

И. С. Вышнепольский

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ И ССУЗОВ

10–е издание, переработанное и дополненное

*Рекомендовано Экспертным советом
по профессиональному образованию Министерства
образования и науки Российской Федерации в качестве
учебника для учащихся начального профессионального
образования*

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

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва • Юрайт • 2016

УДК 621.71:744
ББК 30.11я73
В95

Автор:

Вышнепольский Игорь Самуилович — Лауреат Государственной премии СССР, заслуженный учитель профтехобразования РСФСР. С 1934 г. — токарь, в 1941—1951 гг. — работник Министерства трудовых резервов, с 1951 г. — преподаватель черчения. Автор не просто учебников и учебных пособий, а двух учебно-методических комплексов по черчению, в состав которых вошли четыре учебника (суммарным тиражом, только на русском языке, около 60 миллионов экземпляров), четыре программы, два пособия для преподавателей, 20 диафильмов, 15 кинофильмов и серия из 25 плакатов.

Рецензент:

Макарова М. Н. — кандидат педагогических наук, доцент Московского педагогического государственного университета.

Вышнепольский, И. С.

В95 Техническое черчение : учебник для вузов и ссузов / И. С. Вышнепольский. — 10-е изд. перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 319 с. — Серия : Бакалавр. Прикладной курс.

ISBN 978-5-9916-2417-6

В учебнике изложены основы геометрического и проекционного черчения, рассмотрены вопросы выполнения и чтения машиностроительных чертежей и схем. Издание содержит краткое изложение теории и упражнения по основным вопросам технического черчения: оформлению чертежей, геометрическим построениям, выполнению и чтению чертежей в системе прямоугольных и аксонометрических проекций, по сечениям и разрезам, по всем вопросам рабочих чертежей и эскизов деталей, изображению и обозначению резьб, правилам вычерчивания зубчатых колес и других изделий, по сборочным чертежам и схемам.

Книга переработана в соответствии с современными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), содержащими рациональные правила работы с графическими средствами информации.

Учебник предназначен для студентов высших, а также начальных и средних профессиональных образовательных заведений.

УДК 621.71:744
ББК 30.11я73

ISBN 978-5-9916-2417-6

© Вышнепольский В. И., наследник,
2013
© ООО «Издательство Юрайт», 2016

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Введение в курс черчения	7
1.1. Способы проецирования	9
1.2. Расположение видов на чертеже	13
1.3. Линии	14
1.4. Масштабы	18
1.5. Форматы	20
1.6. Основные надписи	21
1.7. Основные сведения о нанесении размеров	23
1.8. Обозначение шероховатости поверхностей	28
1.9. Порядок чтения чертежа	35
Глава 2. Применение геометрических построений	40
2.1. Как выполняют геометрические построения	40
2.2. Деление отрезков и построение углов	42
2.3. Деление окружности на равные части	45
2.4. Сопряжения	48
2.5. Лекальные кривые	55
2.6. Практическое применение геометрических построений	57
Глава 3. Аксонометрические проекции	59
3.1. Общие сведения	59
3.2. Фронтальная диметрическая проекция	60
3.3. Понятие об изображении окружностей во фронтальной диметрической проекции	66
3.4. Прямоугольная изометрическая проекция	67
3.5. Изображение окружностей в изометрической проекции	69
3.6. Построение изометрических проекций деталей	70
3.7. Понятие о диметрической прямоугольной проекции	71
3.8. Технический рисунок	72
Глава 4. Чертежи в системе прямоугольных проекций	76
4.1. Прямоугольное проецирование	76
4.2. Плоскости проекций	78
4.3. Комплексный чертеж предмета	80
4.4. Проекции геометрических тел	83
4.5. Вспомогательная прямая комплексного чертежа	85
4.6. Проекция точки, лежащей на поверхности предмета	87
4.7. Применение способов нахождения проекций точек при вычерчивании деталей	90

