

**Ф. И. ПУЙЧЕСКУ, С. Н. МУРАВЬЕВ,  
Н. А. ЧВАНОВА**

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

## **УЧЕБНИК**

*Рекомендовано  
Федеральным государственным учреждением  
«Федеральный институт развития образования»  
в качестве учебника для использования в учебном процессе  
образовательных учреждений, реализующих программы среднего  
профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 132 от 14 мая 2010 г.  
ФГУ «ФИРО»*

3-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2013

УДК 744(075.32)  
ББК 30.11я723  
П88

Рецензент —  
председатель цикловой комиссии по стандартизации,  
преподаватель ГОУ СПО Мытищинский машиностроительный  
техникум *В. К. Житков*

### **Пуйческу Ф. И.**

П88 Инженерная графика : учебник для студ. учреждений сред.  
проф. образования / Ф. И. Пуйческу, С. Н. Муравьев, Н. А. Чва-  
нова. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия»,  
2013. — 320 с.

ISBN 978-5-7695-9855-5

Учебник может быть использован при изучении общепрофессиональ-  
ной дисциплины «Инженерная графика» в соответствии с ФГОС СПО для  
всех технических специальностей.

Рассмотрен курс инженерной графики, готовящий студентов к выполнению  
и чтению чертежей и схем, составляющих основу современного производства.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 744(075.32)  
ББК 30.11я723

*Учебное издание*

**Пуйческу Федор Ильич, Муравьев Сергей Николаевич,  
Чванова Нина Александровна**

**Инженерная графика**

**Учебник**

3-е издание, стереотипное

Редактор *О. А. Туваева*. Технический редактор *О. Н. Крайнова*

Компьютерная верстка: *Л. М. Беляева*

Корректоры *Т. В. Кузьмина, М. Н. Ермакова*

Изд. № 103112955. Подписано в печать 11.02.2013. Формат 60 × 90/16. Гарнитура «Балтика».

Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Усл. печ. л. 20,0. Тираж 2 000 экз. Заказ №

ООО «Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)

129085, Москва, пр-т Мира, 101в, стр. 1, а/я 48.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-0029.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 16067 от 06.03.2012.

Отпечатано в Идел-Пресс.

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

© Пуйческу Ф. И., Муравьев С. Н., Чванова Н. А., 2011  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-7695-9855-5

## Уважаемый читатель!

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по специальностям технического профиля.

Учебник предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины «Инженерная графика».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект по дисциплине «Инженерная графика» включает электронный образовательный ресурс «Инженерная графика».

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования с учетом его профиля.

Чертеж независимо от способа выполнения (ручной или автоматизированный) является носителем основной технической информации об изделии, без которой не обходится ни одно производство.

Овладеть чертежом как средством выражения технической мысли можно лишь в результате изучения общетехнических и специальных дисциплин.

«Инженерная графика» является одной из первых основных общетехнических дисциплин, необходимых студентам для освоения последующих технических дисциплин, а также для их будущей практической деятельности.

Цель изучения курса «Инженерная графика» — не только научить будущих специалистов логически мыслить, но и развить пространственное мышление, а также познакомить студентов с основными требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС), базирующейся на положениях ЕСКД, а также познакомить с другим видом нормативной документации — Строительными нормами и правилами (СНиП), строго учитывающими ограничения различных показателей при проектировании и разработке строительной документации.

Учебник состоит из трех частей:

- I часть — графическое оформление чертежей; геометрические построения; теория изображений; основы начертательной геометрии;
- II часть — машиностроительное черчение;
- III часть — элементы строительного черчения.

Курс «Инженерная графика» позволяет получить необходимые теоретические знания, практические навыки и умения для грамотного выполнения и чте-

ния чертежей и схем с учетом основных положений ЕСКД и СПДС.

Методы построения изображений основаны на положениях начертательной геометрии, приведенных в данном учебнике.

В подразд. 2.10 показана эффективность каркасного метода решения основных позиционных задач на поверхности.

