вида, сборочных чертежей, различных схем. Даны основы компьютерной графики.

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 744.4/.5(075.8)

ББК 30.11я73

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Фазлулин Э. М., Халдинов В. А., 2006

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2006

ISBN 978-5-7695-6586-1

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

Структура и содержание учебника отражают методически обоснованную систему изложения требуемого материала в высших учебных заведениях. Сначала приводятся основные правила выполнения чертежей в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации. Затем рассматриваются правила выполнения чертежей некоторых деталей и их соединений, чертежи общих видов и сборочные чертежи, детализирование, схемы и основы компьютерной графики. Имеющиеся контрольные вопросы помогают студентам выделить основные понятия и положения, а преподаватели могут использовать их при опросе студентов.

Правила нанесения предельных отклонений, обозначения покрытий, термической и других видов обработки, указания допусков форм и расположения поверхностей, а также выполнения схем даны в сокращенном виде.

Объем приведенной в учебнике информации позволяет преподавателю использовать положения курса, наиболее необходимые для студентов конкретных специальностей.

При работе над учебником авторы использовали богатый опыт преподавания курса «Инженерная графика» в Московском государственном техническом университете «МАМИ».

Предисловие, гл. 1, 4 подготовлены В. А. Халдиновым, гл. 2, 3, 5 — Э. М. Фазлулиным.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ**1.1. Единая система конструкторской документации.
Классификационные группы стандартов ЕСКД**

При выполнении чертежей и других конструкторских документов, применяемых в машиностроении, используются стандарты, позволяющие грамотно их оформить и однозначно читать. Эти стандарты объединены в комплекс под общим названием «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД).

Стандарты ЕСКД подразделяются на следующие классификационные группы, каждой из которых присвоен шифр (0...9):

0 — общие положения (ГОСТ 2.001 — 70...2.034 — 83);

1 — основные положения (ГОСТ 2.101 — 68...2.124 — 85);

2 — классификация и обозначение изделий в конструкторских документах (ГОСТ 2.201 — 80);

3 — общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301 — 68...2.321 — 84);

4 — правила выполнения чертежей в машиностроении и приборостроении (ГОСТ 2.401 — 68...2.430 — 85);

5 — правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений) (ГОСТ 2.501 — 68...2.506 — 68);

6 — правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.601 — 68...2.609 — 68);

7 — правила выполнения схем (ГОСТ 2.701 — 84...2.797 — 81);

8 — правила выполнения строительных документов и документов судостроения (ГОСТ 2.801 — 74...2.857 — 75);

9 — прочие стандарты.

Все стандарты ЕСКД имеют следующую структуру обозначения: ГОСТ 2. *ABC—DE*, где 2 — номер, присвоенный всему комплексу ЕСКД; *ABC* — номер стандарта (*A* — шифр классификационной группы, *BC* — порядковый номер в данной группе); *DE* — последние две цифры года регистрации.

Например, обозначение ГОСТ 2.303—68 расшифровывается следующим образом: 2 — принадлежность к ЕСКД; 3 — классификационная группа, выделенная под общие правила выполнения чертежей; 03 — третий номер стандарта в группе, касающийся линий чертежа; 68 — две последние цифры года (1968) издания стандарта.

Стандарты периодически уточняются и изменяются, что необходимо учитывать при их использовании.

1.2. Общие правила оформления чертежей

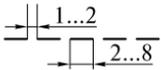
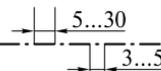
Линии чертежа

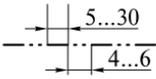
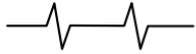
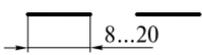
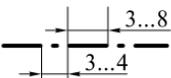
При оформлении чертежей используются различные линии, назначение и начертание которых устанавливает ГОСТ 2.303—68 (табл. 1.1).