4.8. Последовательность построения чертежей деталей в системе прямоугольных проекций	91
4.9. Построение третьей проекции по двум данным	94
4.10. Способы определения натуральной величины отрезка прямой и плоской фигуры	95
4.11. Построение разверток поверхностей геометрических тел ...	98
4.12. Взаимное пересечение поверхностей геометрических тел ...	101
Глава 5. Сечения и разрезы	108
5.1. Сечения	108
5.2. Построение разрезов	115
5.3. Классификация разрезов	118
5.4. Расположение и обозначение разрезов	120
5.5. Графические обозначения материалов в сечениях и правила их нанесения на чертежах	122
5.6. Местный разрез	123
5.7. Соединение части вида и части разреза	124
5.8. Особые случаи разрезов	127
5.9. Сложные разрезы	129
Глава 6. Рабочие машиностроительные чертежи и эскизы деталей	133
6.1. Виды изделий и конструкторских документов	133
6.2. Расположение основных видов на чертеже	138
6.3. Дополнительные и местные виды	140
6.4. Выносные элементы	142
6.5. Компонировка чертежа	143
6.6. Условности и упрощения на чертежах деталей	145
6.7. Нанесение и чтение размеров на чертежах	149
6.8. Конусность и уклон	156
6.9. Обозначения на чертежах допусков и посадок	158
6.10. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки	160
6.11. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей	164
6.12. Эскизы	167
Глава 7. Изображение и обозначение резьб	174
7.1. Классификация резьб	174
7.2. Изображение резьб	177
7.3. Обозначение резьб	181
Глава 8. Чертежи стандартных деталей, зубчатых колес, зубчатых передач и пружин	187
8.1. Групповые и базовые конструкторские документы	187
8.2. Общие сведения о передачах	192
8.3. Чертежи цилиндрических зубчатых колес	194
8.4. Чертежи конических зубчатых колес	203
8.5. Чертежи червячных колес и червячных винтов	207

8.6. Чертежи зубчатых реек	211
8.7. Зубчатые передачи	212
8.8. Чертежи пружин	224
Глава 9. Сборочные чертежи	227
9.1. Содержание сборочного чертежа	227
9.2. Спецификация	231
9.3. Разрезы на сборочных чертежах	238
9.4. Размеры на сборочных чертежах	239
9.5. Порядок чтения сборочного чертежа	241
9.6. Условности и упрощения на сборочных чертежах	244
9.7. Изображение резьбовых соединений	247
9.8. Изображение шпоночных и зубчатых (шлицевых) соединений	251
9.9. Изображение сварных соединений	255
9.10. Соединение деталей заклепками	257
9.11. Изображение пружин на сборочных чертежах	258
9.12. Деталирование	259
Глава 10. Схемы	264
10.1. Кинематические схемы	264
10.2. Чтение кинематических схем	269
10.3. Гидравлические и пневматические схемы	270
Контрольные вопросы	278
Упражнения	287
Приложение	318
Список литературы	319

Предисловие

Без умения читать чертежи любая инженерная деятельность, в частности бакалавра, невозможна. Компьютерные технологии, в том числе 3D параметрическое моделирование, не меняют положения — чертеж как международный язык техники и носитель графической информации никогда не исчезнет. Помимо умения читать чертежи, бакалавр должен развить способности пространственного мышления, научиться выполнять эскизы, создавать чертежи и 3D модели с помощью компьютерных технологий.

В книге изложены вопросы построения и чтения чертежей. Сделано это в простой, доступной форме. Учебник содержит краткое изложение теории и упражнения по следующим основным вопросам технического черчения: оформлению чертежей, геометрическим построениям, выполнению и чтению чертежей в системе прямоугольных и аксонометрических проекций, по сечениям и разрезам, по всем вопросам рабочих чертежей и эскизов деталей, изображению и обозначению резьб, правилам вычерчивания зубчатых колес и других изделий, по сборочным чертежам и схемам.

Изучивший данный учебник и проработавший 97 представленных упражнений будет:

знать

- правила оформления чертежей;
- способы геометрических построений;
- методы выполнения сечений и разрезов;
- правила изображения и обозначения резьб;
- правила вычерчивания зубчатых колес и ряда других изделий;

уметь

- читать чертежи;
- выполнять чертежи с помощью чертежных инструментов;

владеть

- навыками пространственного мышления;
- навыками логического мышления.

Проработав упражнения учебника, используя графические редакторы — КОМПАС, Inventor, AutoCAD или другие, сначала в 2D, а потом с использованием 3D технологии, читатель будет уметь выполнять чертежи не только вручную чертежными инструментами, но и с помощью компьютерных графических программ.

Книга переработана в соответствии с современными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), содержащими рациональные правила работы с графическими средствами информации.

Учебник может быть использован как для очной, так и для заочной форм обучения. По нему можно успешно изучать черчение и самостоятельно.

