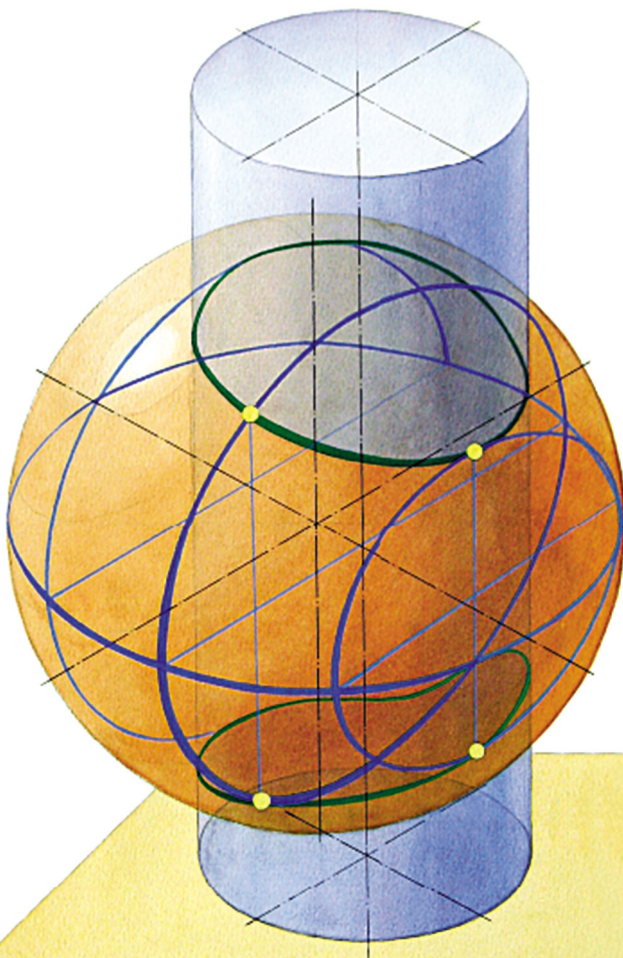
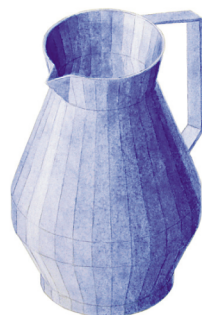


А.В. Константинов

# ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК

Курс лекций



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ

---

А.В. Константинов

# ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Учебное пособие для вузов*



Москва



2019

УДК 75/76(07)  
ББК 85.15:30.119  
К65

**Рецензенты:**

Старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного  
научного учреждения «Институт художественного образования  
и культурологии Российской академии образования»,  
к.п.н. *Ю.В. Голобоков*;  
заведующий кафедрой «Инженерная графика» МИТХТ им. М.В. Ломоносова,  
к.п.н., доцент *В.И. Вышнепольский*

**Константинов А.В.**

К65 Технический рисунок. Курс лекций : учеб. пособие для вузов / А.В. Константинов. — М.: Издательство ВЛАДОС, 2019. — 152 с.: ил.; 16 с. цв. вкл.: ил.

ISBN 978-5-907101-56-2

Курс лекций по техническому рисунку прочитан А.В. Константиновым в Московском педагогическом государственном университете в 2000—2015 гг.

Содержит краткое изложение теоретических основ, условностей, способов и этапов выполнения технических рисунков различных объектов.

Для студентов гуманитарных высших учебных заведений.

**УДК 75/76(07)**  
**ББК 85.15:30.119**

ISBN 978-5-907101-56-2

© Константинов А.В., 2019  
© ООО «Издательство ВЛАДОС», 2019  
© Художественное оформление. ООО «Издательство ВЛАДОС», 2019  
© Оригинал-макет. ООО «Издательство ВЛАДОС», 2019

---

*Учебное издание*

**Константинов Алексей Владимирович**

**ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК**

***Курс лекций***

*Учебное пособие для вузов*

Зав. художественной редакцией *И.В. Яковлева*  
Компьютерная верстка *С.В. Иванцов*

Подписано в печать 04.06.2018. Формат 70×90/16.  
Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 11,12 + 1,17 цв. вкл.  
Тираж 10 000 экз. (1-й завод 1–1 000 экз.). Заказ №

ООО «Издательство ВЛАДОС».  
119571, Москва, а/я 19.  
Тел./факс: (495) 984-40-21, 984-40-22, 940-82-54  
E-mail: [vlados@dol.ru](mailto:vlados@dol.ru)  
<http://www.vlados.ru>

---

Отпечатано в полном соответствии с качеством  
предоставленного электронного оригинал-макета  
в типографии филиала ОАО «ТАТМЕДИА» «ПИК «Идел-Пресс».  
420066, г. Казань, ул. Декабристов, 2.

# Содержание

<i>Методические пояснения</i> .....	4
Лекция 1. Области применения, условности, способы выполнения технических рисунков .....	5
Лекция 2. Рисование плоских многоугольников и многогранных геометрических тел. Нанесение светотени способами штриховки и шраффировки .....	34
Лекция 3. Рисование окружности и геометрических тел вращения (цилиндр, конус, шар). Распределение светотени на поверхности тел вращения. Способ пуантеле .....	45
Лекция 4. Рисование очерков криволинейных поверхностей геометрических тел. Распределение светотени на кривых поверхностях .....	59
Лекция 5. Нанесения светотени способом отмывки .....	80
Лекция 6. Рисование изображений, нанесённых на поверхности предмета. Способ вспомогательной сетки .....	90
Лекция 7. Рисование моделей и технических деталей. Применение разрезов. Выявление фактуры поверхностей .....	103
Лекция 8. Рисование резьбы, резьбовых элементов и соединений деталей. Выявление составных частей изделия .....	127
<i>Источники иллюстраций</i> .....	150
<i>Литература</i> .....	152



## Методические пояснения

В конце каждой лекции даны вопросы для повторения учебного материала, и практическое задание.