Данный учебник составлен авторским коллективом преподавателей кафедры «Машиноведение, проектирование, стандартизация и сертификация» Московского государственного университета путей сообщения.

Предисловие и гл. 2, 10 написаны доц. Ф.И. Пуйческу; гл. 1, 3, 4, 7, 8 — доц. Н.А. Чвановой; гл. 5, 6, 9 — доц. С.Н. Муравьевым.

# I

ЧАСТЬ

## ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРЧЕНИЯ

- Глава 1. Графическое оформление чертежей.  
Геометрические построения
- Глава 2. Теория изображений. Основы  
начертательной геометрии

# ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

## 1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) — это комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения о порядке разработки, оформления и обращения конструкторской документации. Классификационные группы стандартов ЕСКД устанавливают единые требования к выполнению чертежей в отношении форматов, типов линий, обводки чертежа, масштабов, надписей, штриховок, расположения проекций и др. При написании данной главы использовались стандарты, относящиеся к классификационной группе 3 «Общие правила чертежей»: ГОСТ 2.301—68 «Форматы», ГОСТ 2.302—68 «Масштабы», ГОСТ 2.303—68 «Линии», ГОСТ 2.304—81 «Шрифты чертежные» и ГОСТ 2.307—68 «Нанесение размеров и предельных отклонений», а также кратко изложены основные приемы выполнения геометрических построений на чертежах и рассмотрены примеры таких построений.

## 1.2. ФОРМАТЫ

Чертежи и все другие конструкторские документы должны выполняться на листах бумаги определенного размера (формата). ГОСТ 2.301—68 устанавливает форматы листов чертежей и других конструкторских документов. Форматы листов определяются размерами их внешней рамки, выполненной тонкой линией. Форматы подразделяются на основные и дополнительные.

За *основной формат* принимают формат (A0) с размерами сторон  $1\,189 \times 841$  мм, площадь которого равна  $1\text{ м}^2$ ; каждый последу-

ющий формат получают путем деления предыдущего формата на две равные части, параллельно меньшей стороне соответствующего формата. Обозначение основных форматов состоит из буквы А и арабской цифры от 0 до 4. ГОСТ 2.301—68 устанавливает следующие размеры сторон основных форматов и их обозначения: А1(594 × 841 мм); А2(420 × 594 мм); А3(297 × 420 мм); А4(210 × 297 мм). Допускается применять формат А5 с размерами сторон 148 × 210 мм.

*Дополнительные форматы* образуют путем увеличения коротких сторон форматов в  $n$  раз, где  $n = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ . Обозначение дополнительных форматов состоит из обозначения основного формата и его кратности. Например: А4 × 3 — 297 × 630 мм, где  $630 = 210 \times 3$ .

### 1.3. МАСШТАБЫ

*Масштабом* называют отношение линейных размеров изображенного изделия к его действительным размерам. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда, установленного ГОСТ 2.302—68:

- *масштабы уменьшения* — 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25 и т.д.;
- *масштабы увеличения* — 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1.

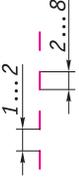
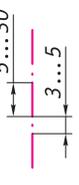
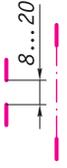
Указанные масштабы распространяются на чертежи всех отраслей промышленности и строительства. Масштаб, выбранный для чертежа или его отдельного изображения, обозначается по типу 1 : 1; 1 : 2; 2 : 1 и т.д. Масштаб, выбранный для чертежа в целом, указывают в предназначенной для этого графе «Основная надпись чертежа». Масштаб, выбранный для отдельного изображения, указывают над изображением, записывая его в скобках: (1 : 2); (5 : 1) и т.д. При любом масштабе изображения над размерными линиями наносят действительные размеры.