Глава 1

ВВЕДЕНИЕ В КУРС ЧЕРЧЕНИЯ

Чертежом называют документ, содержащий изображения предмета и другие данные, необходимые для его изготовления и контроля.

Современный чертеж прошел долгий путь развития. Появление чертежей было связано со строительством укреплений, храмов, городов. Сначала чертежи делали на земле на том месте, где необходимо было вести постройку. Затем их стали выполнять на камне, глиняных плитах, пергаменте. Попытки людей изобразить окружающие предметы предшествовали письменности.

Крупный вклад в теорию изображений внесли Леонардо да Винчи — гениальный итальянский художник и ученый эпохи Возрождения, французский геометр и архитектор Жерар Дезарг, которому удалось дать научные обоснования правил построения перспективы, Рене Декарт, французский математик XVII в., предложивший прямоугольную систему координат, что положило начало аксонометрическим проекциям.

Огромная заслуга принадлежит французскому ученому Гаспару Монжу, создавшему начертательную геометрию как науку. В 1798 г. он опубликовал свой труд «Начертательная геометрия», который является теоретической основой проекционного черчения.

Древнейшие дошедшие до нас русские чертежи относятся к XVI в. Вначале изображения выполняли от руки, на глаз. Такой чертеж не содержал размеров, и судить по нему об изображенных предметах можно было лишь приближенно. На рис. 1.1 вы видите чертеж мельницы на реке Семь (XVII в.). Этот чертеж нуждается в словесных пояснениях, поэтому на нем сделаны различные надписи.

Постепенно чертежи становились более совершенными. На рис. 1.2 показан чертеж моста и башни, относящийся к XVII в. Он более точно передает очертания изображаемых

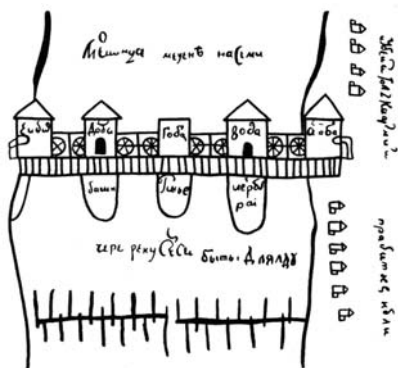


Рис. 1.1. Чертеж мельницы (XVII в.)

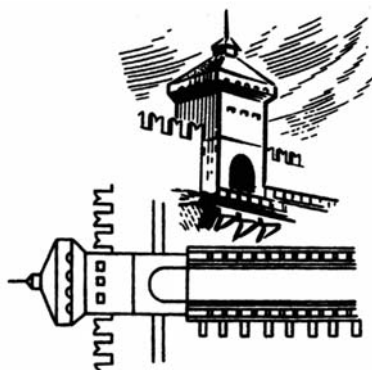


Рис. 1.2. Чертеж моста и башни

сооружений и выполнен уже с помощью чертежных инструментов.

Значительного расцвета достигла русская графика во времена Петра I. До нас дошли многие кораблестроительные чертежи того времени (рис. 1.3).

Чертежами пользовались многие выдающиеся русские изобретатели и инженеры. Чертежи первой в России пароатмосферной машины И. И. Ползунова (XVIII в.), проекта моста через реку Неву И. П. Кулибина (XVIII в.), чертежи первого в России паровоза Е. А. и М. Е. Черепановых (XIX в.) выполнены с большим мастерством и глубоким пониманием правил их построения и оформления. Русские ученые внесли большой вклад в развитие инженерной графики. Автором первых трудов по начертательной геометрии на русском языке был профессор Я. А. Севастьянов.

Ценный вклад в науку внесли советские ученые А. И. Добряков, Н. А. Рынин, Д. И. Каргин, Н. Ф. Четверухин.

Технический прогресс, бурное развитие науки и техники в нашей стране, задача всемерного улучшения качества про-

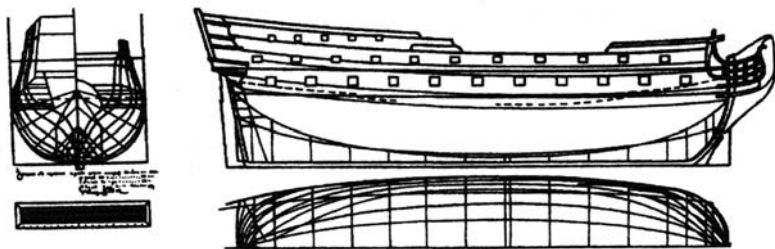


Рис. 1.3. Кораблестроительный чертеж. Начало XVIII в.

