



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**А. А. Чекмарев**

# **НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ЧЕРЧЕНИЕ**

УЧЕБНИК ДЛЯ ПРИКЛАДНОГО БАКАЛАВРИАТА

5–е издание, исправленное и дополненное

*Рекомендовано Учебно–методическим отделом высшего образования в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно–техническим направлениям и специальностям*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)**



**Москва ■ Юрайт ■ 2015**

УДК 514(075.8)  
ББК 30.11я73  
Ч37

**Автор:**

**Чекмарев Альберт Анатольевич** — доктор педагогических наук, профессор, академик РАЕН, профессор кафедры электроники и наноэлектроники факультета электроники и телекоммуникаций Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

**Рецензенты:**

*Вяткин Г. П.* — профессор Московского государственного технологического университета «СТАНКИН»;

*Новожилов Э. Д.* — профессор Московского педагогического университета.

**Чекмарев, А. А.**

Ч37 Начертательная геометрия и черчение : учебник для прикладного бакалавриата / А. А. Чекмарев. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 460 с. — Серия : Бакалавр. Прикладной курс.

ISBN 978-5-9916-4880-6

В учебнике изложены основы начертательной геометрии в непосредственной связи с основами технического рисунка и черчения; основы машиностроительного черчения, правила выполнения схем; даны элементы строительного и топографического черчения; основы использования персональных электронных вычислительных машин для решения графических задач.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

*Для студентов педагогических и машиностроительных вузов, педагогических училищ, а также для учителей математики и черчения.*

УДК 514(075.8)  
ББК 30.11я73

*Учебное издание*

**Чекмарев Альберт Анатольевич**

## **НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ЧЕРЧЕНИЕ**

Учебник для прикладного бакалавриата

Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Гарнитура «Petersburg». Печать цифровая.

Усл. печ. л. 29,44. Тираж 1000 экз. Заказ № 844, 200 экз.

**ООО «Издательство Юрайт»**

111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4а.

Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: izdat@urait.ru, www.urait.ru

© Чекмарев А. А., 2011

© Чекмарев А. А., 2014, с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2015

ISBN 978-5-9916-4880-6

## ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения курса состоит в том, чтобы овладеть теоретическими основами построения изображений на машиностроительных и строительных чертежах и дать практические навыки.

После изучения дисциплины «Начертательная геометрия и черчение» студент должен владеть следующими компетенциями.

### **Знать:**

- основные положения начертательной геометрии;
- системы стандартов на условные графические обозначения общего применения для использования в электрических, гидравлических, пневматических, кинематических и комбинированных схемах, Единую систему конструкторской документации (ЕСКД), Систему проектной документации для строительства (СПДС) и литературу со справочными материалами.

### **Уметь:**

- выполнять чертежи по стандартам ЕСКД и СПДС, включая использование вычислительной техники при создании чертежей;
- наносить размеры с учетом основных положений конструирования, проектирования и технологии;
- выполнять и читать изображения предметов, машиностроительных и общих строительных чертежей зданий и сооружений на основе метода прямоугольного проецирования, а также отдельных видов схем.

### **Владеть:**

- техникой черчения по стандартам ЕСКД и СПДС;
- методикой преподавания черчения в школе.

В процессе изучения начертательной геометрии и черчения вы освоите основные положения Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) — комплекса государственных стандартов и системы проектной документации для строительства (СПДС), а также современные системы автоматизированного выполнения чертежей.

В ЕСКД установлены взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, которые обязательны для всех организаций и предприятий.

Установленные в стандартах ЕСКД единые правила обеспечивают:

возможность обмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления;

стабилизацию комплектности, исключающую дублирование и разработку не требуемых производству документов;

возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;

упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно-конструкторских разработок промышленных изделий;

механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации;

оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

Установленные стандартами ЕСКД объем и содержание данных и технических показателей, включаемых в конструкторские документы, служат основанием для разработки систем и программ механизированной их обработки на сканирующих устройствах, например:

цифровые коды, шифрующие данные, содержащиеся в конструкторских документах;

стандартные программы для статистической обработки информации, содержащейся в конструкторских документах и их классификационных обозначениях;

системы регистрации конструкторских документов на машинных носителях информации, обеспечивающие быструю выдачу требуемой информации и ее обработку на средствах вычислительной техники и т.п.

Развитие вычислительной техники позволило создать системы автоматизации графических работ и решения геометро-графических задач. Создаются специализированные для различных отраслей промышленности автоматизированные рабочие места конструктора.