Сплошная основная линия имеет толщину от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от размера и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Таблица 1.1

Линии чертежа

Наименование и начертание	Толщина s , мм	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная 	От 0,5 до 1,4	1.1. Линии видимого контура 1.2. Линии контура сечения, вынесенного и входящего в состав разреза
2. Сплошная тонкая 	От $s/3$ до $s/2$	2.1. Линии размерные и выносные 2.2. Линии штриховки 2.3. Линии контура наложенного сечения 2.4. Линии выносок 2.5. Полки линий выносок 2.6. Линии для изображения пограничных деталей (обстановки)
3. Сплошная волнистая 		3.1. Линии обрыва 3.2. Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая 		4.1. Линии невидимого контура
5. Штрихпунктирная тонкая 		5.1. Линии осевые 5.2. Линии центровые 5.3. Линии сечений, являющихся осями симметрии вынесенных сечений

Наименование и начертание	Толщина s , мм	Основное назначение
6. Штрихпунктирная с двумя точками 	От $s/3$ до $s/2$	6.1. Линии сгиба на развертках 6.2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях 6.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом
7. Сплошная тонкая с изломами 		7.1. Линии обрыва длинных изображений
8. Разомкнутая 	От s до $1,5s$	8.1. Линии сечений
9. Штрихпунктирная утолщенная 	От $s/2$ до $2/3s$	9.1. Линии для изображения поверхностей, расположенных перед секущей плоскостью (наложенных проекций) 9.2. Линии поверхностей, подлежащих термообработке

Сплошная тонкая линия имеет толщину в 2—3 раза меньше основной. При выполнении выносных линий она должна выходить за концы стрелок размерных линий примерно на 1...5 мм.

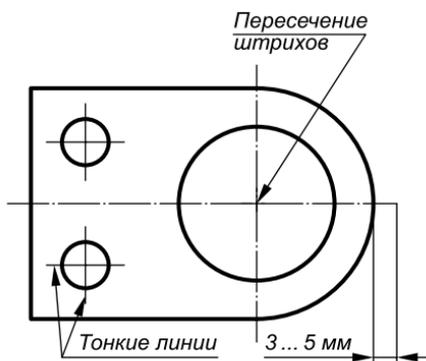
Штриховая линия состоит из штрихов (черточек) приблизительно одинаковой длины, толщина которых в 2—3 раза меньше толщины основной линии. Начальный и конечный штрихи штриховой линии должны пересекаться с линиями, между которыми ее проводят. Длина штрихов и расстояние между ними выбирают в зависимости от размера изображения.

Штрихпунктирная тонкая линия состоит из штрихов и пунктиров между ними. Толщина ее в 2—3 раза меньше толщины основной линии. Длина штрихов и расстояние между ними выбирают в зависимости от размера изображения и должны быть примерно одинаковыми.

Разомкнутая линия используется для показа места сечения или разреза. Предпочтительная толщина ее в 1,5 раза больше толщины основной линии на чертеже.

Толщина линий одного типа должна быть одинаковой для всех изображений одного чертежа, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Рис. 1.1



Вычерчивание симметричных изображений начинается обычно с проведения *осевых* линий (рис. 1.1). Осевые линии окружности, проходящие через ее центр и поэтому называемые *центровыми*, выполняются тонкими штрихпунктирными линиями. Если диаметр окружности на чертеже менее 12 мм, центровые линии выполняют сплошными тонкими. При использовании штрихпунктирных центровых линий в середине окружности обязательно должны пересекаться штрихи (а не пунктиры). Штрихпунктирные линии должны начинаться и заканчиваться штрихами, выходящими на 3...5 мм за контур изображения.

Примеры применения линий различного типа приведены на рис. 1.2 (номера линий см. в табл. 1.1).