дукции вызвали необходимость развития стандартизации, в частности стандартов на чертежи.

Представьте, что было бы, если каждое предприятие выполняло чертежи по-своему, не соблюдая единых правил. Такие чертежи могли быть не поняты другими. Чтобы избежать этого, в СССР в 1928 г. были приняты первые государственные стандарты, устанавливающие единые правила выполнения и оформления чертежей.

Стандарт — документ, который устанавливает единые правила оформления чертежей и других технических документов. Государственные стандарты (сокращенно ГОСТ) обязательны для всех предприятий, организаций и отдельных лиц.

Стандарты установлены не только на чертежи, но и на многие виды продукции, выпускаемой нашими предприятиями.

Государственным стандартам присваивают определенные обозначения. Например, стандарт «Линии» обозначен так: ГОСТ 2.303—68. Цифра 2, стоящая перед точкой, указывает, что этот стандарт относится к Единой системе конструкторской документации (ЕСКД), цифра 3 — классификационную группу стандарта (общие правила выполнения чертежей), число 03 — порядковый номер стандарта в группе, а число 68, стоящее после черточки, — год его регистрации¹.

Стандарты систематически пересматривают, что объясняется требованиями производства и стремлением унифицировать стандарты нашей страны и других стран. Все упомянутые в учебнике стандарты приведены по состоянию на 1 июня 2012 г.

1.1. Способы проецирования

Изготовление деталей и сборка изделий производятся по чертежам.

Из чертежа мы узнаем, какой формы и каких размеров должна быть изображенная на нем деталь, из какого материала ее надо изготовить, с какой шероховатостью и точностью необходимо обрабатывать ее поверхности, узнаем данные о термической обработке, антикоррозионном покрытии и пр.

Чертеж содержит изображения (проекции), которые в зависимости от их содержания делятся на виды, разрезы,

¹ В 1982 г. этот стандарт был переиздан с изменениями, утвержденными в феврале 1980 г.

сечения, и сведения, необходимые для изготовления изделий. На рис. 1.4 приведен пример современного чертежа.

Изображения предметов на чертежах получают проецированием.

Проецирование — это процесс получения изображения предмета на какой-либо поверхности¹.

