

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

СРЕДНЕЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Н.А. Березина

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Рекомендовано

Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»

в качестве **учебного пособия**

для использования в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего профессионального образования

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГУ «Федеральный институт развития образования»

Регистрационный номер рецензии № 297 от 16.06.2009

*Рекомендовано для освоения профессий
из списка ТОП-50 наиболее востребованных на рынке труда,
новых и перспективных профессий*

Второе издание, исправленное



КНОРУС • МОСКВА • 2024

УДК 744(075.32)
ББК 30.11я723
Б48

Рецензенты:

Е.В. Лихачева, Российский государственный торгово-экономический университет,
С.В. Синаторов, Саратовский государственный профессионально-педагогический
колледж им. Ю.А. Гагарина

Березина, Наталия Алексеевна.

Б48 Инженерная графика : учебное пособие / Н.А. Березина. — 2-е изд.,
испр. — Москва : КНОРУС, 2024. — 272 с. — (Среднее профессиональное
образование).

ISBN 978-5-406-13102-2

Рассматриваются вопросы графического оформления чертежей, схем и печатных плат, даются основы начертательной геометрии, проекционного, технического и строительного черчения.

Соответствует ФГОС СПО последнего поколения.

Рекомендовано для освоения профессий из списка ТОП-50 наиболее востребованных на рынке труда, новых и перспективных профессий.

Для студентов учебных заведений среднего профессионального образования, обучающихся по техническим специальностям.

**УДК 744(075.32)
ББК 30.11я723**

Березина Наталия Алексеевна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Изд. № 695073. Формат 60×90/16. Гарнитура «Newton».

Усл. печ. л. 17,0. Уч.-изд. л. 14,52.

ООО «Издательство «КноРус».

117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2.

Тел.: +7 (495) 741-46-28.

E-mail: welcome@knorus.ru www.knorus.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных материалов в ООО «Фотоэксперт».

109316, г. Москва, Волгоградский проспект,
д. 42, корп. 5, эт. 1, пом. I, ком. 6.3-23Н

ISBN 978-5-406-13102-2

© Березина Н.А., 2024

© ООО «Издательство «КноРус», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Потребность изображать различные предметы и окружающий мир возникла у человека в древнейшие времена. До наших дней дошло много наскальных изображений. Не имея ни бумаги, ни карандашей, люди сначала применяли для этого различные красящие вещества, затем — мел, уголь и т.д. Рисунки наносились на стены или другие окружающие предметы. Наиболее часто изображались звери и птицы. Постепенно в рисунках стали появляться различные геометрические фигуры — круги, петли, квадраты и т.д. Стилизованные изображения животных и птиц постепенно преобразовывались в иероглифы, буквы, цифры. Например, считается, что буква А является преобразованным изображением быка (Алефа).

Основной целью изображений (и рисунков, и надписей, и различных знаков) является передача сведений, информации от одного человека другому. Первые чертежи отражали изображаемые предметы приближенно, без указаний размеров, как, например, сохранившийся чертеж мельницы на реке Семь (XVII в.). В кораблестроительных чертежах времен Петра I, чертежах русских механиков И.П. Кулибина и И.И. Ползунова, первых паровозостроителей Черепановых уже присутствуют многие правила и приемы современного черчения.

В 1795 г. французский математик и инженер Г. Монж впервые систематизировал приемы и методы начертательной геометрии — науки о геометрических способах изображения предметов на плоскости. Чертеж стал языком техники, а начертательную геометрию русский ученый В.И. Курдюмов назвал грамматикой этого языка. Сегодня чертеж можно назвать международным языком строителей и инженеров, а также специалистов других профессий. С помощью чертежей не только строят сооружения и создают различные технические конструкции, но и шьют одежду, озеленяют города, изготавливают мебель и многое другое.

В России одной из первых книг о черчении была книга «Приемы циркуля и линейки» (1709). С 1810 г. в Институте кор-

пуca путей сообщений стали преподавать черчение, а с 1830 г. черчение было введено во всех высших учебных заведениях.

С графическими изображениями человек сталкивается с того момента, когда впервые берет в руку карандаш.