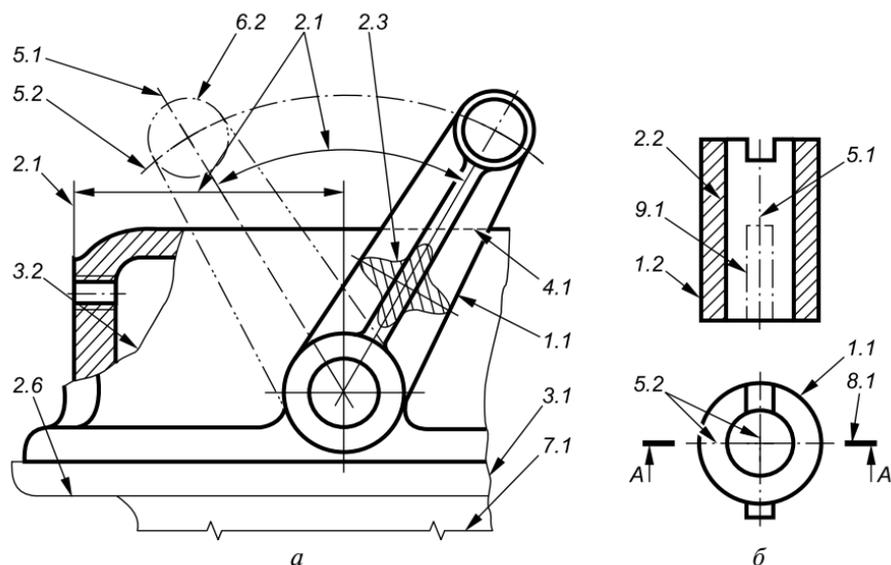


Рис. 1.2

Контрольные вопросы

1. В каких пределах выбирается толщина толстой основной линии и от чего она зависит?
2. Какое назначение имеют сплошная основная, сплошная тонкая, штриховая, штрихпунктирная тонкая и разомкнутая линии и как они изображаются?
3. Какую толщину имеют сплошная тонкая, штриховая, штрихпунктирная тонкая и разомкнутая линии?
4. Чему равны длина штрихов и расстояние между ними у штриховой и тонкой штрихпунктирной линий?
5. С проведения каких линий обычно начинают выполнение чертежей?
6. Какие линии называются осевыми и центровыми?
7. Как выполняются центровые линии окружностей с диаметром меньше 12 мм?
8. Как должны изображаться центровые линии в середине окружности?
9. На сколько осевые линии могут выступать за контур изображения, на который они наносятся.

Форматы

Чертежи выполняются на листах бумаги определенных форматов, размеры которых устанавливает ГОСТ 2.301—68.

Формат листа определяется размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией (рис. 1.3), по которой производится его об-

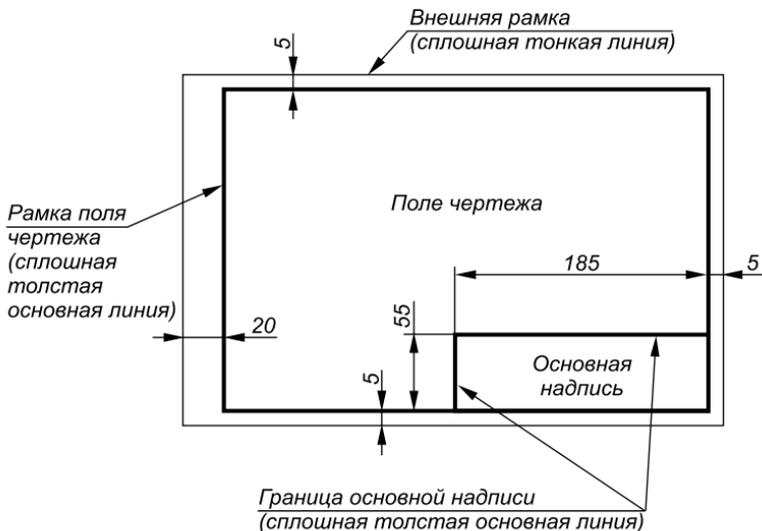


Рис. 1.3

Основные форматы

Обозначение	A4	A3	A2	A1	A0
Размеры сторон, мм	210×297	297×420	420×594	594×841	841×1189

резка. Обозначения и размеры форматов, принятых за *основные*, приведены в табл. 1.2.

Формат A0 принят за исходный, остальные — получают делением предыдущего формата на две равные части параллельно меньшей его стороне.