Практические задания по темам курса «Технический рисунок» традиционно выполнялись студентами художественно-графического факультета Московского педагогического государственного университета трёх направлений подготовки: изобразительное искусство, декоративно-прикладное искусство, дизайн. В качестве примеров выполненных заданий можно посмотреть работы студентов МПГУ 2000—2015 гг., представленные в настоящем издании в виде иллюстраций. На них даются ссылки.

Прежде чем выполнять практическое задание по какой-либо теме курса «Технический рисунок», желательно вспомнить теоретический материал и ответить на предлагаемые вопросы. Затем можно приступить к практической работе — рисованию тех или иных объектов по правилам, принятым в техническом рисунке. В некоторых случаях, при рисовании сложных предметов (криволинейных тел вращения, деталей), следует предварительно проработать все основные элементы будущего рисунка на черновике, и согласовать его с преподавателем. Затем можно приступать к рисованию изделия на формате, сначала в тонких линиях, и также с консультацией преподавателя. В случае верного построения рисунка, можно его заканчивать — обводить контуры, фигуры сечений, наносить светотень. Линии построений, по возможности, нужно сохранить.

# Лекция 1

## Области применения, условности, способы выполнения технических рисунков

1. Какие рисунки мы будем называть «техническими». Определение технического рисунка. Понятие «наглядности» изображений.
2. Исторические технические рисунки.
3. Способы выполнения технических рисунков.
4. Области применения технических рисунков.
5. Условности технического рисунка.

### Какие рисунки мы будем называть «техническими». Определение технического рисунка. Понятие «наглядности» изображений

Понятие «**технический рисунок**» определяется разными авторами и в различных учебных пособиях неоднозначно. Весьма часто подразумевается, что техническое рисование — это рисование технических деталей, узлов, и подобных им изделий (строительных конструкций, фрагментов архитектурных соору-

жений). Действительно, очень часто такого рода объекты изображаются на разнообразных документах с применением способов, условностей, разработанных в техническом рисунке (рис. 1а, б). Но характерные черты технического рисунка (о которых будет сказано подробнее ниже) можно увидеть и на изображениях совер-

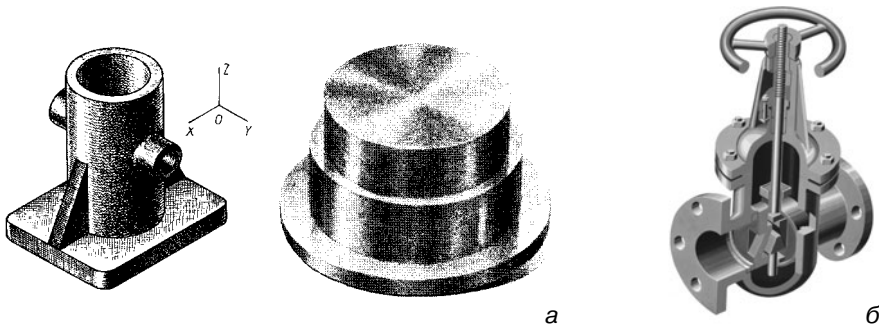


Рис. 1. Технические рисунки технических объектов: а) детали; б) задвижка — устройство для перекрытия трубопровода (см. цв. вкл.)

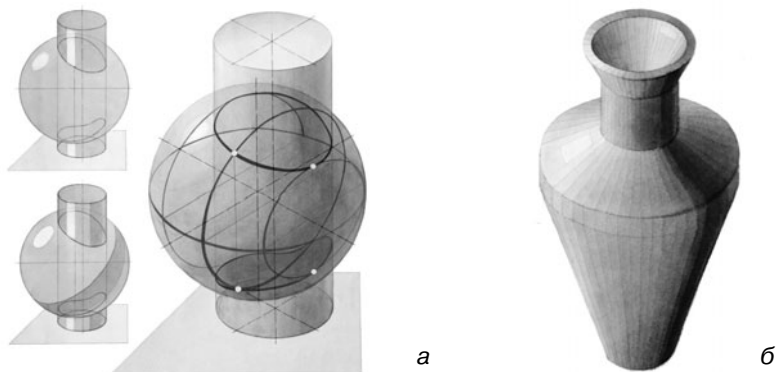


Рис. 2. Технические рисунки нетехнических объектов: а) учебный плакат; б) учебная работа (см. цв. вкл.)

шенно «не технических» предметов (рис. 2а, б).