Для эффективного использования современных дорогостоящих технических средств автоматизации конструктор должен иметь хорошо развитое пространственное воображение и геометрическое мышление.

# ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

## НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

### Глава первая

### МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в начертательной геометрии и применяемых в техническом черчении, лежит метод проекций (от латинского *projectio* — бросание вперед, вдаль). Изучение его начинают с построения проекции точки, так как при построении изображения любой пространственной формы объекта рассматривается ряд точек, принадлежащих этой форме. Проекцией фигуры называется совокупность проекций всех ее точек.

#### 1.1. Центральные проекции и их основные свойства

**Центральные проекции.** При центральном проецировании (построении центральных проекций) задают плоскость проекций и центр проекций — точку, не лежащую в плоскости проекций. На рисунке 1.1 плоскость  $P$  — плоскость проекций, точка  $S$  — центр проекций.

Для проецирования произвольной точки через нее и центр проекций проводят прямую. Точка пересечения этой прямой с плоскостью проекций и является *центральной проекцией заданной точки* на выбранной плоскости проекций.

На рисунке 1.1 центральной проекцией точки  $A$  является точка  $a_p$  пересечения прямой  $SA$  с плоскостью  $P$ . Так же построены центральные проекции  $b_p$ ,  $c_p$ ,  $d_p$  точек  $B$ ,  $C$ ,  $D$  на плоскости  $P$ .

Прямые, проходящие через центр проекций и проецируемые точки, называют *проецирующими прямыми*.

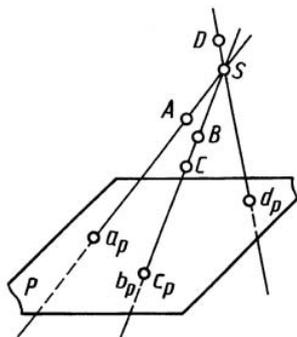


Рис. 1.1

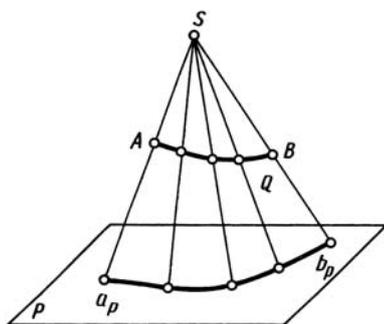


Рис. 1.2

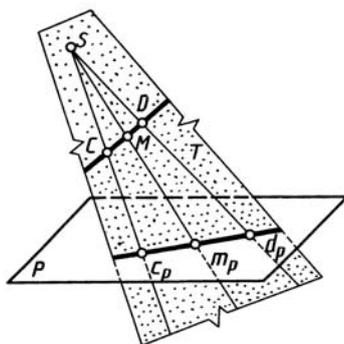


Рис. 1.3

Центральные проекции  $b_p$  и  $c_p$  двух различных точек  $B$  и  $C$  в пространстве, которые располагаются на одной проецирующей прямой, совпадают. Все множество точек пространства, принадлежащих одной проецирующей прямой, имеет при одном центре проецирования одну центральную проекцию на заданной плоскости проекций.

Следовательно, при заданных плоскости проекций и центре проецирования одна точка в пространстве имеет одну центральную проекцию. Но одна центральная проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве.

Для обеспечения обратимости чертежа, т. е. однозначного определения положения точки в пространстве по ее проекции, нужны дополнительные условия, например, можно задать второй центр проекций. Центральным проецированием может быть построена проекция любой линии или поверхности как множество проекций всех ее точек (см. рис. 1.2, 1.3). При этом проецирующие прямые (в своей совокупности), проведенные через все точки кривой линии, образуют проецирующую коническую поверхность (рис. 1.2) или могут оказаться в одной плоскости (см. рис. 1.3), которая называется проецирующей.

Проекция кривой линии представляет собой линию пересечения проецирующей конической поверхности с плоскостью проекций. Так, на рисунке 1.2 проецирующая коническая поверхность  $Q$  пересекается с плоскостью проекций  $P$  по кривой  $a_p b_p$ , являющейся проекцией линии  $AB$ . Однако проекция линии не определяет проецируемую линию, так как на проецирующей поверхности может быть бесчисленное количество линий, проецирующихся в одну и ту же линию на плоскости проекций (рис. 1.4).