В случаях когда неудобно применение основных форматов, используют *дополнительные* форматы, которые получают увеличением меньшей стороны основного формата на значение, кратное его размеру. На рис. 1.4 рекомендованные стандартом допол-

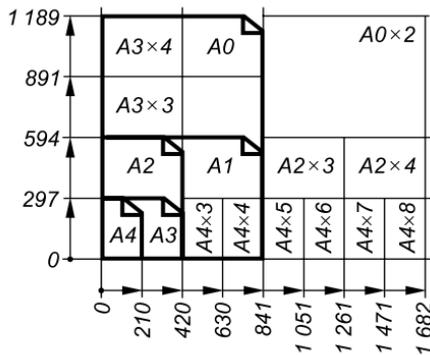


Рис. 1.4

нительные форматы выполнены сплошными тонкими линиями, а основные — толстыми сплошными линиями. Обозначение дополнительного формата составляется из обозначения основного формата и числа, соответствующего кратности его увеличения, например A4×4 (297×841), A2×3 (594×1261).

В правом нижнем углу формата располагается основная надпись, а над ней, если необходимо, указываются технические требования.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные форматы и их размеры.
2. Как получают и обозначают дополнительные форматы? Укажите размеры листа формата A4×3.
3. Какой линией и на каком расстоянии от внешней рамки выполняют линии рамки поля чертежа?

Основные надписи

Для всех чертежей и схем ГОСТ 2.104—68 устанавливает единую форму, размеры и порядок оформления основной надписи, которую располагают в правом нижнем углу вплотную к рамке. На листах формата А4 основную надпись располагают только вдоль короткой стороны (рис. 1.5). На листах больших форматов основную надпись можно располагать как вдоль короткой, так и вдоль длинной сторон.

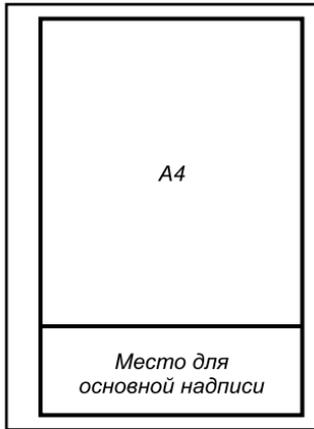


Рис. 1.5

Размеры и форма основной надписи для чертежей и схем представлена на рис. 1.6. Содержание ее граф следующее: 1 — наименование чертежа; 2 — обозначение номера чертежа; 3 — обозначение материала детали (заполняется только на чертежах деталей); 4 — литера детали (в учебных чертежах не заполняется); 5 — масса изделия (в учебных чертежах не указывается); 6 — масштаб; 7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, не заполняется); 8 — число листов (заполняется только на первом листе); 9 — наименование предприятия, выпускающего чертежи; 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписавшим чертежи (на учебных чертежах порядок заполнения строк следующий: «Разработал», «Проверил», «Утвердил»); 11 — фамилии лиц, подписавших чертеж; 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11; 13 — даты, когда были сделаны подписи; 14... 18 — отметки об изменениях, вносимых в чертежи после их выпуска (на учебных чертежах не заполняются); 19 — формат чертежа.

наименование предприятия, выпускающего чертежи; 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписавшим чертежи (на учебных чертежах порядок заполнения строк следующий: «Разработал», «Проверил», «Утвердил»); 11 — фамилии лиц, подписавших чертеж; 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11; 13 — даты, когда были сделаны подписи; 14... 18 — отметки об изменениях, вносимых в чертежи после их выпуска (на учебных чертежах не заполняются); 19 — формат чертежа.