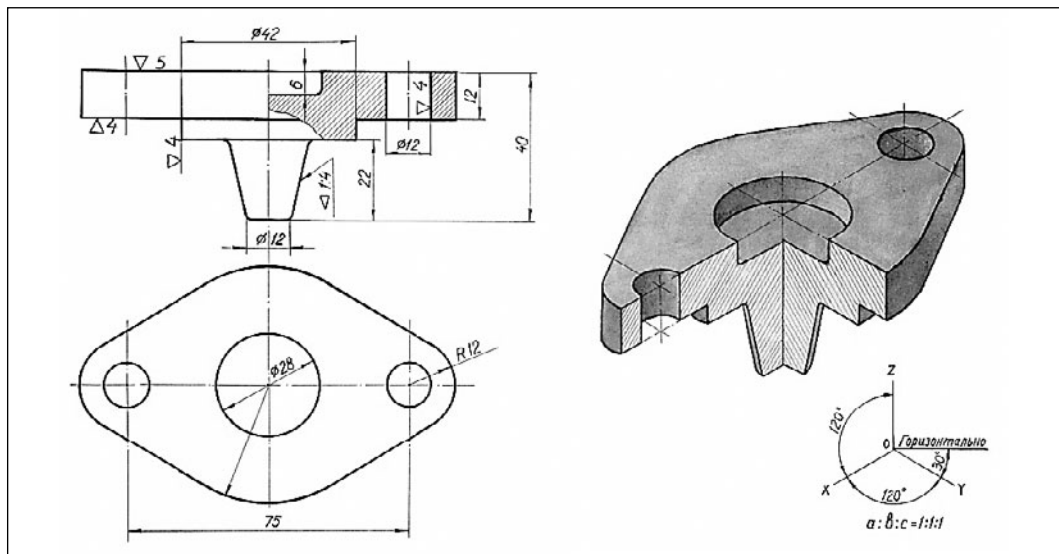
В учебниках по черчению (технической графике, инженерной графике) технический рисунок в большинстве случаев рассматривается как рисование по правилам аксонометрии — как особый вид **аксонометрического рисунка**, позволяющий наиболее быстро, удобно, выполнять «наглядные» изображения предметов, сопровождающие и дополняющие чертежи «в системе проекций». В учебной литературе и в заданиях для учащихся технический рисунок часто используется именно в таком качестве (рис. 3а). Поскольку в курсах черчения изучаются преимущественно так называемые **стандартные аксонометрические проекции**, некоторые авторы учебников считают, что технические рисунки должны выполняться непременно либо в **стандартной прямоугольной изометрии** (рис. 1а, б; 2а, б; 3а), либо в **стандартной прямоугольной**

преимущественно в изометрии. При этом нужно помнить, что другие, нестандартные виды аксонометрических проекций (так называемые **триметрические проекции**) также применяются в техническом рисовании, и иногда позволяют достаточно наглядно передать конструкцию предмета (рис. 6б). Выбор аксонометрической проекции подробно рассматривается в разделе «Аксонометрия», а как выбрать аксонометрическую проекцию при рисовании, будет сказано ниже.

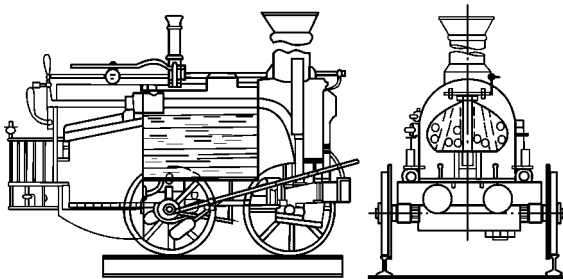
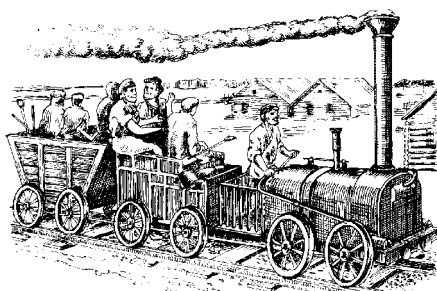
Технические рисунки значительных по величине предметов (архитектурных зданий, кораблей, автомобилей и т.п.) часто строятся с учётом перспективных искажений, в соответствии со зрительным образом, возникающим при рассматривании этих объектов с определённой точки зрения (рис. 4). Такие **перспективные рисунки** хорошо передают впечатление от внешнего вида больших предметов, создают эффект «присут-

диметрии (рис. 5а), или в **стандартных косоугольных аксонометриях** (рис. 5б — **фронтальная косоугольная диметрия**, рис. 6а — **горизонтальная косоугольная диметрия**). Более подробно о видах аксонометрических проекций можно узнать при изучении раздела начертательной геометрии «Аксонометрия». Из вы-

шеприведённых примеров вполне очевидно, что стандартные аксонометрические проекции применяются в техническом рисовании весьма часто. Особенно удобно и наиболее просто рисовать различные предметы с использованием правил изометрии, и мы в дальнейшем будем рисовать наши технические рисунки



а



б

Рис. 3. Технический рисунок: а) аксонометрическая иллюстрация чертежа детали, б) перспективная иллюстрация чертежа сборочной единицы в системе проекций



Рис. 4. Корабль викингов. Норвегия. XI в.  
(см. цв. вкл.)

ствия» зрителя вблизи изображаемого объекта. Но, поскольку построение перспективного рисунка более трудоёмко, чем аксонометрического, и искажения очертаний в перспективе значительнее, то часто наглядные изображения даже весьма крупных, протяженных в пространстве объектов выполняют по правилам аксонометрии. Наиболее удобны аксонометрические рисунки при изображении сложных конструкций, выявлении внутреннего устройства на разрезах, способов соединения составных частей изделия, и т.п. случаях, когда перспективные изображения строить затруднительно (рис. 1б; 5а, б).