Графическое изображение — это изображение, которое состоит из линий, штрихов, точек и выполняется карандашом, чернилами, тушью и т.п.

На рисунках предметы изображаются видимыми с трех сторон, при этом линии, параллельные в действительности, на рисунках оказываются не параллельными. Если параллельные в действительности линии изобразить параллельными и на рисунке, то получится *наглядное изображение* предмета. Наглядное изображение, выполненное с указанием размеров, но без точного их соблюдения, представляет собой *технический рисунок*, по которому можно изготовить изображаемый несложный предмет. Чертеж, выполненный от руки без чертежных инструментов, «на глазок», называется *эскизом*.

Предмет или совокупность предметов, изображаемых на чертеже и предназначенных для изготовления на предприятии, называется *изделием*. В зависимости от сложности изображаемых изделий выделяют чертежи:

- ◇ *детали* — чертеж одного предмета — детали, изготовленной без сборочных операций из однородного материала;
- ◇ *сборочные* — изображающие предмет, состоящий из нескольких деталей в сборе (в соединении).

Кроме этого, часто приходится иметь дело с *чертежом развертки* предмета, например, если обычный конверт развернуть, то получится чертеж его развертки.

Казалось бы, зачем учиться чертить, если чертеж можно выполнить с помощью компьютерной программы. Но компьютер не может в полной мере заменить человека, особенно в процессе творчества, при создании новых конструкций. Кроме того, часто приходится не чертить, а читать чертежи, вносить исправления, что без знания законов черчения невозможно.

Черчение развивает пространственное воображение человека, умение наблюдать и сравнивать и сами предметы, и их изображения, позволяет познакомиться с некоторыми техническими аспектами. Все эти навыки необходимы при изучении многих дисциплин, на различных производствах.

§ 1.1. Государственные стандарты

Стандарт – это нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации.

Стандартизация – это процесс установления и применения стандартов. Применение стандартов позволяет решить такие задачи, как сокращение сроков проектирования и изготовления изделий, повышение качества конструкторской документации, экономия трудовых и материальных ресурсов, повышение качества и снижение стоимости изделий. Стандартизация является средством ускорения научно-технического прогресса.

Объекты стандартизации – изделия (продукция) и многократно применяемые в различных сферах (науке, технике, строительстве, здравоохранении и т.д.) народного хозяйства нормы, правила, методы, термины, единицы величин и т.п.

Процесс стандартизации известен с древних времен. Еще задолго до новой эры устанавливались правила изготовления луков и стрел, постройки городских сооружений хеттов, пирамид древних египтян. Римские императоры стандартизировали оружие, календарь, меры длины, объема, массы, диаметры труб. Процесс кораблестроения в Венецианской республике отличался высокой степенью стандартизации. В России стандарты появились во время правления Ивана Грозного, они касались мерительного инстру-

мента и артиллерии. Со временем процесс стандартизации охватывал все больше и больше объектов.

Первые государственные стандарты – ОСТы (общесоюзные стандарты) были выпущены в 1926 г. Обозначение состояло из аббревиатуры ОСТ и его порядкового номера, а с 1938 г. в обозначении стали указывать последние две цифры года регистрации стандарта (через тире), например ОСТ 25–39.

В 1940 г. ОСТы были заменены *государственными стандартами* (ГОСТами). Обозначение государственного стандарта состоит из аббревиатуры ГОСТ, порядкового номера группы, к которой принадлежит стандарт (группа включает однотипные объекты – изделия, нормы, правила, методы, термины и т.д.), порядкового номера стандарта в группе (через точку) и года регистрации (через тире), например ГОСТ 2.010–62.

Если в стандарт вносятся изменения, то в конце его обозначения (после года регистрации) проставляется звездочка, а в тексте самого стандарта приводится информация об изменении (номер, где опубликовано), например ГОСТ 2.010–93*.

Если некоторые части стандарта изменены или отменены, то в конце его обозначения проставляются две звездочки, например ГОСТ 2.10–62**.

При введении в действие ранее отмененного стандарта к его обозначению после года регистрации добавляются три звездочки (с 1969 г.).