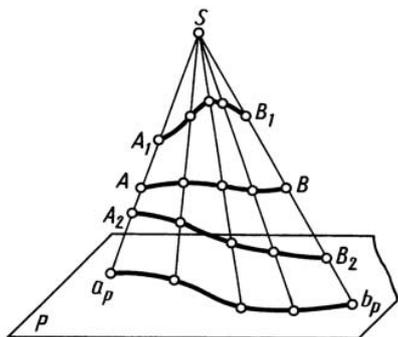


Рис. 1.4

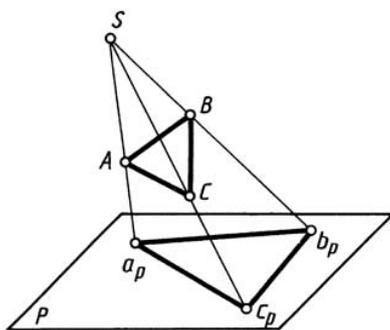


Рис. 1.5

При проецировании прямой линии, не проходящей через центр проекций, проецирующей поверхностью служит плоскость. Так, на рисунке 1.3 проецирующая плоскость  $T$ , образуемая проецирующими прямыми  $SC$  и  $SD$ , проходящими через точки  $C$  и  $D$  прямой, пересекает плоскость проекций  $P$  по прямой  $c_p d_p$ , которая и является проекцией прямой  $CD$ . Соответственно проекция  $m_p$  точки  $M$  прямой  $CD$  принадлежит и проекции  $c_p d_p$ .

Для построения проекций линий, поверхностей или тел часто достаточно построить проекции лишь некоторых характерных точек. Например, при построении на плоскости проекций  $P$  проекции треугольника  $ABC$  (рис. 1.5) достаточно построить проекции  $a_p, b_p, c_p$  трех его точек — вершин  $A, B, C$ .

#### **Свойства центрального проецирования.**

1. При центральном проецировании:
  - а) точка проецируется в точку;
  - б) прямая, не проходящая через центр проекций, проецируется в прямую (проецирующая прямая — в точку);
  - в) плоская (двумерная) фигура, не принадлежащая проецирующей плоскости, проецируется в виде двумерной фигуры (фигуры, принадлежащие проецирующей плоскости, проецируются вместе с ней в виде прямой);
  - г) трехмерная фигура отображается двумерной.
2. Центральные проекции фигур сохраняют взаимную принадлежность, непрерывность и некоторые другие геометрические свойства.
3. При заданном центре проецирования проекции фигуры на параллельных плоскостях подобны.

4. Центральное проецирование устанавливает однозначное соответствие между фигурой и ее изображением, например изображения на киноэкране, фотопленке.

Центральные проекции применяют для изображения предметов в перспективе. Изображения в центральных проекциях наглядны, но для технического черчения неудобны, так как не соблюдается метрика.

## 1.2. Параллельные проекции и их основные свойства

Параллельное проецирование (рис. 1.6) можно рассматривать как частный случай центрального проецирования, при котором центр проекций удален в бесконечность ( $S_\infty$ ). При параллельном проецировании применяют параллельные проецирующие прямые, проведенные в заданном направлении относительно плоскости проекций. Если направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, то проекции называют прямоугольными или ортогональными, в остальных случаях — косоугольными (на рис. 1.6 направление проецирования указано стрелкой под углом  $\alpha \neq 90^\circ$  к плоскости проекций  $P$ ).

При параллельном проецировании сохраняются все свойства центрального проецирования, а также возникают следующие новые свойства.

1. Параллельные проекции взаимно параллельных прямых параллельны, а отношение длин отрезков таких прямых равно отношению длин их проекций.

Если прямые  $MN$  и  $KL$  (рис. 1.7) параллельны, то проецирующие плоскости  $Q$  и  $T$  параллельны, так как пересекающиеся прямые в этих плоскостях взаимно параллельны:  $MN \parallel KL$  — по условию,  $Aa_p \parallel Cc_p \parallel S_\infty$ . Следовательно, проекции  $m_p n_p$  и  $k_p l_p$  параллельны как линии пересечения параллельных плоскостей  $Q$  и  $T$  с плоскостью  $P$ .