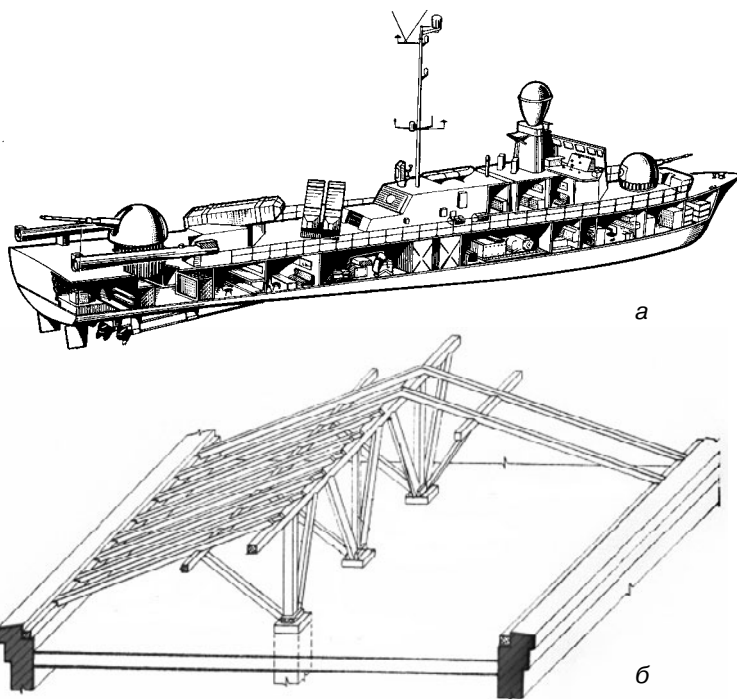


Рис. 5. Аксонометрические технические рисунки: а) ракетный катер ВМС ФРГ. 1978 г.;  
б) конструкция кровли дома. 1989 г.

Следует отметить ещё одно немаловажное различие в понимании сущности технического рисунка. Некоторые авторы настаивают на быстром исполнении технического рисунка и рассматривают его как «технический» в смысле «подсобный», «помогающий» выразить ту или иную инженерную, дизайнерскую, архитектурную идею, проект и т.п. В связи с этим технический рисунок должен, по их мнению, рисоваться именно «от руки», без помощи чертёжных инструментов, и в таком качестве становится близким понятию «эскиз». Действительно, многие аксонометрические и перспективные технические рисунки выполняются «на глаз» и «от руки». Чаще всего это рисунки относительно несложных предметов (рис. 2б; 4; 6а, б). Но большинство технических «рисунков», содержащихся во всех видах литературы, в том числе и у авторов, рекомендующих «рисовать», а не «чертить», представляют собой именно **аксонометрические чертежи** или **перспективные чертежи**, выполненные инструментами и дополненные светотенью (см. рис. 1а, б; 2а; 5а, б). Особенно сложные объекты «быстро нарисовать», а тем более «ясно раскрыть техническую идею» (см. определение «технического рисунка» ниже) весьма не просто «от руки», поэтому использование инструментов при рисовании вполне возможно.

Что же мы будем называть «техническим рисунком»? Какими общими чертами обладают изображения, представленные, например, на

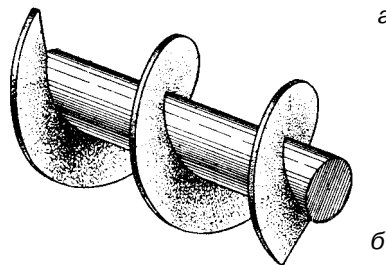
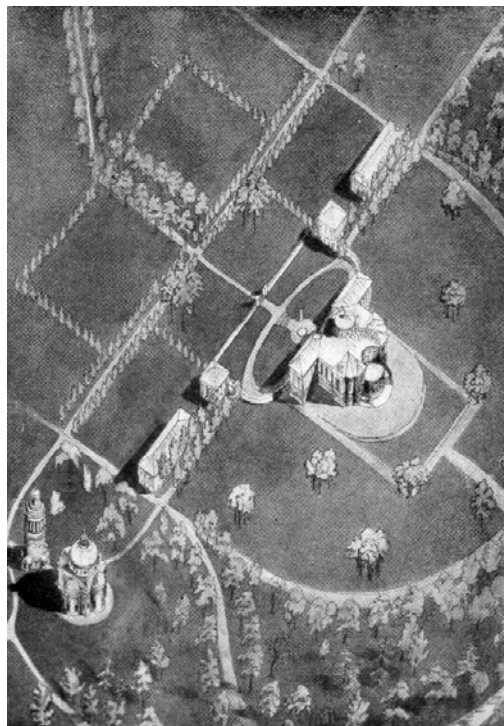


Рис. 6. Технические рисунки, выполненные от руки: а) усадьба Никольское-Гагарино. 1776 г. Рисунок П. Макси; б) рисунок винтовой поверхности

рис. 1—6 (и далее)? Из всех определений технического рисунка представляется наиболее всеобъемлющим (хотя и слишком «общим»), рассуждение Н.Н.Ростовцева, высказанное им в учебном пособии, специально

посвященном техническому рисунку: «Техническое рисование» (М., 1979). Приводим его здесь полностью.

**Технический рисунок** — это такое наглядное графическое изображение объекта, выполненное от руки в глазомерном масштабе, в котором ясно раскрыта техническая идея объекта, правильно передана его конструктивная форма и верно найдены пропорциональные соотношения. Иными словами, технический рисунок — это такой рисунок, по которому можно составить чертёж, сделать проект, выполнить данный объект в материале.

Поясним данное определение, и дополним его.