Расширение экспортной деятельности государства потребовало установления *специальных стандартов*. Обозначения таких стандартов содержат определенную литеру, которая ставится в начале обозначения (к литере может быть добавлена цифра, указывающая порядковый номер дополнения). Например, стандарты поставляемых на экспорт объектов обозначаются литерой «Э» или «ЭД» (экспортное дополнение), поставляемых и на экспорт, и на внутренний рынок – литерой «Е», объектов атомной техники – литерой «А».

Полные сведения об обозначениях всех стандартов и их изменениях содержатся в Указателе государственных стандартов, который публикуется ежегодно Государственным комитетом Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации. Приводимые в нем сведения соответствуют информации на 1 января текущего года.

В ежемесячных информационных указателях стандартов (ИУС) содержатся сведения о сроках действия стандартов. Сначала стандарты устанавливались без указания срока действия, но с 1973 г. было введено ограничение срока действия части стандартов – они выпускались на пятилетний или десятилетний срок. При продлении срока действия стандарта на его титульном листе делается запись: «Проверен в ... г. Срок действия продлен (или ограничен) до ... г.». Если в стандарт вносят принципиально новые положения, он заменяется новым.

Рост промышленности привел к необходимости установления *комплексов межотраслевых стандартов*, указывающих правила и положения по организации производства и управлению им, составлению технико-экономической документации. Каждый комплекс имеет свой цифровой индекс. В общую нумерацию межотраслевые стандарты не включаются. Приведем некоторые межотраслевые комплексы (системы) стандартов:

- ◇ ГСС – Государственная система стандартизации, дающая определения понятий «стандарт» и «стандартизация», устанавливающая категории объектов стандартов, регламентирующая стадии разработки и порядок внедрения стандартов, устанавливающая порядок контроля за внедрением, соблюдением, пересмотром, изложением и оформлением стандартов;
- ◇ ЕСКД – Единая система конструкторской документации, состоящая из десяти классификационных групп:

нулевая – общие положения, начинается с ГОСТ 2.001–93;

первая – основные положения, начинается с ГОСТ 2.101–68;

вторая – обозначение изделий и КД, начинается с ГОСТ 2.201–80;

третья – общие правила выполнения чертежей, начинается с ГОСТ 2.301–68;

четвертая – правила выполнения чертежей изделий, начинается с ГОСТ 2.401–68;

пятая – учет и обращение КД, начинается с ГОСТ 2.501–88;

шестая – эксплуатационная и ремонтная документация, начинается с ГОСТ 2.601–68;

седьмая – правила выполнения схем, начинается с ГОСТ 2.701–84;

восьмая – макетный метод проектирования и горная графическая документация, начинается с ГОСТ 2.801–74;

девятая – прочие стандарты.

Кроме указанных групп в ЕСКД входят:

- ◇ АСКТК – Автоматизированная система конструкторско-технологической классификации и кодирования, Общероссийский технологический классификатор сборочных единиц машиностроения и приборостроения и

Общероссийский классификатор деталей, изготавливаемых сваркой, пайкой, склеиванием и термической резкой;

- ◇ ЕСТД – Единая система технологической документации, устанавливающая требования к документам по технологии производства изделий машиностроения и приборостроения;
- ◇ УСД – Унифицированная система документации, регламентирующая статистическую, планово-экономическую и другие виды документации;
- ◇ Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу;
- ◇ ГСИ – Государственная система обеспечения единства измерений (стандарты метрологии);
- ◇ ЕСЗКС – Единая система защиты от коррозии и старения материалов и изделий;
- ◇ ССБТ – Система стандартов безопасности труда, разделенная на десять подсистем;
- ◇ Репрография – стандарты, устанавливающие принципы размножения оригиналов, копирования документов;
- ◇ ЕСТПП – Единая система технологической подготовки производства;
- ◇ Система стандартов в области природы и улучшения природных ресурсов;
- ◇ ЕСПД – Единая система программной документации (документации, предназначенной для обработки на ЭВМ);
- ◇ СПДС – Система проектной документации для строительства;
- ◇ ССЭТЭ – Система стандартов эргономики и технической эстетики.