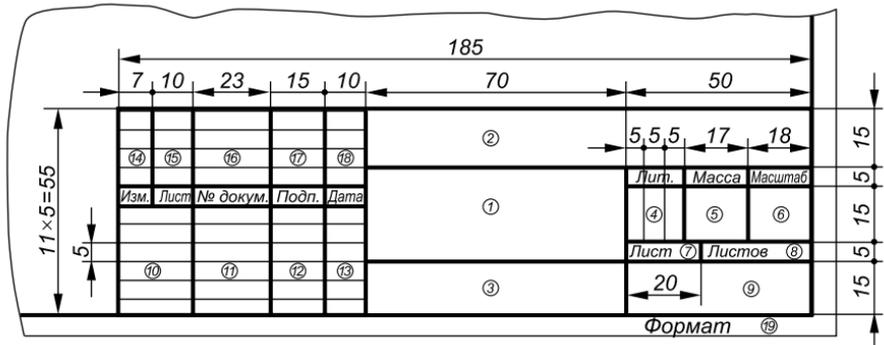


Рис. 1.6

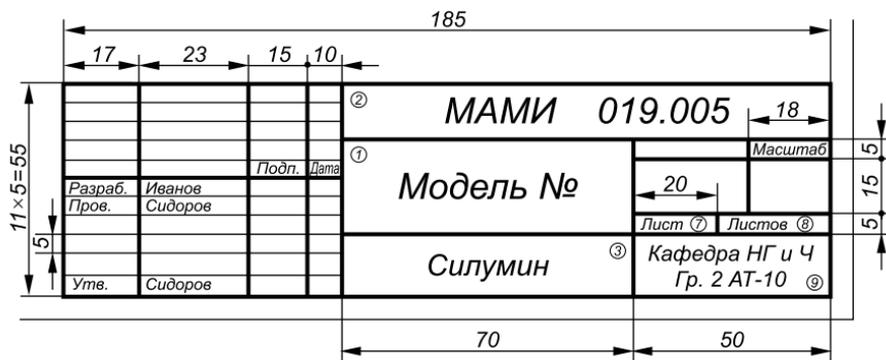


Рис. 1.7

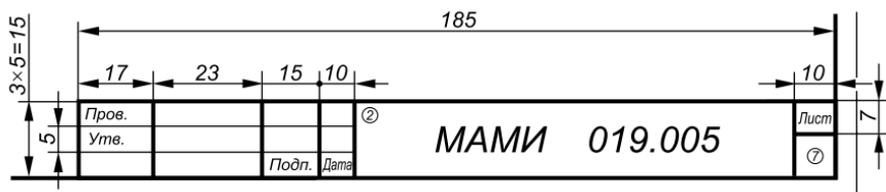


Рис. 1.8

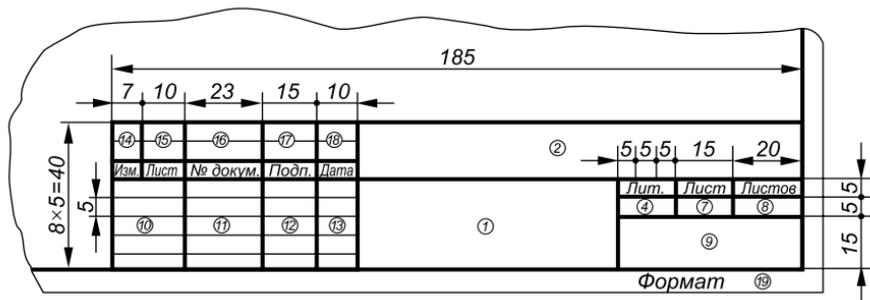


Рис. 1.9

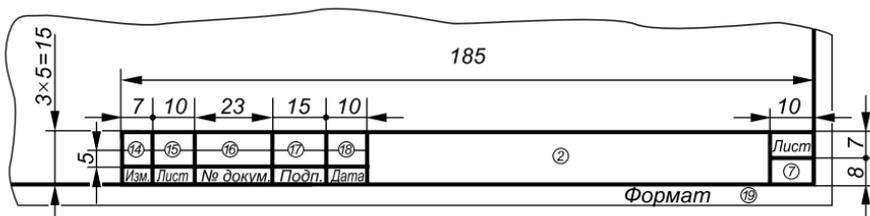


Рис. 1.10

Для учебных чертежей можно использовать основную надпись, приведенную на рис. 1.7 (ГОСТ 2.104—68 форма 1), в графах которой указывают: 1 — наименование изделия; 2 — обозначение документа [организация — разработчик чертежа, например МАМИ; 019 — номер чертежа (номер выдаваемого учащемуся задания 19), 005 — номер модели по этому заданию (5)]; 3 — обозначение материала детали; 9 — индекс кафедры, на которой разрабатывался чертеж, и название группы учащегося. Также вписывают фамилию учащегося, который разрабатывал чертеж, и в соответствующих строках — фамилию преподавателя, проверившего и утвердившего чертеж.