Прежде всего, какие изображения считать «наглядными», а какие «не наглядными»? Понятие «наглядное изображение» обычно никак не определяется в учебной литературе. Чаще всего подразумеваются под «наглядными» аксонометрические и перспективные изображения (чертежи, рисунки). Именно такое прочтение понятия «наглядности» графических изображений, очевидно, имел в виду Н.Н. Ростовцев. «Не наглядными» в таком случае нужно считать чертежи (или эскизы «от руки») предметов в системе проекций (видов). На рис. 3б представлены: вид на паровоз сбоку (главный вид), и вид спереди. Названные изображения являются видами на отдельные стороны, поверхности предмета, которые можно получить, рассматривая его с разных точек зрения (с разных, но взаимно перпендикулярных направ-

лений). Очевидно, рассматривая паровоз только спереди, невозможно представить устройство его «боков» и длину, а вид сбоку не даёт сведений о передней части. Поэтому каждое такое отдельное изображение несёт весьма ограниченную информацию, и только совместно, «в системе», они позволяют мысленно воссоздать пространственный облик объекта. На рис. 3б помещено также наглядное изображение (перспективный рисунок) того же паровоза, на котором одновременно отразились и «боковые» поверхности, и «вид спереди». Таким образом, наглядное изображение даёт зрителю больше сведений о предмете, причем эти сведения содержатся на одном изображении, на котором можно рассмотреть сразу разные «стороны» предмета. Понятие «наглядности» изображения, очевидно, следует связывать с полнотой информации, которую это изображение предоставляет зрителю. В этом смысле перспективный рисунок на рис. 3б является более «наглядным» изображением, а каждый из «видов» паровоза на его чертеже — «не достаточно наглядным» изображением. Заметим, что на перспективном рисунке на рис. 3б не видно устройство нижней части, «днища» паровоза, или его задней части, а чертёж в системе проекций (видов) позволяет построить сколько угодно изображений данного объекта и таким образом «рассмотреть его со всех сторон». Ещё один недостаток «наглядных» изображений — искажение очертаний предметов. На рис. 3б, например, пря-

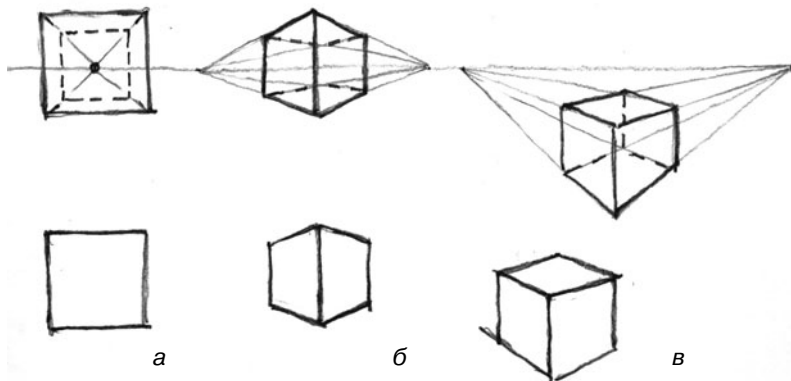


Рис. 7. Перспективные рисунки куба

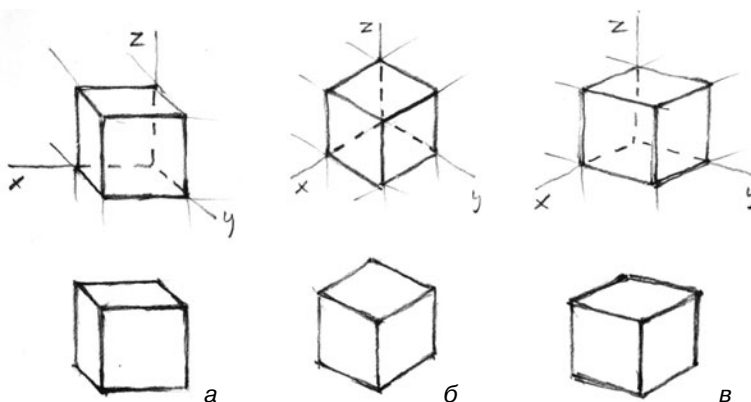


Рис. 8. Аксинометрические рисунки куба

моугольные контуры, отразившиеся на видах прямоугольниками, т.е. без искажения своей истинной конфигурации, на перспективном изображении предстают трапециями (в данном примере почти параллелограммами). Окружности в перспективе имеют очертание эллипсов, более сложные фигуры нарисовать (построить) в перспективе еще труднее. Особенно большие искажения очертаний предметов наблюдаются при построении перспективных изображений с близ-

ко выбранной точкой зрения (на рис. 4 удалённые очертания предмета резко уменьшились, кривизна линий значительно изменилась по сравнению с их истинной кривизной).

Всегда ли «наглядные» изображения являются достаточно наглядными, т.е. верно и полно передают максимум геометрической информации о предмете?

Рассмотрим рис. 7—9. На рис. 7а, б, в представлены различным образом построенные перспективные рисунки



куба, на рис. 8 а, б, в — различные аксонометрические рисунки того же куба. Прежде напомним принципиальное различие перспективных и аксонометрических изображений (в упрощённом виде, конечно). В перспективе параллельные прямые (не параллельные плоскости картины, а направленные «в глубину») имеют точки пересечения (на рис. 7 — на «линии горизонта»). Это соответствует довольно близкому расположению «зрителя», или «точки зрения» перед изображаемым объектом, когда «лучи зрения», проведённые через характерные точки изображаемого предмета, представляют ярко выраженный расходящийся «пучок прямых». В аксонометрии зритель «отодвигается» от объекта значительно дальше, «лучи зрения», направленные из «точки зрения» к точкам предмета становятся практически параллельными, и параллельные прямые (любые) предметов изображаются как параллельные на аксонометрическом их изображении, что значительно упрощает построение (рисование). Таким образом, можно сказать, что аксонометрическое изображение предмета — это частный случай перспективы, когда предмет рассматривается, (изображается) значительно удалённым от «зрителя».