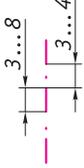
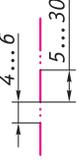
### 1.4. ЛИНИИ

ГОСТ 2.303—68 «Линии» устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства. Наименование, начертание, толщина линий

Таблица 1.1

Наименование и начертание линий	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение	Примеры применения (номера рисунков)
<p>Сплошная толстая (основная)</p> 	<p><math>s</math></p>	<p>1.1. Линии видимого контура                      1.2. Линии перехода видимые                      1.3. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)</p>	<p>Рис. 1.1                      Рис. 1.3, б                      Рис. 1.1</p>
<p>Сплошная тонкая</p> 	<p><math>\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}</math></p>	<p>2.1. Линии контура наложенного сечения                      2.2. Линии размерные и выносные                      2.3. Линии штриховки                      2.4. Линии-выноски                      2.5. Полки линий-выносок                      2.6. Линии для изображения пограничных деталей «обстановка»                      2.7. Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях                      2.8. Линии перехода воображаемые                      2.9. Линии для обозначения резьбы</p>	<p>Рис. 1.3, а                      Рис. 1.1                      Рис. 1.2, а                      Рис. 1.1</p>

Наименование и начертание линий	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение	Примеры применения (номера рисунков)
Сплошная волнистая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	3.1. Линии обрыва 3.2. Линии разграничения вида и разреза	Рис. 1.1
Штриховая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	4.1. Линия невидимого контура 4.2. Линии перехода невидимые	Рис. 1.1 Рис. 1.3, б
Штрихпунктирная 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	5.1. Линии осевые и центровые 5.2. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или выносных сечений	Рис. 1.1
Сплошная тонкая с изломом 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	6.1. Длинные линии обрыва	Рис. 1.2, а
Разомкнутая 	$s \dots \frac{1}{2}s$	Линии сечений: 7.1. Для простых разрезов и сечений 7.2. Для сложных разрезов и сечений (концы разомкнутых линий допускается соединять штрихпунктирной тонкой линией)	Рис. 1.1

<p>Штрихпунктирная утолщенная</p> 	$\frac{s}{2} \dots \frac{s}{3}$	<p>8.1. Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию 8.2. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью «наложенная проекция»</p>	<p>Рис. 1.1</p>
<p>Штрихпунктирная тонкая с двумя точками</p> 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	<p>9.1. Линии сгиба на развертках 9.2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях 9.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом</p>	<p>Рис. 1.2, б Рис. 1.2, а Рис. 1.2, в</p>

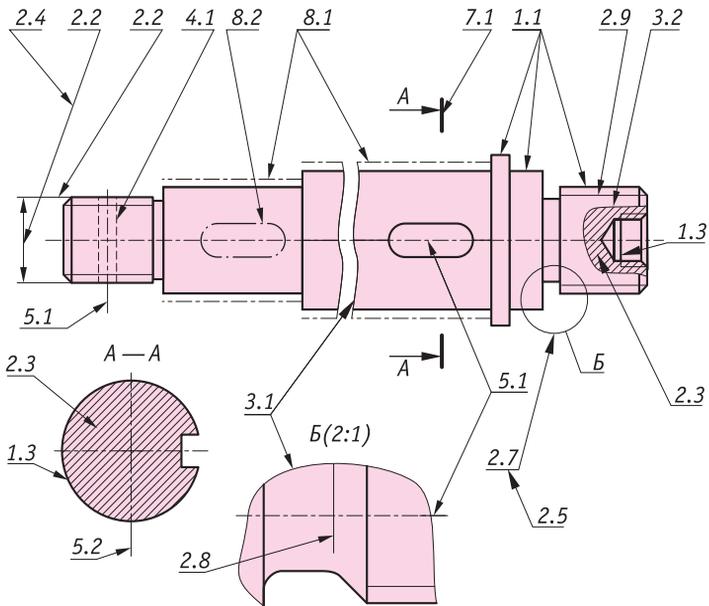


Рис. 1.1

по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий при оформлении конструкторской документации должны соответствовать указанным в табл. 1.1. Примеры применения линий показаны на рис. 1.1 ... 1.3. Сплошную толстую основную линию будем называть основной и обозначать толщину этой