Отметим на прямой  $MN$  произвольный отрезок  $AB$  и на прямой  $KL$  — произвольный отрезок  $CD$ . Проведем в плоскости  $Q$  через точку  $A$  прямую  $A-I \parallel a_p b_p$  и в плоскости  $T$  через точку  $C$  — прямую

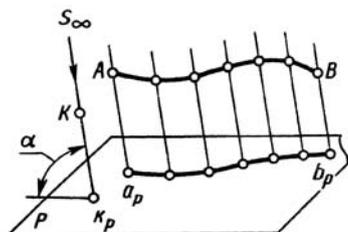


Рис. 1.6

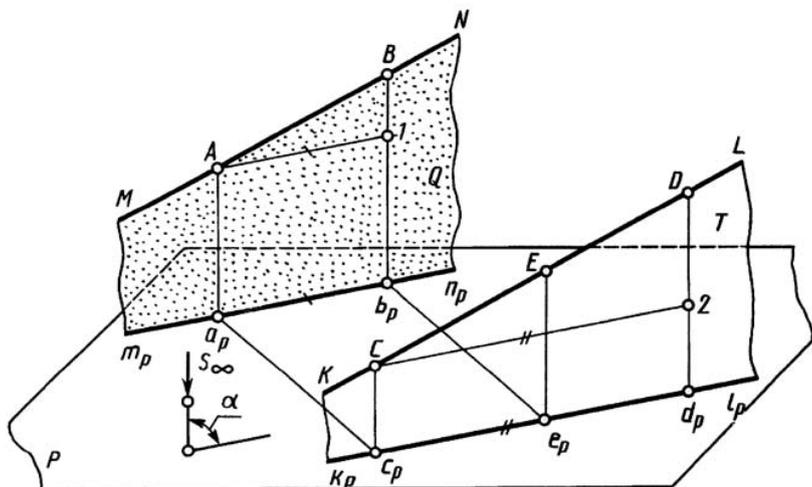


Рис. 1.7

$C-2 \parallel c_p d_p$ . Отрезки  $[A-I] = [a_p b_p]$ ,  $[C-2] = [c_p d_p]$  как отрезки параллельных между параллельными. Отрезки  $C-2 \parallel c_p d_p \parallel a_p b_p$  и, следовательно,  $C-2 \parallel A-I$ . Отрезки  $B-I \parallel D-2 \parallel S_\infty$ ,  $\triangle AB-I \sim \triangle CD-2$ , так как все их стороны взаимно параллельны. Из подобия треугольников  $AB-I$  и  $CD-2$  следует:

$$|AB| : |CD| = |A-I| : |C-2| = |a_p b_p| : |c_p d_p|.$$

Из рассмотренного следует:

а) если длина отрезка прямой делится точкой в каком-либо отношении, то и длина проекции отрезка делится проекцией этой точки в том же отношении (рис. 1.8):

$$|AK| : |KB| = |a_p k_p| : |k_p b_p|;$$

б) проекции равных по длине отрезков взаимно параллельных прямых взаимно параллельны и равны по длине.

Это очевидно, так как (см. рис. 1.7) при  $|AB| : |CD| = 1$  будет  $|a_p b_p| = |c_p d_p|$ . Поэтому при косоугольном проецировании

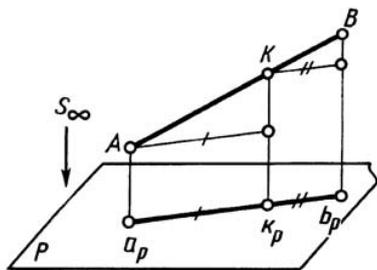


Рис. 1.8

в общем случае параллелограмм, ромб, прямоугольник, квадрат проецируются в параллелограмм.

2. Плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется при параллельном проецировании на эту плоскость в такую же фигуру.

3. Параллельный перенос фигуры в пространстве или плоскости проекций не изменяет вида и размеров проекции фигуры.

Параллельные проекции, как и центральные при одном центре проекций, также не обеспечивают обратимости чертежа. Применяя приемы параллельного проецирования точки и линии, можно строить параллельные проекции поверхности и тела. Параллельные проекции применяют для построения наглядных изображений различных технических устройств и их деталей, например аксонометрических проекций, рассматриваемых ниже.

### 1.3. Прямоугольное (ортогональное) проецирование

Частный случай параллельного проецирования, при котором направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, называют прямоугольным или ортогональным проецированием. *Прямоугольной (ортогональной) проекцией точки называют основание перпендикуляра, проведенного из точки на плоскость проекций.* Прямоугольная проекция  $d_p$  точки  $D$  показана на рисунке 1.9.