§ 1.2. Формат. Выполнение надписей. Масштаб

Для выполнения чертежей применяют листы *чертежной бумаги* определенного формата. *Форматом* называют размер внешней рамки листа, который строго определен стандартом (Единой системой конструкторской документации). Допустимы следующие форматы: А0 (841×1180 мм); А1 (594×841 мм); А2 (420×594 мм); А3 (297×420 мм); А4 (210×297 мм).

Каждый чертеж содержит надписи. Обычно выполнение чертежа начинается с нанесения на бумагу рамки и основной надписи.

Рамка ограничивает поле чертежа. Стороны рамки отстоят от края бумаги сверху, снизу и справа на 5 мм, а слева – на 20 мм.

Основная надпись располагается в правом нижнем углу чертежа, выполняется строго в соответствии с требованиями ГОСТ и содержит следующие сведения (рис. 1.1, а):

- ◇ название изображаемой детали;

Чертил	Сидоров А.А.	07.02.09	<i>Корпус</i>		
Проверил					
Группа			Сталь	1 : 2	№ 2

а

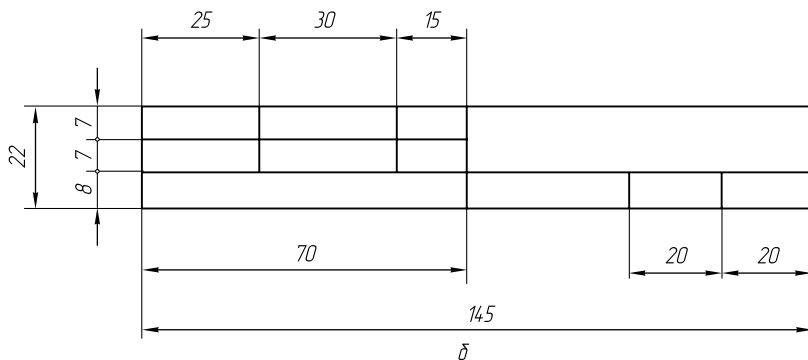


Рис. 1.1

- ◇ материал, из которого она изготовлена;
- ◇ масштаб, в котором выполнено изображение;
- ◇ номер чертежа;
- ◇ сведения о том, кто выполнил чертеж (фамилия, место работы или учебы), и о том, кто проверил чертеж (фамилия);
- ◇ даты выполнения и проверки чертежа.

Размеры основной надписи и место расположения каждого ее элемента строго определены (рис. 1.1, б). Основная надпись, приведенная на рис. 1.1, а, применяется в учебных работах.

В технической документации (строительной, конструкторской и т.д.) применяется основная надпись с большим количеством строк и столбцов, содержащая большой объем информации о чертеже и об изображаемом предмете (см. гл. 11).

Для выполнения буквенных и цифровых надписей на чертеже используются специальные установленные стандартом чертежные шрифты, которые могут выполняться с наклоном и без наклона.

В зависимости от соотношения толщины линий шрифта и высоты прописных букв различаются два типа шрифтов:

- ◇ тип А – толщина d линий шрифта равна $1/14$ высоты его прописных букв ($d = h/14$);

- ◇ тип Б более широкий – толщина d линий равна $1/10$ высоты его прописных букв ($d = h/10$). Наклон, если имеется, равен примерно 75° .

ГОСТ определяет ряд значений для высоты h прописных букв: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40 мм, для шрифтов типа Б кроме указанных допускается высота прописных букв 1,8 мм. Высота прописных букв является размером данного шрифта. Толщина линий у всех букв на одном чертеже должна быть обязательно одинаковой. Размеры других букв и цифр, расстояние между ними определяется относительно толщины линий d и высоты h прописных букв и даны в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Размеры букв

Тип шрифта	Высота строчных букв	Расстояние между буквами	Расстояние между словами (минимальное)	Шаг строк (минимальный)
А	$10d$ или $5h/7$	$2d$ или $h/7$	$6d$ или $3h/7$	$22d$ или $11h/7$
Б	$7d$ или $0,7h$	$2d$ или $h/5$	$6d$ или $3h/5$	$17d$ или $1,7h$

Исключение составляет высота строчных букв (общая) б, д, р, у, ф, которая равна высоте соответствующих прописных букв.