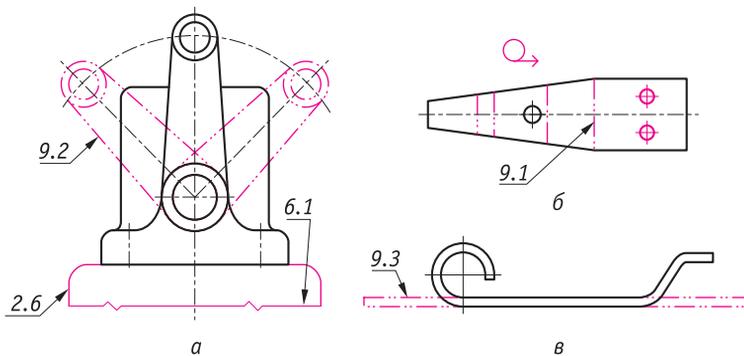


Рис. 1.2

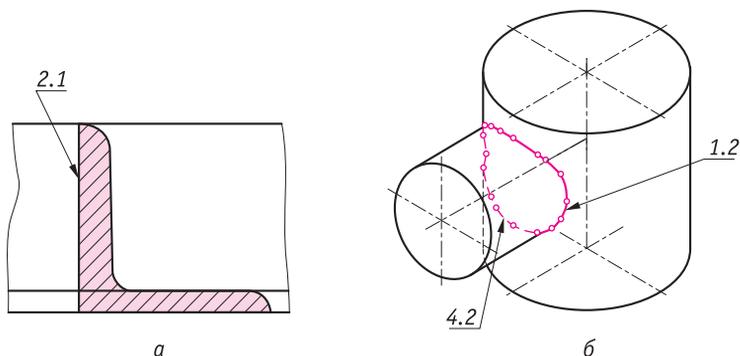


Рис. 1.3

линии латинской буквой *s*. Толщина основной линии *s* выбирается в пределах от 0,5 до 1,4 мм (в зависимости от сложности изображения, а также от формата чертежа). На учебных чертежах толщину основной линии *s* рекомендуется принимать 0,8...1,0 мм.

Прерывистые и чередующиеся линии — штриховые и штрихпунктирные — должны выполняться в соответствии со следующими требованиями:

- длину штрихов таких линий необходимо выбирать в зависимости от величины изображения;
- длины штрихов и промежутков должны быть приблизительно одинаковыми.

Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических элементов меньше 12 мм. Штрихпунктирные осевые и центровые линии должны выходить за контурные линии изображения на 2...5 мм. При изображении центра геометрической фигуры такие линии должны пересекаться штрихами.

## 1.5. ШРИФТЫ

Каждый чертеж сопровождается необходимыми общими надписями (наименование изделия, размеры, данные о материале, спецификации и др.), а также дополнительными (технические требования, условия и методы испытаний, справочные размеры и т.д.). Для выполнения надписей на чертежах и других техниче-

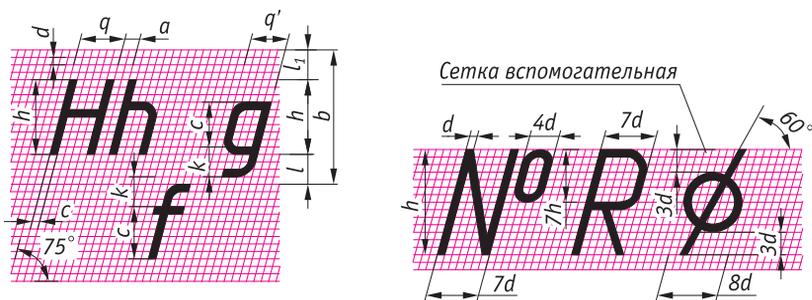


Рис. 1.4

ских документах ГОСТ 2.304—81 «Шрифты чертежные» устанавливает следующие размеры шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0; 20,0. Стандартные шрифты бывают двух типов: тип А и тип Б.