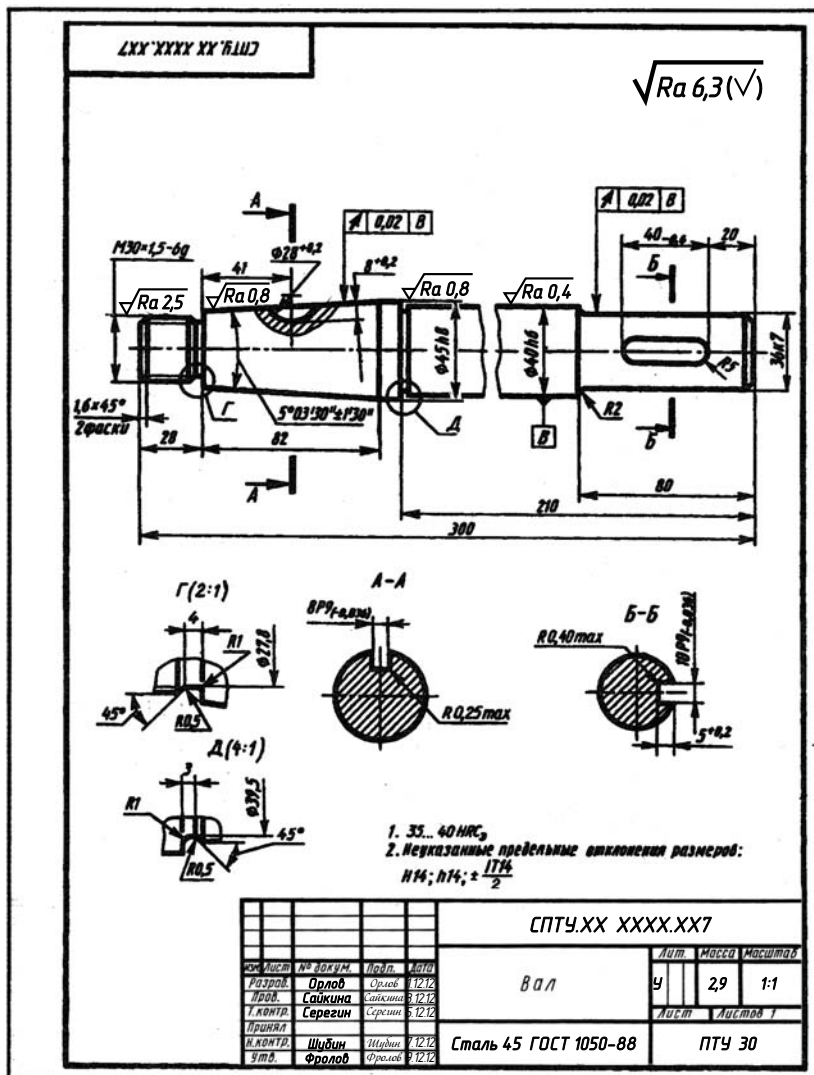


Рис. 1.4. Чертеж детали

¹ В начертательной геометрии есть разделы, рассматривающие проекции не на плоскую поверхность.

Получившееся при этом изображение называют *проекцией предмета*.

Слово «проекция» в переводе с латинского означает «бросание вперед, вдаль». Нечто похожее на проекцию можно наблюдать, если параллельно стене, противоположной окну, расположить ученическую тетрадь. На стене образуется тень в виде прямоугольника.

Элементами, с помощью которых осуществляется проецирование, являются (рис. 1.5):

- *центр проецирования* — точка, из которой производится проецирование;
- *объект проецирования* — изображаемый предмет;
- *плоскость проекций* — плоскость, на которую производится проецирование;
- *проецирующие лучи* — воображаемые прямые, с помощью которых производится проецирование.

Результатом проецирования является *изображение*, или *проекция*, объекта.

Различают центральное и параллельное проецирование.

При *центральной проекции* все проецирующие лучи исходят из одной точки — центра проецирования, находящегося на определенном расстоянии от плоскости проекций. На рис. 1.6, *а* за центр проецирования условно взята электрическая лампочка. Исходящие от нее световые лучи, которые условно приняты за проецирующие, образуют на полу тень, аналогичную центральной проекции предмета.

Метод центрального проецирования используется при построении перспективы. Перспектива дает возможность

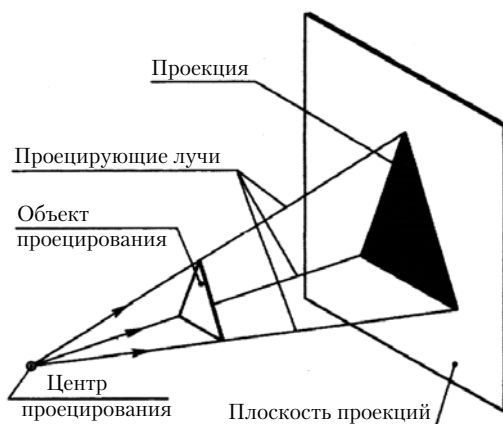


Рис. 1.5. Элементы проецирования

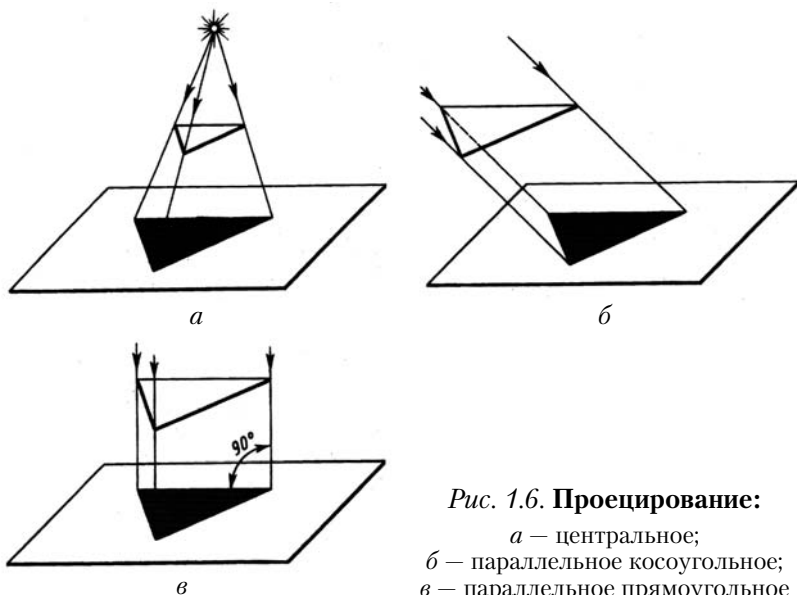


Рис. 1.6. Проецирование:

а — центральное;
б — параллельное косоугольное;
в — параллельное прямоугольное

изображать предметы такими, какими они представляются нам в природе при рассмотрении их с определенной точки наблюдения.