Если чертеж предмета выполняется на нескольких листах, то основная надпись на втором и последующих форматах выполняется по форме 2а, приведенной на рис. 1.8 (ГОСТ 2.104—68).

Основная надпись, применяемая для первого листа текстовых конструкторских документов (например, для спецификаций, пояснительной записки), отличается от основной надписи для чертежей и схем (рис. 1.9). На последующих листах текстовых документов применяют основную надпись, приведенную на рис. 1.10, которую также допускается применять и для последующих листов чертежей и схем.

Контрольные вопросы

1. Где на чертеже формата А4 располагают основную надпись и где ее располагают на остальных форматах?
2. Какие сведения о детали указывают в основной надписи?
3. Какая основная надпись используется на втором и последующих листах графических, текстовых, конструкторских документов и какие сведения в ней указывают?
4. Какая основная надпись используется на первом листе текстовых конструкторских документов?

Масштабы

Детали и сборочные единицы на чертеже в зависимости от их сложности и размеров могут изображаться в натуральную величину или с увеличением, или с уменьшением.

Масштабом называется отношение линейных размеров изделия на чертеже к его действительным линейным размерам.

Масштабы изображений и их обозначения на чертеже устанавливает ГОСТ 2.302—68.

Наиболее наглядным для представления изображенного предмета является его вычерчивание в натуральную величину, т.е. в масштабе 1 : 1. Очень крупные или простые по форме предметы вычерчивают в масштабе уменьшения (1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20). Мелкие предметы или предметы сложной формы вы-

черчивают в масштабе увеличения (2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 15 : 1; 20 : 1).

Основной масштаб, в котором выполнен чертеж, указывают в графе 6 основной надписи (см. рис. 1.6) и обозначают 1 : 1, 4 : 1, 1 : 10 и т. п., поскольку слово «масштаб» содержится в заголовке графы. Если на чертеже некоторые изображения выполнены в другом масштабе, то над ними помещают надписи типа $A (1 : 5)$ — для вида, $B - B (1 : 15)$ — для разреза или сечения.

Следует помнить, что **при любом масштабе на чертеже указывают истинные размеры предмета**, а не те, которые изображение имеет на чертеже.

Контрольные вопросы

1. Что такое масштаб?
2. Что такое масштабы увеличения и уменьшения?
3. Назовите стандартные масштабы увеличения и уменьшения.
4. Можно ли применять масштабы, не предусмотренные стандартом?
5. Как указывается масштаб в основной надписи?
6. Как указывается масштаб изображения, выполненного на чертеже не в том масштабе, который указан в основной надписи?
7. Как указывают размеры предмета при выполнении его чертежа в масштабе увеличения или уменьшения?

Чертежные шрифты

Шрифтом называется графическая форма изображения букв, цифр и условных знаков, которые используются при выполнении чертежей и других технических документов. ГОСТ 2.304—81 устанавливает конфигурацию и размеры всех букв, цифр и условных знаков для всех конструкторских документов. Надписи на конструкторских документах выполняют чертежными шрифтами следующих видов: без наклона к основанию строки и с наклоном под углом 75° к основанию строки. *Размер шрифта обозначается буквой h и определяется высотой прописных букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки.*

Стандарт устанавливает также два типа шрифта: А и Б. Для шрифта типа А толщина линий букв и цифр d равна $1/14h$, а для шрифта типа Б — $1/10h$.

В соответствии со стандартом можно использовать 10 размеров шрифта (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Однако шрифт размером 1,8 применять не рекомендуется. Наиболее же распространенным в машиностроительном черчении является шрифт типа Б ($d = 1/10h$) с наклоном под углом 75° , который мы и рассмотрим далее.