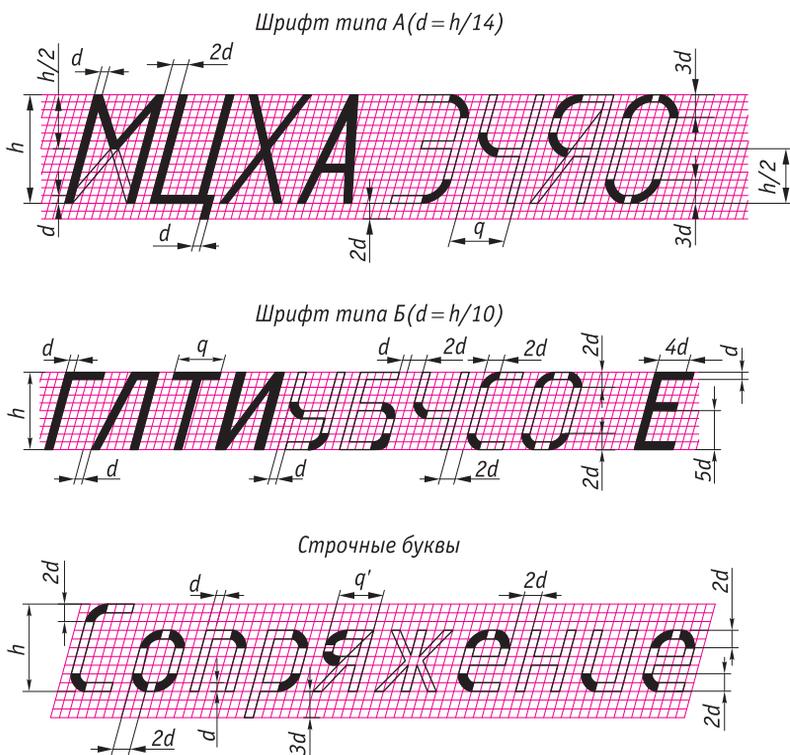


Рис. 1.5

**Таблица 1.2**

Параметры шрифта	Обозначение	Тип шрифта	Относительный размер	Размеры, мм									
				—	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0		
Размер шрифта — высота прописных букв	$h$	A	14d	—	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0		
		B	10d	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0		
Толщина линий шрифта	$d$	A	$d$	—	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4		
		B	$d$	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0		
Высота строчных букв	$c$	A	10d	—	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0		
		B	7d	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0		
Расстояние между буквами	$a$	A	2d	—	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8		
		B	2d	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0		
Расстояние между словами	$e$	A	6d	—	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4		
		B	6d	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0		
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	$b$	A	22d	—	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0		
		B	17d	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0		

Параметры шрифта	Обозначение	Тип шрифта	Относительный размер	Размеры, мм
Ширина прописных букв	<i>q</i>	А	6 <i>d</i>	Г, Е, З, С
			Б	
		А	7 <i>d</i>	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ъ, Э, Я
			Б	
		А	8 <i>d</i>	А, Д, М, Х, Ы, Ю
			Б	
		А	9 <i>d</i>	Ж, Ш, Щ, Ъ
			Б	
		А	11 <i>d</i>	Ф
			Б	
Ширина строчных букв	<i>q'</i>	А	5 <i>d</i>	с, з
		Б	4 <i>d</i>	
		А	6 <i>d</i>	



Шрифт размера 1,8 — только для шрифта типа Б. Все параметры шрифта типа А измеряются количеством долей, равных 1/14 части размера шрифта ( $h$ ), а параметры шрифта типа Б измеряются количеством долей, равных 1/10 части размера шрифта ( $h$ ). Оба типа шрифтов могут быть с наклоном около  $75^\circ$  и без наклона.