По ширине буквы различны, например, если ширина большинства прописных букв равна $4h/7$, то ширина букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю равна $6h/7$, а ширина букв А и М равна $5h/7$. Нижние и боковые отростки у букв Д, Ц, Щ, Ъ, Й располагаются в промежутках между буквами или строками.

Чтобы правильно написать буквы на чертеже, целесообразно построить сетку с квадратными ячейками, если шрифт без наклона, или с ячейками в виде параллелограмма, если шрифт с наклоном, в эти ячейки вписываются буквы или цифры. Чтобы ускорить процесс написания букв и цифр, применяют трафареты.

На чертеже указываются размеры изображаемого предмета и его частей. Все линейные размеры на чертежах указываются в миллиметрах без указания единицы длины (мм), а угловые размеры указываются с обозначением угловых единиц измерения – градусов, минут и секунд. Число размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для однозначного и полного определения детали.

ГОСТ устанавливает правила нанесения размеров на чертежи, основные из которых приведены ниже.

1. Для того чтобы указать размер какого-либо отрезка, проводят выносные линии перпендикулярно этому отрезку, затем на расстоянии 6–10 мм от отрезка параллельно ему выполняют размерную линию, которая с обеих сторон ограничивается стрелками (размеры стрелок зависят от толщины основной линии чертежа). Выносные линии на 1–5 мм выходят за концы стрелок размерных линий. Размерное число указывается над размерной линией, обычно в середине ее (рис. 1.2). На вертикальных размерных линиях размерное число располагается так, чтобы его можно было прочесть справа.
2. Диаметр окружности обозначается значком \varnothing и соответствующим размерным числом, которое помещается внутри окружности или вне ее, если внутри не помещается.
3. Радиус окружности обозначается буквой R и соответствующим размерным числом, размерная линия проводится из центра окружности или дуги, а концом (со стрелкой) упирается в окружность (или дугу окружности).
4. Чтобы выносные и размерные линии не пересекались, более близкие к изображению параллельные размерные линии применяются для нанесения меньших размеров.
5. Размерной линией угла является дуга окружности с центром в вершине угла, ограниченная с двух сторон стрелками.
6. Размеры одинаковых деталей наносятся только один раз (на одной детали), но при этом рядом с размерным числом указывается количество одинаковых деталей, например «4 отв. $\varnothing 5$ ».
7. Иногда ширина или длина детали указываются соответственно буквой s или l , после которой пишется размерное число.

При строгом выполнении указанных правил чертеж получается ясным и читаемым и дает наиболее полную информацию об изображаемом предмете.

Масштаб — отношение линейного размера изображения предмета на чертеже к его действительному размеру.

Изображаемый предмет может быть больше или меньше форматного листа; поэтому если изображение выполняется в натуральную величину, оно не всегда может поместиться на чертеже или же будет занимать незначительное место на черте-

же. Чтобы изображение предмета полностью занимало поле чертежа, применяют масштабы (предмет изображается в уменьшенном или увеличенном виде):

- ◇ натуральный – $1 : 1$;
- ◇ уменьшения – $1 : 2, 1 : 2,5, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 15, 1 : 20, 1 : 25, 1 : 40, 1 : 50, 1 : 75, 1 : 100, 1 : 200, 1 : 400, 1 : 500, 1 : 800, 1 : 1000$ (при проектировании крупных объектов можно применять масштабы $1 : 2000, 1 : 5000, 1 : 10000, 1 : 20000, 1 : 25000, 1 : 50000$);
- ◇ увеличения – $2 : 1, 2,5 : 1, 4 : 1, 5 : 1, 10 : 1, 20 : 1, 40 : 1, 50 : 1, 100 : 1$.

На чертеже масштаб обозначается надписью типа $M2 : 1, M1 : 25$ и т.п., а в графе основной надписи буква M не указывается, т.е. приводится надпись типа $1 : 10, 2 : 5$ и т.п.