В машиностроительных чертежах центральные проекции не применяются. Ими пользуются в строительном черчении и в рисовании.

При *параллельном проецировании* все проецирующие лучи параллельны между собой. На рис. 1.6, *б* показано, как получается параллельная косоугольная проекция. Центр проецирования предполагается условно удаленным в бесконечность. Тогда параллельные лучи отбросят на плоскость проекций тень, которую можно принять за параллельную проекцию изображаемого предмета.

В черчении пользуются параллельными проекциями. Выполнять их проще, чем центральные.

Если проецирующие лучи составляют с плоскостью проекций прямой угол, то такие параллельные проекции называются *прямоугольными* (рис. 1.6, *в*).

Прямоугольные проекции называют также *ортогональными* — от греч. слов «orthos» — прямой и «gonia» — угол.

Чертежи в системе прямоугольных проекций дают достаточно полные сведения о форме и размерах предмета, так как предмет изображается с нескольких сторон. Поэтому в производственной практике пользуются чертежами,

содержащими одно, два, три или более изображений предмета, полученных в результате прямоугольного проецирования.

1.2. Расположение видов на чертеже

В машиностроительном черчении изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета называют *видом*.

Названия видов зависят от того, с какой стороны рассматривают предмет при проецировании (рис. 1.7).

Исходным на чертеже является *вид спереди*, который называют также *главным видом*.

Если смотреть на предмет слева, под прямым углом к профильной плоскости проекций, получают *вид слева*.

Когда смотрят на предмет сверху, перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций, получают *вид сверху*.

Направления, по которым смотрят на деталь, получая тот или иной вид, указаны на рис. 1.7, *а* стрелками с надписями.

Каждый вид занимает на чертеже строго определенное место по отношению к главному виду. Вид слева располагают справа от главного вида и на одном уровне с ним, вид сверху — под главным видом (рис. 1.7, *б*). Нельзя нарушать это правило, располагая виды на произвольных местах без особого обозначения (без пояснительных надписей)¹.

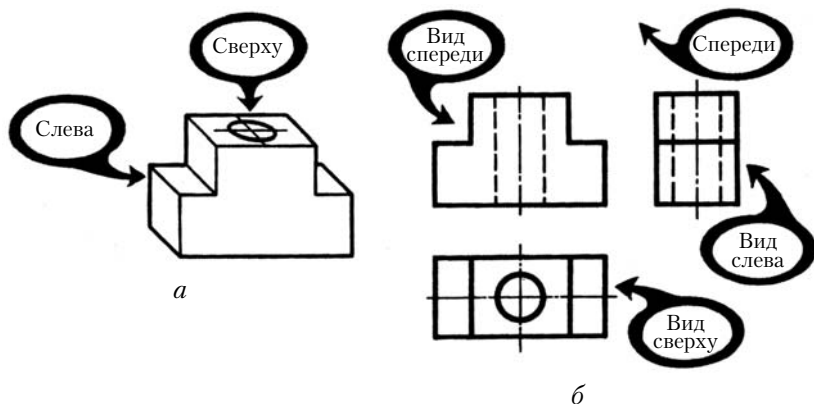


Рис. 1.7. Виды на чертеже:

а — направление взгляда; *б* — расположение

¹ Об обозначениях в таких случаях см. п. 6.2.

Зная правило расположения видов, можно представить форму предмета по его плоским изображениям. Для этого нужно сопоставить все виды, данные на чертеже, и воссоздать в воображении объемную форму предмета.

Пониманию чертежа способствует сравнение формы детали или отдельных составляющих ее частей с геометрическими телами. О заготовке гайки, например, можно сказать, что она имеет форму шестиугольной призмы с цилиндрическим отверстием (рис. 1.8, *а*), а о заготовке болта — что ее форма складывается из цилиндрического стержня и головки в виде шестиугольной призмы (рис. 1.8, *б*).