ГОСТ 2.304—81 устанавливает следующие обозначения параметров шрифтов типа А и типа Б:  $h$  — размер шрифта;  $d$  — толщина линий шрифта;  $q$  — ширина прописных букв;  $q'$  — ширина строчных букв;  $c$  — высота строчных букв;  $k$  — величина отступков ( $k = h - c$ );  $a$  — расстояние между буквами;  $b$  — минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки):

$$b = h + l + l_1,$$

где  $l = l_1 = 4/14h$  — для шрифта типа А;  $l = 3/10h$ ,  $l_1 = 4/10h$  — для шрифта типа Б.

Для облегчения понимания конструкции букв, цифр и знаков используют вспомогательную сетку (рис. 1.4). Шаг вспомогательной сетки определяется в зависимости от толщины линии шрифта  $d$ . Начертание букв всех шрифтов одинаковое, различия заключаются в ширине букв, некоторых скруглениях и толщине линий

---

Русский алфавит (кириллица)



Рис. 1.6

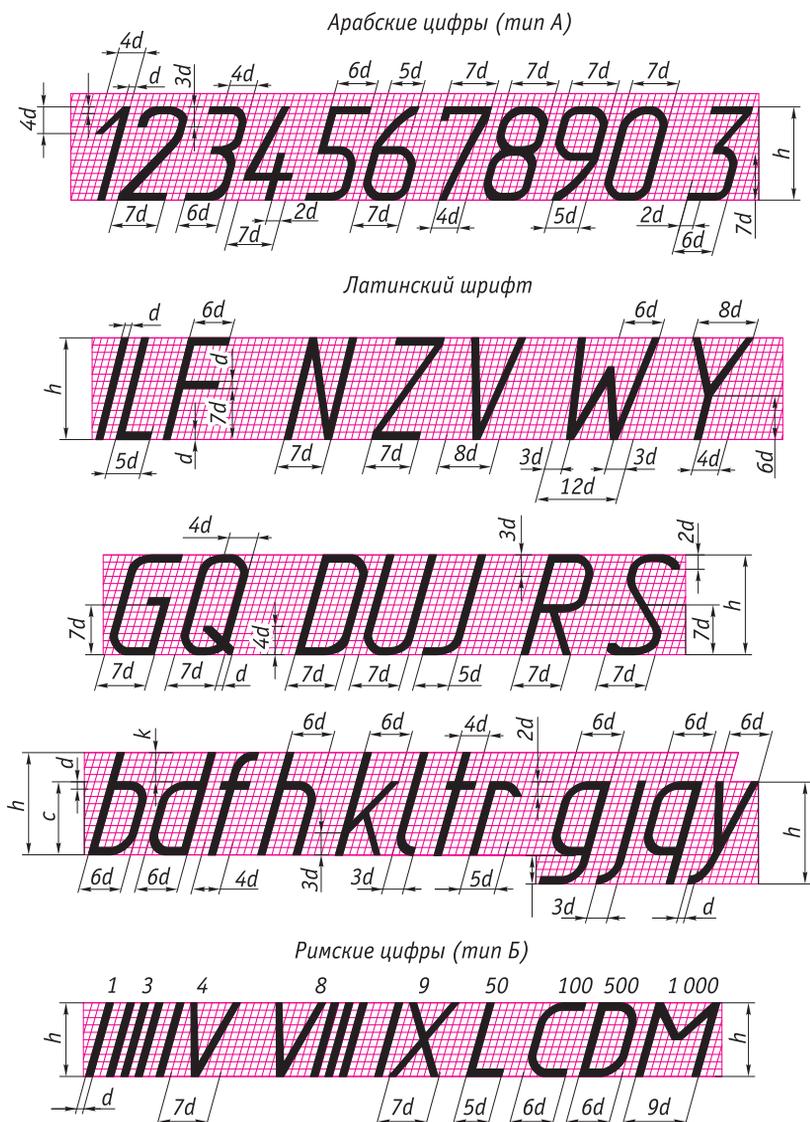


Рис. 1.7

шрифтов, обозначаемой буквой  $d$ . Пользуясь обозначениями и терминами, принятыми ГОСТ 2.304—81, на рис. 1.5 показано начертание некоторых букв с наклоном для шрифтов типа А ( $d = h/14$ ) и типа Б ( $d = h/10$ ) с использованием вспомогательной сетки.