Масштаб выбирается таким образом, чтобы чертежом можно было пользоваться наиболее удобно.

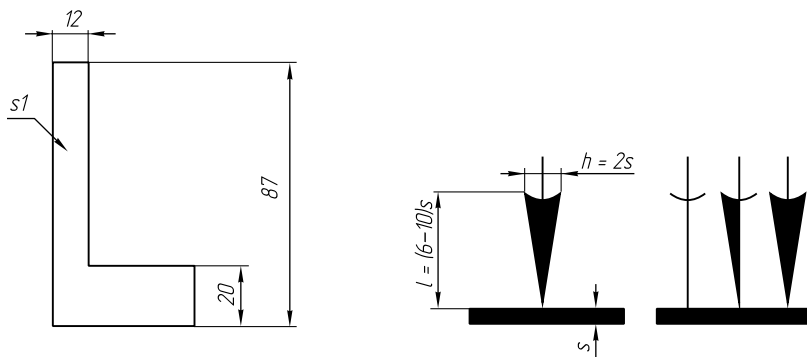


Рис. 1.2

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. В чем заключается процесс стандартизации?
2. Как обозначаются стандарты?
3. Какие типы шрифтов вы знаете? Чем они различаются?
4. Что такое основная надпись?
5. Сформулируйте основные правила нанесения размеров на чертеж.
6. Какие типы масштабов применяются в черчении?

ГЛАВА 2 ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ. ТОЧКА И ПРЯМАЯ

§ 2.1. Метод проекций

Проекцией (от лат. *projectio* – выбрасывание) называется изображение пространственной фигуры на плоскости.

Проецированием называется процесс получения проекций.

В обыденной жизни человек постоянно сталкивается с различными проекциями: это тени, фотографии, кинокадры и т.д. По таким проекциям можно получить более или менее полную информацию об изображаемом предмете. Проекция является видом предмета с какой-нибудь стороны, и, изображая предмет с разных сторон, мы получаем его различные проекции. Самый простой способ получения проекций заключается в его обводке на бумаге, т.е. предмет кладут на лист бумаги и обводят. Но далеко не со всеми предметами можно так поступать.

Начертательная геометрия – наука о построении изображений на плоскости, которая на основании строгих геометрических законов позволяет наиболее полно изобразить любой предмет на плоскости.

Рассмотрим самый простой пример – тень на стене от предмета при направлении на него луча света от лампы. Если менять местоположение лампы, то будут получаться разные тени: в зависимости от расстояния, на котором расположена лампа, тень больше или меньше, если лампу сдвигать влево или вправо, то тень соответствующим образом вытягивается, искажается. Можно сказать, что луч света определяет проекцию.

Пусть имеется некоторая плоскость H и не лежащая на ней точка A . Проведем через точку A прямую так, чтобы она пересекла плоскость H в некоторой точке; обозначим ее A_1 . Тогда точка A_1 будет являться изображением, проекцией A на плоскости H (рис. 2.1).

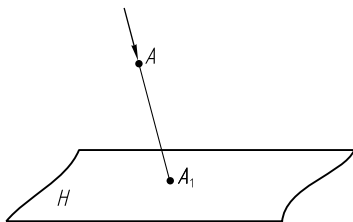


Рис. 2.1

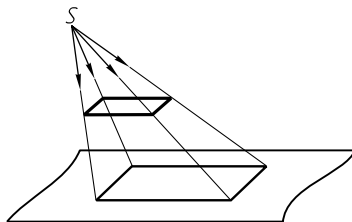


Рис. 2.2

Плоскостью проекций называется плоскость, на которой получается проекция.

Проецирующим лучом называется прямая, соединяющая изображаемую точку с ее проекцией на плоскости проекций.

В приведенных примерах плоскостью проекций является стена (в примере с тенью) и плоскость H на рис. 2.1, проецирующим лучом — часть луча света от какой-либо точки контура предмета до стены в примере с тенью и прямая AA_1 на рис. 2.1. Чтобы получить проекцию произвольной фигуры, надо через точки (не обязательно все) этой фигуры провести проецирующие лучи до пересечения с плоскостью проекций.