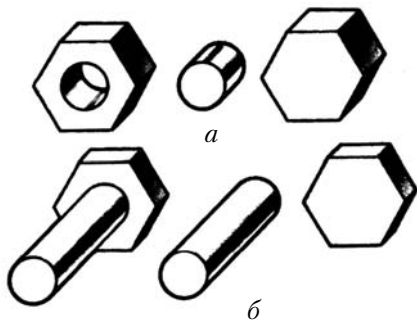


Рис. 1.8. Сравнение формы детали с геометрическими телами

1.3. Линии

Чтобы чертеж был более выразителен и понятен для чтения, его выполняют разными линиями, начертание и назначение которых для всех отраслей промышленности и строительства установлены ГОСТ 2.303—68.

Одни из них изображают реально существующие поверхности — видимые и невидимые контуры. Другие линии показывают, где проходят плоскости симметрии предмета и т.п.; это условные и вспомогательные линии, которые не показывают реальных очертаний предмета. Ясно, что эти линии должны по начертанию отличаться от линий, изображающих существующие контуры детали.

На рис. 1.9 использованы основные из установленных ГОСТ 2.303—68 линий, применяемых при выполнении чертежей.

Сплошная толстая основная линия. Для изображения видимых контуров предметов применяется линия, которая называется сплошной толстой основной. Толщина этой линии, обозначаемая латинской буквой *s*, установлена стан-

дартом в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Выбранная толщина s линии должна быть одинаковой для всех изображений на данном чертеже, выполненных в одинаковом масштабе.

Такой линией обведено изображение видимых очертаний предмета на рис. 1.9.

Штриховая линия. Для невидимых очертаний предмета применяют линию, которую называют штриховой. На рис. 1.9 такой линией показаны невидимые на виде сверху очертания предмета: поверхности правого и левого вырезов и двух лысок.

Штриховая линия состоит из штрихов (черточек) приблизительно одинаковой длины. Их длина установлена стандартом в пределах от 2 до 8 мм (для учебных чертежей рекомендуется 4 мм). Расстояние между штрихами берут от 1 до 2 мм, но приблизительно одинаковое для данной линии. Толщина линии зависит от выбранной толщины сплошной основной линии и берется от $s/2$ до $s/3$. Это значит, что толщина штриховой линии в 2—3 раза тоньше основной.

Неверно называть штриховую линию пунктирной. Точка по-немецки — «пункт», отсюда и название — пунктирная.

Много лет назад пунктирная линия выполняла функции, которые теперь стала выполнять другая линия — штриховая. Пунктирной называют линию, состоящую из точек и имеющую другое назначение.

Штрихпунктирная тонкая линия. Для проведения осевых, а также центровых линий, указывающих центры окружностей, используют линию, называемую штрихпунктирной тонкой, которая состоит из штрихов и точек между ними. Длина штрихов выбирается в пределах от 5 до 30 мм, расстояние между ними от 3 до 5 мм (для учебных чертежей длину штрихов рекомендуют 20 мм). Длина штрихов в линии должна быть приблизительно одинаковой, то же относится к расстояниям между штрихами. Толщина штрихпунктирной линии от $s/3$ до $s/2$.

Осевые и центровые линии концами должны выступать за контур изображения на 2—5 мм и оканчиваться штрихом, а не точкой. Положение центра окружности определяется пересечением штрихов штрихпунктирной линии, как показано на рис. 1.9. Если диаметр окружности на чертеже менее 12 мм, то штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными (не разрывая их).