На рис. 7 куб изображён по правилам перспективы, т.е. его изображения должны быть «наглядными», однако нетрудно заметить, что не всегда «правила перспективы» обеспечивают достаточную наглядность. Важное значение для полу-

чения «наглядного» изображения предмета в перспективе имеет правильно выбранная «точка зрения», положение самого предмета при рисовании. На рис. 7в перспектива куба может, очевидно, считаться наиболее удачной, «наглядной», т.к. содержит наибольшую информацию о предмете.

На рис. 8а куб нарисован по правилам косоугольной (так называемой «кабинетной») аксонометрии. Передняя грань (параллельная плоскости рисунка, чертежа) в данном случае изображается без искажения своей истинной конфигурации — в виде квадрата. Такое свойство косоугольных аксонометрических проекций удобно, и используется для построения изображений предметов, наиболее сложные и важные очертания которых расположены в плоскостях, которые возможно расположить параллельно плоскости рисунка (см. рис. 9а — контур экрана электронно-лучевой трубки, 9б — очерк плоского в целом прибора — секстана. Другие очертания предмета (находящиеся в плоскостях другого направления) будут искажаться значительно, часто не в соответствии со зрительным их восприятием. На рис. 8а нетрудно заметить, что, при строго фронтальном положении передней грани куба перед «зрителем», когда «зритель» видит её действительно как квадрат (сравните с рис. 7а), боковые грани куба не должны быть видны вовсе. Тем не менее, на рис. 8а они отразились в виде параллелограммов, и сам куб

кажется несколько «вывернутым», изображение его представляет совмещение вида спереди (передняя грань) и вида слева и сверху (левая и верхняя грань). Очевидно, так, одновременно, увидеть «с двух направлений» предмет невозможно. Подобные, и другие, ещё более значительные искажения зрительного образа предметов в косоугольных проекциях ограничивают возможности их применения. Мы в дальнейшем не будем рисовать наши технические рисунки в косоугольных проекциях, как не соответствующих зрительному образу предметов.

На рис. 8б — рисунок куба в прямоугольной изометрической проекции. Несмотря на удобство рисования по этим правилам, рисунок куба в данной проекции не очень получился. Совпадение изображения передней и дальней вершины, совпадение передних и дальних рёбер в одну линию — очевидные недостатки «наглядности» этого изображения.

Наиболее удачным следует признать рис. 8в, где образ куба соответствует зрительному впечатлению от рассматривания его в пространстве (хотя и на расстоянии «вытянутой руки» — «в аксонометрии», а не «в перспективе» — вблизи «перед глазами»). Ни один элемент куба на изображении не накладывается на другой, и это также будем считать хорошим признаком «наглядности».

Сравним аксонометрические рисунки на рис. 10а-г. Модель в форме скобы с центральным цилиндрическим сквозным отверстием на рис. 10а

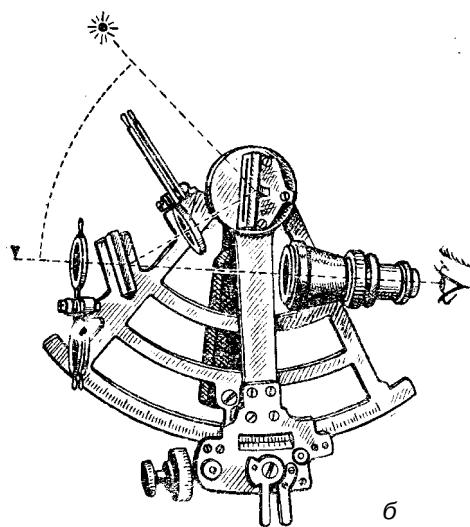
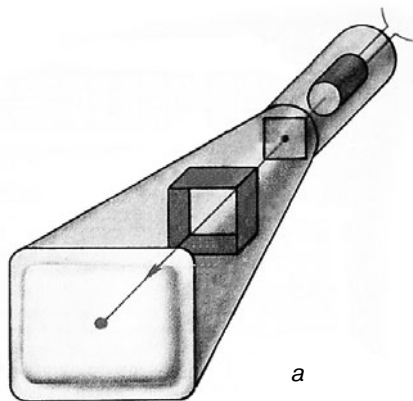


Рис. 9. Технические рисунки в косоугольной аксонометрии а) кинескоп; б) секстан — навигационный прибор

изображена по правилам косоугольной фронтальной диметрии — передняя грань в виде перевёрнутой буквы «П» изобразилась без искажения, боковые грани «вывернуты» вверх и влево, увидеть их в натуре при данном положении модели невоз-

можно. Отверстие не просматривается насквозь. Рис. 10б — прямоугольная изометрия, вполне соответствует взгляду на модель издали, но положение модели (или «точки зрения») таково, что ближайшие рёбра и вершина «накладываются» на дальние, отверстие насквозь не просматривается. Рис. 10в — прямоугольная диметрия, «накладок» в которой удалось избежать, но «дна» отверстия всё равно не видно. Таким образом, «стандартные» аксонометрические изображения для данной модели следует признать возможными, но не вполне удачными. На рис. 10г произвольная аксонометрическая проекция (триметрическая, не «стандартная», почти соответствующая «точке зрения» в прямоугольной диметрии, но более «высокой») позволила получить наиболее «наглядное» изображение — «без накладок», и просмотреть отверстие «насквозь».