Наряду со свойствами параллельных (косоугольных) проекций ортогональное проецирование имеет следующее свойство:

*ортогональные проекции двух взаимно перпендикулярных прямых, одна из которых параллельна плоскости проекций, а другая не перпендикулярна ей, взаимно перпендикулярны.*

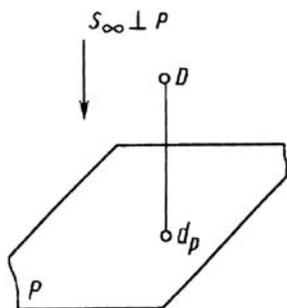


Рис. 1.9

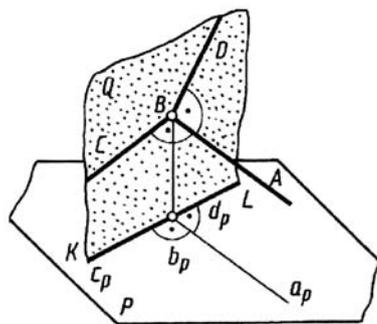


Рис. 1.10

Докажем это. На рисунке 1.10  $\angle ABC = 90^\circ$ ;  $(AB) \parallel P$ ;  $(CB)$  не перпендикулярно  $P$ . Докажем, что  $\angle a_p b_p c_p = 90^\circ$ .

Проецирующая прямая  $Bb_p$  перпендикулярна плоскости проекций  $P$  и прямой  $BA$ . Прямая  $BA$  перпендикулярна плоскости  $Q$  ( $Q \supset Bb_p$ ;  $Q \supset BC$ ), так как прямая  $BA$  перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости ( $\angle ABC = 90^\circ$  — по условию, а  $\angle ABb_p = 90^\circ$  — по построению). Проекция  $b_p a_p$  перпендикулярна плоскости  $Q$ , так как  $(b_p a_p) \parallel (BA)$ . Следовательно, проекция плоскости  $Q$  на плоскости  $P$  — прямая  $KL$ , перпендикулярная проекции  $b_p a_p$ . Но с прямой  $KL$  совпадает проекция  $b_p c_p$ , т. е.  $\angle a_p b_p c_p = 90^\circ$ , что и требовалось доказать.

Соответственно при  $\angle DBA = 90^\circ$ ,  $(DB) \not\perp P$  и  $(AB) \parallel P$  имеем:

$$\angle d_p b_p a_p = 90^\circ.$$

Ортогональное проецирование имеет ряд преимуществ перед центральным и косоугольным параллельным проецированием. К ним, в первую очередь, относятся простота геометрических построений ортогональных проекций точек и сохранение на проекциях при определенных условиях формы и размеров проецируемой фигуры.

Указанные преимущества обеспечили применение ортогонального проецирования для разработки чертежей во всех отраслях промышленности и в строительстве.

#### 1.4. Проецирование на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций

Обратимость чертежа может быть обеспечена проецированием на две непараллельные плоскости проекций.

Для удобства проецирования в качестве двух плоскостей проекций выбирают две взаимно перпендикулярные плоскости (рис. 1.11). Одну из них принято располагать горизонтально — ее называют *горизонтальной плоскостью* проекций, другую — вертикально. Вертикальную плоскость называют *фронтальной плоскостью проекций*. Эти плоскости проекций пересекаются по линии, называемой *осью проекций*.

Ось проекций разделяет каждую из плоскостей проекций на две полуплоскости.

Обозначим плоскости проекций буквами:  $V$  — фронтальную,  $H$  — горизонтальную, ось проекций — буквой  $x$  или в виде

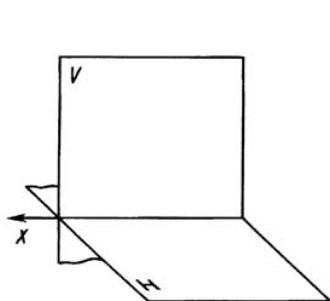


Рис. 1.11

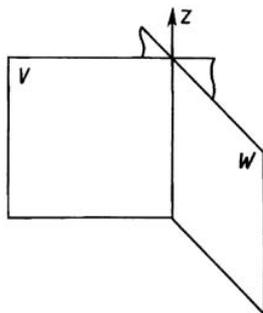


Рис. 1.12

доби  $V/H$ . Плоскости  $V$  и  $H$  образуют систему  $V, H$ . (Наряду с указанными обозначениями плоскостей проекций в литературе применяют и другие обозначения, например буквой  $\pi$  с индексами.)

Плоскости проекций, пересекаясь, образуют четыре двугранных угла, из которых приведенный на рисунке 1.11 (с обозначениями граней  $V, H$ ) считают первым.