В зависимости от того, как проходят проецирующие лучи, различают способы проецирования: центральное и параллельное (прямоугольное и косоугольное).

Центральным (его называют также коническим, полярным, перспективой) проецированием называется такой способ, когда проецирующие лучи исходят из одной точки — центра проекций (обычно обозначается буквой S). Получаемая при этом проекция (рис. 2.2) называется центральной или перспективой (линейной перспективой). Данный способ является наиболее общим. Примером центрального проецирования является получение тени с помощью источника света (лампы). Здесь проецирующие лучи исходят из одной точки лампы — центра проекций. К центральному проецированию относятся рисование с натуры, фотография, слайды и т.п.; по способу центрального проецирования работает человеческое зрение.

Основные свойства центрального проецирования:

- ◇ проекция точки — точка;
- ◇ проекция прямой — прямая;

- ◇ проекция точки, лежащей на некоторой прямой, лежит на проекции прямой.

Так как форма и размеры центральной проекции зависят от положения центра проекций, то данный способ не позволяет определить форму и размер предмета по его проекциям единственным образом.

К данному способу относится стереографическое проецирование – проецирование расположенных на сфере образов, которое используется в картографии и астрономии.

Параллельным проецированием называется такой способ, когда проецирующие лучи параллельны между собой; получаемые при этом проекции называются параллельными. Параллельное проецирование можно рассматривать как центральное при бесконечно далеком расположении центра проекций от изображаемого предмета. Например, солнечные тени – это параллельные проекции, так как Солнце находится на таком большом расстоянии от предметов на Земле, что углы между его лучами очень маленькие, и поэтому лучи можно считать параллельными. При параллельном проецировании проецирующие лучи падают на плоскость проекций под одним и тем же углом. Если угол падения проецирующих лучей прямой, то проецирование называется прямоугольным (ортогональным). Если угол падения не равен 90° , то проецирование называется косоугольным; при этом проекции получают вытянутыми (чем острее угол падения, тем более вытянута проекция).

Прямоугольное (ортогональное) проецирование является основным способом, применяемым в черчении, техническом проецировании.

Основные свойства параллельного проецирования:

- ◇ проекция точки – точка;
- ◇ проекция прямой – прямая;
- ◇ проекция точки, лежащей на некоторой прямой, лежит на проекции прямой;
- ◇ проекции параллельных прямых параллельны;
- ◇ проекция точки, делящей отрезок в некотором отношении, делит проекцию отрезка в том же отношении;

- ◇ отношение длин параллельных отрезков равно отношению длин их проекций;
- ◇ проекции двух скрещивающихся прямых могут быть как пересекающимися, так и параллельными;
- ◇ прямоугольная проекция прямого угла является прямым углом;
- ◇ плоская фигура проецируется без искажений на параллельную ей плоскость проекций;
- ◇ при параллельном перемещении плоскости проекций (или самой фигуры) ее проекция не меняется.

Прямоугольное проецирование недостаточно наглядно, но оно наиболее точно отображает оригинал, так как размеры изображаемого предмета не зависят от его удаленности от плоскости проекций.

§ 2.2. Комплексный чертеж в ортогональных проекциях

Любой предмет можно рассматривать с разных сторон и проецировать на разные плоскости. Располагая его по-разному перед плоскостью проекций, можно получать разные проекции, которые тоже можно располагать по-разному. Но при таком произволе каждый чертежник будет выполнять работу по собственным правилам, что не всегда позволит воспроизвести предмет по изображению. Чтобы избежать этого, разработан специальный метод проецирования, который называется методом Монжа по имени его разработчика Гаспара Монжа.

Метод Монжа – это метод параллельного, а точнее, прямоугольного (или ортогонального) проецирования на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций. Линия пересечения двух плоскостей проекций называется *осью проекций*. Получаемые при этом ортогональные проекции, помещенные в одну плоскость, образуют *комплексный чертеж*, или *эпюр Монжа*. Проецировать можно не только на две, но и на три взаимно перпендикулярные плоскости, что наиболее точно передает форму изображаемого предмета. Данный метод строго определяет расположение проекций на чертеже.