Начертание букв русского алфавита (кириллицы) прописных и строчных шрифтом типа Б с наклоном, а также арабских цифр

Аа Бб Вв Гг Дд Ее Жж

Зз Ии Йй Кк Лл Мм Нн

Оо Пп Рр Сс Тт Уу Фф

Хх Цц Чч Шш Щщ Ъь

Ыы Ьь Ээ Юю Яя

1234567890 3 №

∅ □ ▷ ∆ ° * ~ % ^ R

Рис. 1.11

ГАР Гаū ГД ФХ

Рис. 1.12

Параметры шрифта типа Б для букв русского алфавита и арабских цифр

Параметр		Обозначение	Относительный размер		Размер шрифта, мм			
Размер шрифта — высота прописных букв и арабских цифр		h	$10/10h$	$10d$	5	7	10	14
Высота строчных букв		c	$7/10h$	$7d$	3,5	5	7	10
Расстояние между буквами		a	$2/10h$	$2d$	1	1,4	2	2,8
Минимальное расстояние между основаниями строк		b	$17/10h$	$17d$	8,5	12	17	24
Минимальное расстояние между словами		e	$6/10h$	$6d$	3	4,2	6	8,4
Толщина линий шрифта		d	$1/10h$	—	0,5	0,7	1	1,4
Ширина прописных букв	основная		$6/10h$	$6d$	3	4,2	6	8,4
	букв Г, Е, З, С		$5/10h$	$5d$	2,5	3,5	5	7
	букв А, Д, М, Х, Ы, Ю		$7/10h$	$7d$	3,5	4,9	7	9,8
	букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ		$8/10h$	$8d$	4	5,6	8	11,2
Ширина строчных букв	основная		$5/10h$	$5d$	2,5	3,5	5	7
	букв м, ь, ы, ю		$6/10h$	$6d$	3	4,2	6	8,4
	букв ж, т, ф, ш, щ		$7/10h$	$7d$	3,5	4,9	7	9,8
	букв з, с		$4/10h$	$4d$	2	2,8	4	5,6
Ширина арабских цифр	основная		$5/10h$	$5d$	2,5	3,5	5	7
	цифры 1		$3/10h$	$3d$	1,5	2,1	3	4,2
	цифры 4		$6/10h$	$6d$	3	4,2	6	8,4

и используемых при указании размеров условных знаков показано на рис. 1.11. Параметры этого шрифта для букв русского алфавита и арабских цифр в относительных размерах и для шрифтов размером 5, 7, 10, 14 в цифровом виде приведены в табл. 1.3.

Следует обратить внимание на то, что нижние горизонтальные отрезки букв Ц и Щ (прописных и строчных) выполняются за счет промежутков между смежными буквами, а вертикальные (в том числе и черта над Й) — за счет промежутка между строками.

В словах, написанных буквами, соседние линии которых не параллельны между собой, например в сочетаниях Г и А, Т и А, Г и Д, Р и А, А и Т, расстояние между ними уменьшается до значения, равного толщине линий самих букв, или совсем исключается (рис. 1.12).

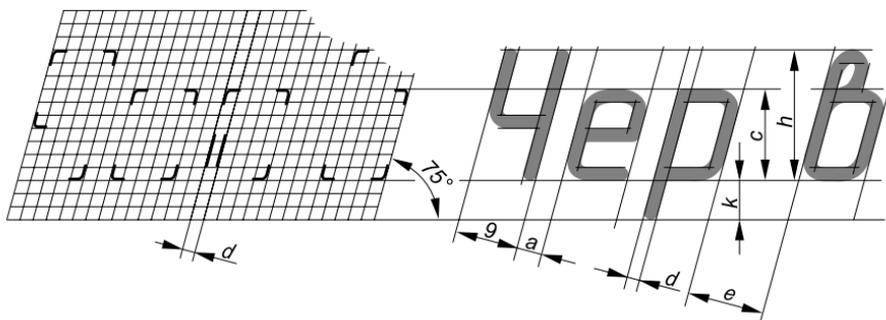


Рис. 1.13



Рис. 1.14



Рис. 1.15