При построении шрифта по вспомогательной сетке целесообразно все параметры выражать через величину  $d$  — толщину линий шрифта. Поэтому в табл. 1.2 параметры шрифтов типов А и Б выражены через величину  $d$ . При выполнении машиностроительных чертежей предпочтение отдается шрифту с наклоном  $75^\circ$ . Начертание букв русского алфавита (кириллицы) для шрифта типа Б ( $d = h/10$ ) приведено на рис. 1.6. Для шрифтов типов А и Б строчные буквы б, в, д, р, у имеют высоту, равную размеру данного шрифта; высота буквы ф больше высоты данного шрифта. Нижние горизонтальные отростки у букв Ц и Щ (прописных и строчных, типов А и Б) делают за счет промежутков между смежными буквами, а вертикальные (а также черта над буквой й) — за счет промежутков между строками.

**Цифры и буквы латинского алфавита.** Цифры в надписях не подразделяются на прописные и строчные. Высота арабских цифр равна высоте прописных букв, а ширина различная. На рис. 1.7 показано начертание арабских цифр шрифта типа А ( $h/14$ ) и букв латинского алфавита, по начертанию не совпадающих с буквами русского алфавита. Также на рис. 1.7 приведено написание римских цифр шрифта типа Б ( $h/10$ ) и строчных букв латинского алфавита, имеющих свои особенности: элементы показанных букв выступают за строку вниз и вверх на величину  $k$ , равную  $0,4c$  ( $c$  — высота строчных букв).

**Выполнение надписей.** Чтобы выполнить на чертеже надпись, недостаточно знать начертание каждой буквы и цифры, необхо-



Рис. 1.8

димо еще правильно разместить ее по длине и высоте в отведенном для этого месте на поле чертежа. Например, надо написать шрифтом  $7(h)$  название чертежа «Черчение проекционное». С учетом значений параметров, приведенных в табл. 1.2, на рис. 1.8 показан пример расположения надписи «Черчение проекционное» по упрощенной расчетной сетке шрифтом типа Б( $h/7$ ).

## 1.6. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Наиболее простыми геометрическими построениями на чертежах являются: деление отрезков прямой и углов на равные части; деление окружности на равные части; построение уклонов и конусности; различные виды сопряжения прямых с дугами окружности и дуг окружности между собой. Рассмотрим основные приемы выполнения геометрических построений на чертежах.

### 1.6.1. Деление отрезка прямой на равные части

**Деление отрезка прямой на две или четыре равные части.** Деление отрезка на две равные части (рис. 1.9, *a*) выполняют в следующей последовательности: из концов отрезка  $AB$  радиусом  $R$ , чуть большим половины отрезка, делают засечки до их взаимного пересечения выше и ниже отрезка  $AB$ ; полученные точки пересечения соединяют прямой  $KL$ . Прямая, соединяющая точки  $K$  и  $L$ , делит отрезок  $AB$  на две равные части:  $AC$  и  $CB$ .

Если отрезок  $AB$  необходимо разделить на четыре равные части, то подобные построения повторяют для отрезков  $AC$  и  $CB$ . При этом радиус  $r$  должен быть больше половины отрезка  $CB$ .

**Деление отрезка на любое число равных частей.** Пусть отрезок  $AB$  требуется разделить на семь равных частей. Из точки  $A$  (рис. 1.9, *б*) проводят вспомогательную прямую  $AC$  под любым острым углом. На этой прямой от точки  $A$  откладывают семь равных отрезков произвольной длины; полученную точку  $7$  соединяют с точкой  $B$  — концом заданного отрезка. Из точек деления на вспомогательной прямой  $AC$ , используя линейку и угольник, проводят прямые, параллельные прямой  $7B$ , которые разделят отрезок  $AB$  на семь равных частей.