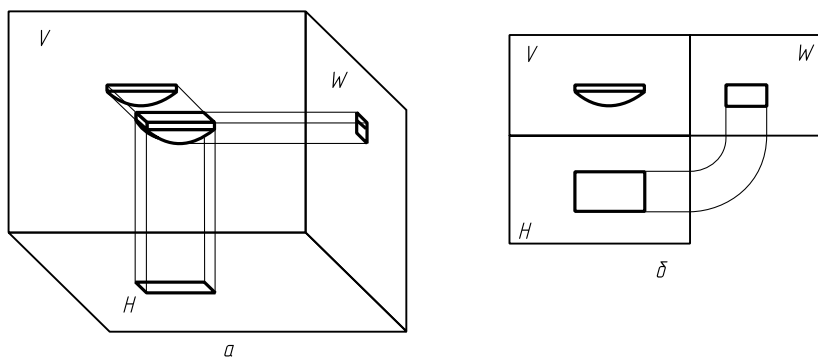


Рис. 2.3

Построение комплексного чертежа происходит следующим образом: изображаемый предмет располагается в образованный тремя взаимно перпендикулярными плоскостями угол и проецируется на эти плоскости, которые в данном случае являются плоскостями проекций (рис. 2.3, а). Каждая из плоскостей — сторон угла имеет свое наименование: плоскость H называется *горизонтальной*, плоскость V — *фронтальной*, плоскость W — *профильной*. На горизонтальной плоскости получается вид предмета сверху, на фронтальной — вид спереди и на профильной — вид сбоку. Чтобы расположить получаемые ортогональные проекции на одном листе, плоскости проекций как бы разворачивают: горизонтальная плоскость откидывается вниз, а профильная поворачивается направо (рис. 2.3, б). В результате на плоскости чертежа расположение проекций строго определено: сначала вид спереди, точно под ним — вид сверху, а справа от него на той же высоте располагается вид слева. Такое расположение проекций называется *проекционной связью* и строго соблюдается во всех странах. На практике на чертежах не проводятся оси проекций и проецирующие линии.

Вид — это изображение той части поверхности предмета, которая обращена к наблюдателю. На этом изображении возможны некоторые упрощения, условности, что отличает его от проекции. Изображение предмета на фронтальной плоскости проекций называется *видом спереди* или *главным видом*, изображение на горизонтальной плоскости — *видом сверху*, на профильной — *видом слева*.

§ 2.3. Прямые линии общего и частного положений

Рассмотрим случай проецирования прямой на три взаимно перпендикулярные плоскости (ортогональное, или прямоугольное, проецирование). Относительно этих плоскостей прямая линия может располагаться по-разному.

Прямая общего положения — не параллельна ни одной из плоскостей проекций.

Прямая частного положения — параллельна одной или двум плоскостям проекций.

Прямая линия определяется двумя своими точками. Проекцией точки при прямоугольном проецировании служит основание перпендикуляра, опущенного из данной точки на плоскость проекций. Чтобы построить проекцию прямой, надо построить проекции двух точек, принадлежащих данной прямой, и затем провести через них прямую, которая и будет являться проекцией данной прямой. Этот способ основан на свойствах параллельного проецирования, частным случаем которого выступает прямоугольное проецирование. Для простоты вместо прямой линии, которая не имеет ни начала, ни конца, обычно рассматривают отрезок прямой.

Пусть имеется прямая общего положения, проходящая через точки A , B . Ее проекциями на плоскости проекций (горизонтальную, фронтальную и профильную) также будут прямые. Причем длина отрезка AB всегда будет больше длины его проекций на любую из плоскостей проекций. Если углы наклона данной прямой ко всем плоскостям проекций одинаковы, то длины всех проекций отрезка AB тоже будут одинаковы.

Для однозначного определения положения отрезка прямой в пространстве не обязательно строить все три ортогональные проекции. По двум проекциям с помощью линий связи можно построить третью проекцию.

Например, пусть имеются фронтальная A_1B_1 и горизонтальная A_2B_2 проекции отрезка AB . Тогда проведя линии связи, как показано на рис. 2.4, получим профильную проекцию A_3B_3 .