В промышленности чертежи многих деталей выполняют также в системе двух взаимно перпендикулярных плоскостей, пересекающихся по вертикальной оси проекций  $z$  (рис. 1.12). При этом фронтальной плоскостью проекций оставляют также плоскость  $V$ , а перпендикулярную к ней и обозначаемую  $W$  называют *профильной плоскостью проекций*.

В системе двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций *горизонтальной проекцией точки* называют прямоугольную проекцию точки на горизонтальной плоскости проекций; *фронтальной проекцией точки* называют прямоугольную проекцию точки на фронтальной плоскости проекций.

Наглядное изображение построения проекций произвольной точки  $A$  в системе  $V, H$  показано на рисунке 1.13. Горизонтальную проекцию, обозначенную  $a$ , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки  $A$  к плоскости  $H$ , с этой плоскостью. Фронтальную проекцию, обозначенную  $a'$ , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки  $A$  к плоскости  $V$ , с этой плоскостью.

Проецирующие прямые  $Aa'$  и  $Aa$ , перпендикулярные к плоскостям  $V$  и  $H$ , принадлежат плоскости  $Q$ . Она перпендикулярна плоскостям проекций и пересекает ось проекций в точке  $a_x$ . Три взаимно перпендикулярные плоскости  $Q, V$  и  $H$  пересека-

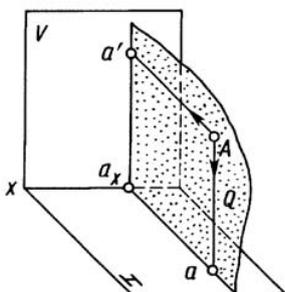


Рис. 1.13

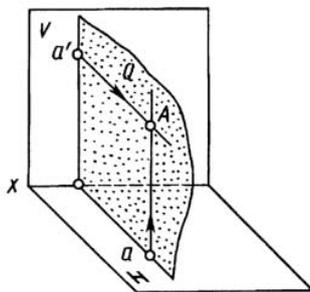


Рис. 1.14

ются по взаимно перпендикулярным прямым, т. е. прямые  $a'a_x$ ,  $aa_x$  и ось  $x$  взаимно перпендикулярны.

Построение некоторой точки  $A$  в пространстве по двум заданным ее проекциям — фронтальной  $a'$  и горизонтальной  $a$  — показано на рисунке 1.14. Точку  $A$  находят на пересечении перпендикуляров, проведенных из проекции  $a'$  к плоскости  $V$  и из проекции  $a$  к плоскости  $H$ . Проведенные перпендикуляры принадлежат одной плоскости  $Q$ , перпендикулярной к плоскостям  $V$  и  $H$ , и пересекаются в единственной искомой точке  $A$  пространства.

Таким образом, две прямоугольные проекции точки вполне определяют ее положение в пространстве относительно данной системы взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.

В дальнейшем прямоугольные проекции точки в системе взаимно перпендикулярных плоскостей проекций будем называть ортогональными проекциями точки.

Рассмотренное наглядное изображение точки в системе  $V, H$  неудобно ввиду своей сложности для целей черчения. Преобразуем его так, чтобы горизонтальная плоскость проекций совпадала с фронтальной плоскостью проекций, образуя одну плоскость чертежа. Это преобразование осуществляют (рис. 1.15) путем поворота вокруг оси  $x$  плоскости  $H$  на угол  $90^\circ$  вниз. При этом отрезки  $a_x = a'$  и  $a_x = a$  образуют один отрезок  $a'a$ , перпендикулярный оси проекции, называемый *линией связи*. В результате указанного совмещения плоскостей  $V$  и  $H$  получается чертеж — рисунок 1.16, известный под названием эпюр (от французского *epure* — чертеж, проект) или эпюр Монжа. Этот чертеж в системе  $V, H$  (или в системе двух прямоугольных проекций) называют

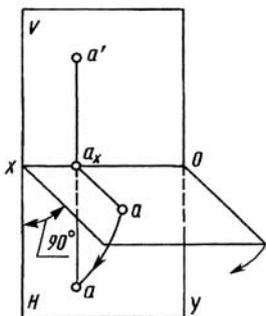


Рис. 1.15

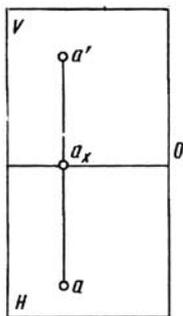


Рис. 1.16

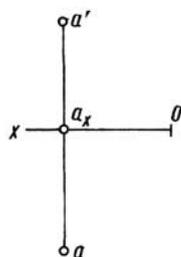


Рис. 1.17

двухкартинным чертежом Монжа. Без обозначения плоскостей  $V$  и  $H$  этот чертеж приведен на рис. 1.17.