Определим признаки «наглядности» «наглядных» изображений, исходя из приведённых выше рассуждений.

1. Наглядное изображение должно приблизительно соответствовать зрительному образу предмета при рассмотрении его в пространстве, в натуре, исключать чрезмерные искажения поверхности и конструкции

2. На наглядном изображении нежелательно совпадение контуров разных элементов предмета.

3. Желательно, чтобы просматривались «до дна» или «насквозь» углубления, вырезы, отверстия и подобные им элементы предмета.

Может ли в качестве технического рисунка использоваться одно из изображений, взятое из «системы проекций (видов)», т.е. «не наглядное» по определению? На рис. 11а фасад здания тщательно проработан, поверхности выявлены с помощью светотени. На рис. 11б «вид слева» (на корму) и «вид справа» (на нос) корабля дополнены «главным видом», по характеру исполнения весьма похожим на технический рисунок. В учебнике Н.Н.Ростовцева находим подтверждение того, что «наглядным изображением» может быть обыкновенная фронтальная проекция — «главный вид», который Ростовцев оригинально определяет как рисунок «по условным правилам, относящимся к изображению специальных объектов» (Н.Н.Ростовцев, Техническое рисование, стр. 10) — см. рис. 12 — иллюстрация из учебника Ростовцева.

Вернёмся к определению Н.Н.Ростовцева. Что имеется в виду под «глазомерным масштабом», в котором должен выполняться технический рисунок? Это означает, что рисовать предмет нужно, не измеряя его, и не придерживаться точного масштаба («один к одному», вдвое больше или меньше натуральной величины, и т.п.). Следует примерно придерживаться пропорций, но, в отличие от художественного рисунка, возможны, и даже желательны, некоторые отступления от истинных соотношений величин отдельных частей предмета. Например, если крупный в целом предмет содержит относительно слишком мелкие отверстия,