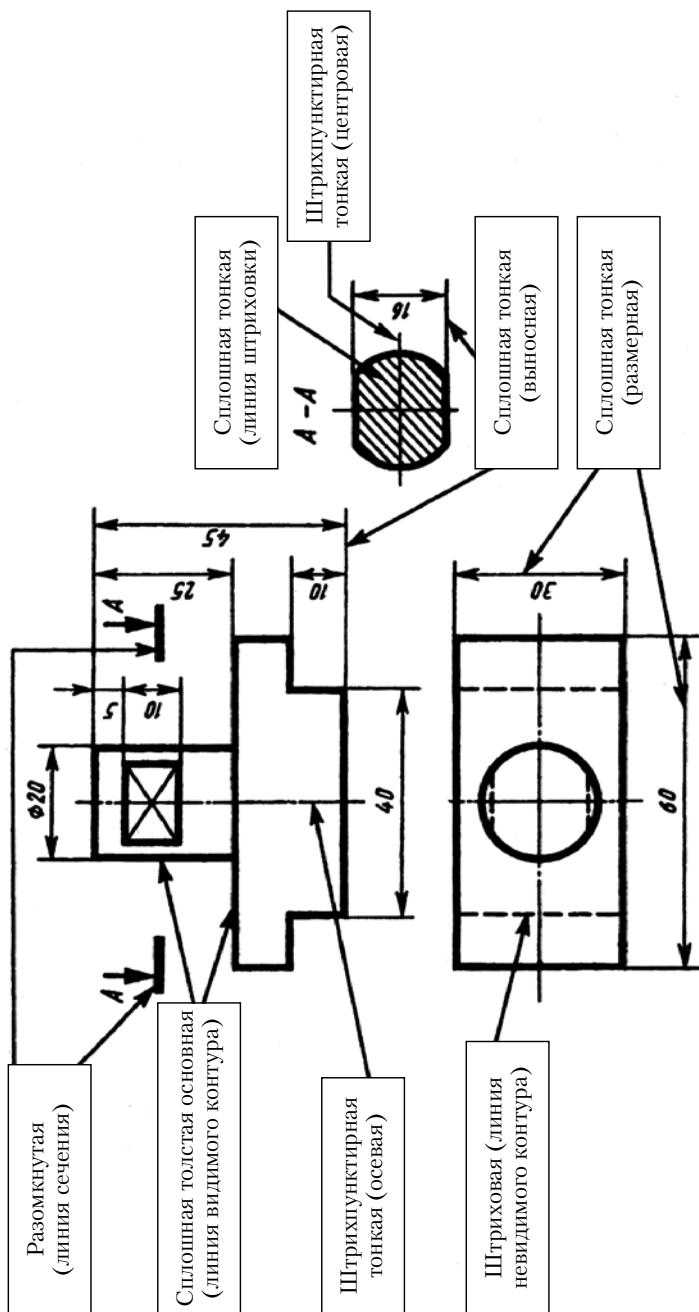


Рис. 19. Линии чертежа

Вычерчивание деталей надо начинать с проведения очень тонких сплошных линий на месте будущих осевых и центровых линий (конечно, если таковые будут). С их помощью удобно строить симметричные изображения, откладывая от них размеры, по которым вычерчивают очертания предмета.

Штрихпунктирная с двумя точками тонкая линия. Для проведения линии сгиба на развертках применяют штрихпунктирную с двумя точками тонкую линию. Длина штрихов выбирается от 5 до 30 мм, а расстояния между штрихами от 4 до 6 мм. Толщина этой линии такая же, как и у штрихпунктирной тонкой, т.е. от $s/3$ до $s/2$.

Сплошная тонкая линия. Кроме перечисленных линий на рис. 1.9 помечены надписями размерные и выносные линии.

Выносные линии служат для связи между изображением и размерными линиями, проведенными вне контура. Для размерных и выносных применяют линию, называемую сплошной тонкой, толщина которой от $s/3$ до $s/2$.

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии примерно на 1—5 мм.

Сплошные тонкие линии применяют также для штриховки в сечениях.

Таким образом, толщина штриховых, штрихпунктирных тонких и сплошных тонких линий в 2—3 раза тоньше основной линии.

Как видим, названия линий характеризуют их. Штриховая состоит из штрихов, штрихпунктирная — из штрихов и точек, сплошная тонкая выполняется тоньше сплошной основной.

Разомкнутая линия. Чтобы показать, где проходят линии сечений, применяется разомкнутая линия (см. рис. 1.9). Толщина ее выбирается в пределах от s до $1,5s$, а длина штрихов — от 8 до 20 мм. Для учебных чертежей толщину штрихов берут обычно в 1,5 раза толще сплошной основной линии, а длину штрихов — 12 мм. Штрихи разомкнутой линии не должны пересекать контур изображения. На рис. 1.9 разомкнутой линией показано, где проходит линия сечения А—А. Стрелки, показывающие направление взгляда, наносят на расстоянии 2—3 мм от внешних концов разомкнутой линии.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинаковой для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. При этом толщина линий зависит от выбранной толщины s сплошной основной линии.