### 1.5. Проецирование на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций

Для полного выявления наружных и внутренних форм сложных деталей и их соединений, для решения ряда задач бывает необходимо три и даже более изображений. Поэтому вводят три и более плоскостей проекций.

**Система  $V, H, W$ .** Введем в систему  $V, H$  третью вертикальную плоскость проекций (рис. 1.18), перпендикулярную к оси  $x$  и соответственно к фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций. Ее называют профильной плоскостью проекций и обозначают  $W$  (см. также рис. 1.12). Такую систему плоскостей проекций называют системой  $V, H, W$ . В этой системе оси проекций  $z$  и  $y$  являются линиями пересечения профильной плоскости проекций с фронтальной и горизонтальной. Точка  $O$  — пересечение всех трех осей проекций.

Схема совмещения трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций в одну плоскость чертежа показана на рисунке 1.19. При этом ось  $y$  занимает два положения. Наглядное изображение некоторой точки  $A$  и ее проекции  $a', a, a''$  в системе  $V, H, W$  приведено на рисунке 1.20, ее чертеж — на рисунке 1.21.

*Профильной проекцией точки* называется прямоугольная проекция точки на профильной плоскости проекций (например, проекция  $a''$  на рис. 1.21). Фронтальная и профильная проек-

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	3
<i>Часть первая</i>	
<b>Начертательная геометрия</b> .....	5
<i>Глава 1. Метод проекций</i> .....	5
1.1. Центральные проекции и их основные свойства .....	5
1.2. Параллельные проекции и их основные свойства .....	8
1.3. Прямоугольное (ортогональное) проецирование .....	10
1.4. Проецирование на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций .....	11
1.5. Проецирование на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций .....	14
1.6. Проекция с числовыми отметками и векториальные .....	17
<i>Глава 2. Проецирование отрезка прямой линии</i> .....	19
2.1. Проецирование отрезка и деление его в данном отношении .....	19
2.2. Положение прямой линии относительно плоскостей проекций и особые случаи положения прямой .....	20
2.3. Определение натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов его наклона к плоскостям проекций .....	23
2.4. Взаимное положение прямых .....	24
<i>Глава 3. Плоскость</i> .....	30
3.1. Способы задания плоскости на чертеже .....	30
3.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций .....	30
3.3. Прямая и точка в плоскости .....	33
3.4. Прямые особого положения в плоскости — главные линии плоскости .....	35
<i>Глава 4. Взаимное положение прямой линии и плоскости, двух плоскостей</i> .....	38
4.1. Пересечение прямой линии с проецирующей плоскостью .....	38
4.2. Пересечение двух плоскостей .....	40
4.3. Пересечение прямой линии общего положения с плоскостью общего положения .....	43

4.4. Построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью .....	45
4.5. Построение взаимно параллельных прямой линии и плоскости и двух плоскостей .....	46
4.6. Построение взаимно перпендикулярных прямой и плоскости, двух плоскостей и двух прямых .....	48
4.7. Угол между прямой и плоскостью .....	50
4.8. Примеры комплексных задач .....	51
<b>Глава 5. Способы преобразования чертежа .....</b>	<b>57</b>
5.1. Общая характеристика способов преобразования чертежа .....	57
5.2. Способ перемены плоскостей проекций .....	57
5.3. Способ вращения .....	61
5.4. Гомотетия и подобие, центральная и зеркальная симметрии .....	68
<b>Глава 6. Изображение многогранников .....</b>	<b>72</b>
6.1. Применение многогранников в технике .....	72
6.2. Чертежи призмы и пирамиды .....	73
6.3. Пример определения высоты пирамиды и угла между ее гранями .....	76
6.4. Пересечение многогранников плоскостью .....	77
6.5. Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника .....	80
6.6. Взаимное пересечение многогранников .....	80
6.7. Развертка гранных поверхностей .....	83
<b>Глава 7. Кривые линии .....</b>	<b>87</b>
7.1. Общие сведения о кривых линиях и их проецировании .....	87
7.2. Построение проекций окружности .....	88
7.3. Построение проекций цилиндрической винтовой линии .....	90
<b>Глава 8. Поверхности .....</b>	<b>93</b>
8.1. Общие сведения о поверхностях и их изображении на чертежах .....	93
8.2. Винтовые поверхности .....	97
8.3. Поверхности и тела вращения .....	100
8.4. Пример построения проекций тела вращения с наклонной осью .....	106
<b>Глава 9. Пересечение поверхностей плоскостью и прямой линией, развертки .....</b>	<b>108</b>
9.1. Общие приемы построения линии пересечения поверхности плоскостью и построения разверток .....	108

9.2. Пересечение цилиндрической поверхности плоскостью. Построение развертки .....	109
9.3. Пересечение конической поверхности плоскостью. Построение развертки .....	112
9.4. Пересечение сферы и тора плоскостью. Пример построения линии среза на поверхности тела вращения сложной формы .....	117
9.5. Пересечение прямой линии с поверхностью .....	122
<b>Глава 10. Пересечение поверхностей</b> .....	128
10.1. Общие сведения о пересечении поверхностей .....	128
10.2. Применение вспомогательных секущих плоскостей .....	129
10.3. Применение вспомогательных сфер с постоянным центром .....	131
10.4. Применение вспомогательных сфер с переменным центром .....	135
10.5. Некоторые особые случаи пересечения поверхностей .....	138
<b>Глава 11. Аксонометрические проекции</b> .....	143

## *Часть вторая*

<b>Черчение</b> .....	155
<b>Глава 12. Изображение предметов — виды, разрезы, сечения</b> .....	155
12.1. Основные положения .....	155
12.2. Виды .....	161
12.3. Разрезы .....	163
12.4. Сечения .....	167
12.5. Технические рисунки .....	170
12.6. Выносные элементы .....	177
12.7. Условности и упрощения .....	178
12.8. Примеры построения изображений — видов, разрезов, сечений .....	181
<b>Глава 13. Изображение соединений деталей, типовых элементов деталей</b> .....	192
13.1. Общие сведения .....	192
13.2. Изображение резьбы и резьбовых соединений .....	195
13.3. Изображение шпоночных и шлицевых соединений, цилиндрических зубчатых передач .....	222
13.4. Изображения неразъемных соединений сваркой, пайкой, склеиванием .....	226
13.5. Изображение, обозначение типовых элементов деталей и нанесение размеров на их чертежах .....	230

<b>Глава 14. Чертежи и эскизы деталей</b> .....	235
14.1. Правила выполнения чертежей деталей .....	235
14.2. Выбор изображений и планировка эскиза или чертежа .....	237
14.3. Съемка эскизов деталей .....	241
14.4. Определение размеров деталей с натуры .....	254
14.5. Нанесение размеров на эскизах и чертежах деталей .....	261
14.6. Надписи и обозначения на чертежах .....	280
<b>Глава 15. Разработка чертежа общего вида изделия</b> .....	294
15.1. Общие положения .....	294
15.2. Объем, содержание и последовательность разработки чертежа общего вида .....	296
15.3. Выполнение эскизов деталей для чертежа общего вида ...	298
15.4. Разработка чертежа общего вида .....	307
15.5. Упрощения, допускаемые при выполнении чертежей общего вида .....	318
<b>Глава 16. Деталирование</b> .....	320
16.1. Общие положения .....	320
16.2. Последовательность выполнения задания .....	321
16.3. Пример деталирования сборочной единицы .....	324
16.4. Выполнение основного комплекта конструкторских документов изделия .....	338
<b>Глава 17. Схемы</b> .....	349
17.1. Виды и типы схем, общие требования к выполнению .....	349
17.2. Кинематические схемы .....	355
17.3. Электрические схемы .....	359
17.4. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем .....	368
<b>Глава 18. Основы строительного черчения</b> .....	372
18.1. Система проектной документации для строительства и виды строительных чертежей .....	372
18.2. Конструктивные элементы зданий, условные обозначения и изображения на строительных чертежах .....	375
18.3. Основные требования к рабочим строительным чертежам .....	380
18.4. Архитектурные решения, рабочие чертежи .....	385
18.5. Типовой проект .....	395
18.6. Чертежи санитарно-технических устройств .....	406

18.7. Карта, план и профиль местности .....	415
18.8. Чертежи сооружений в проекциях с числовыми отметками .....	421
Приложения .....	427
Дополнительные материалы.....	450
Список литературы.....	454