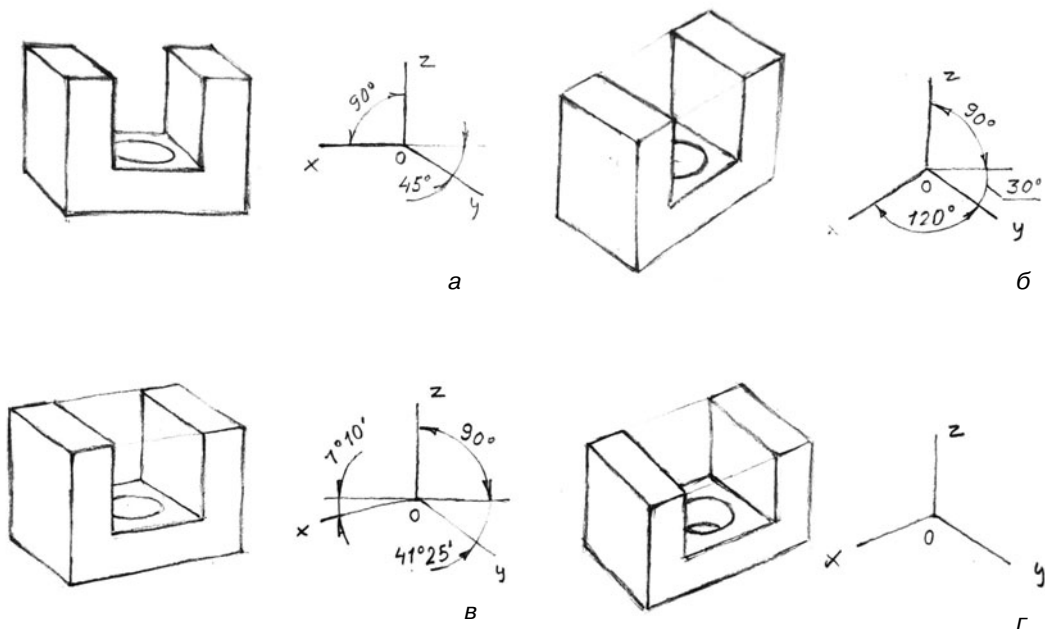


Рис.10. Сравнительная наглядность наглядных аксонометрических изображений

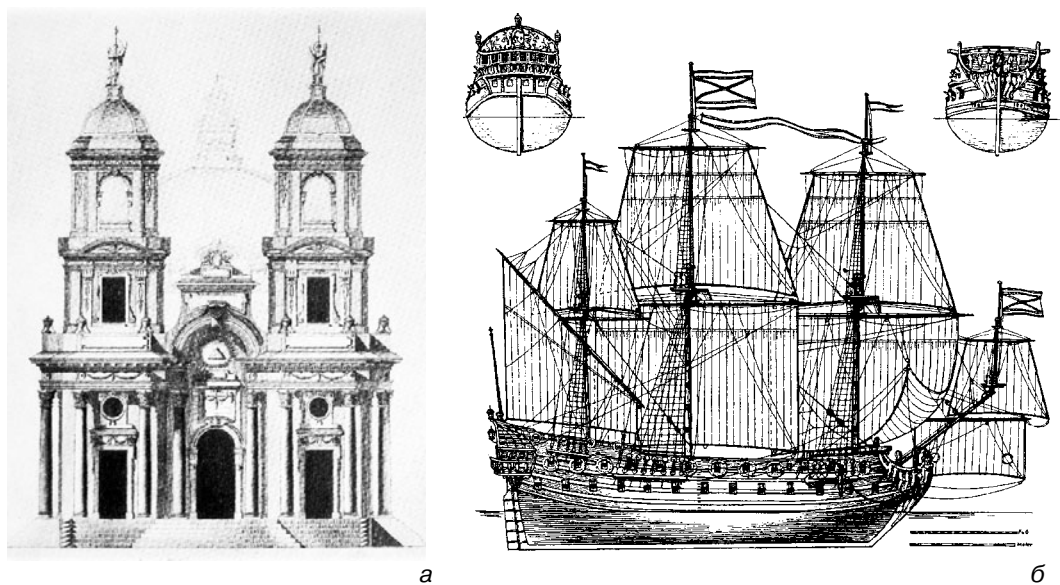


Рис. 11. Не аксонометрические и не перспективные технические рисунки: а) В.И. Баженов. Проект Троицкой церкви; б) 58-ми пушечный корабль «Божье Предвидение» 1770 г.

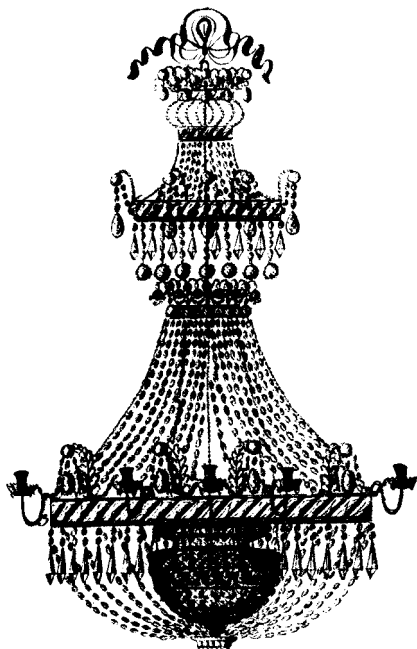


Рис. 12. Фронтальная проекция предмета в роли технического рисунка

пазы, выступы и т.п., то при буквальном соблюдении пропорций, эти мелкие элементы, имеющие часто весьма важное значение, могут изобразиться совсем крошечными, неразборчивыми и непонятными. Поэтому при рисовании нужно их несколько увеличить в ущерб настоящим пропорциям. Аналогично, очень длинные предметы можно укорачивать, тонкие стенки углублений расширять, и т.д.

Обратим внимание на последнее положение в определении Н.Н.Ростовцева. «Разработать чертежи» на основе технического рисунка представляется вполне возможным для довольно простых по конструкции

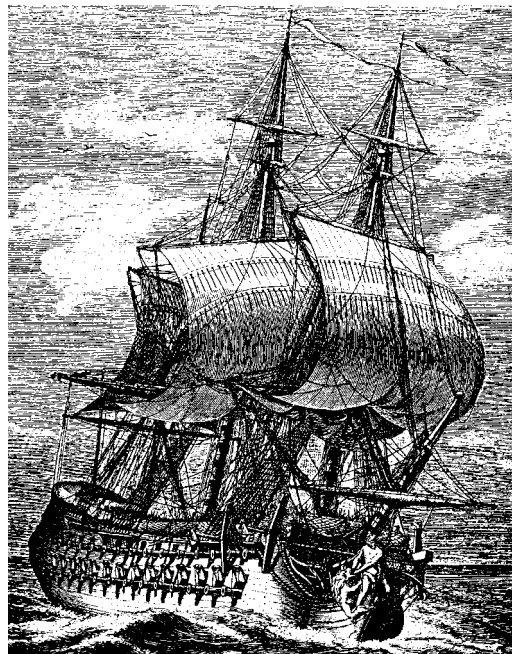


Рис. 13. Художественная выразительность технических рисунков. Французский 54-х пушечный корабль. XVIII в.

предметов. Но «изготовление предмета» по техническому рисунку весьма сомнительно — основным документом для изготовления служит всё же чертёж, на котором выявляется не только геометрическая форма и конструкция, «техническая идея», но задаются размеры, материал, точность обработки отдельных поверхностей и т.д.

Принимая во внимание названные соображения и уточнения, ещё раз сформулируем определение технического рисунка:

**Технический рисунок** — это графическое изображение объекта, выполненное от руки или другими

*способами, в глазомерном масштабе, достаточно наглядное, чтобы верно раскрыть техническую идею, конструкцию объекта. На основе технического рисунка возможно составление чертежей, изготовление моделей, разработка проектов изделий.*

Таким образом, основным назначением технического рисунка явля-

ется не создание художественного образа, а выявление конструкции, геометрических свойств предмета. Это не означает, что технические рисунки не должны обладать художественной выразительностью. Многие рисунки, играющие роль «технических», по мастерству и образности представляют и художественную ценность (рис. 13).

## **Исторические технические рисунки**

История технического рисунка — не цель данного курса. Отметим только, что использование рисунка для передачи «технической» информации о предметах, сооружениях, устройствах и изобретениях можно найти в самых старинных документах — рукописях, чертежах, дневниках, черновиках, книгах. Приведём несколько примеров. На рис. 14 довольно ясно читается конструкция архитектурного сооружения XI в. Это современный тем далёким годам рисунок. Историческая справка в учебнике Н.Н. Ростовцева содержит иллюстрации рисунков Леонардо Да Винчи, А. Дюрера, Г. Гольбейна (рис. 15). Несмотря на явно «нетехнический» характер некоторых изображённых объектов, Ростовцев справедливо отмечает направленность на выявление строения, «конструкции», «техники движения» человеческого тела, что является основной целью данных рисунков, и причисляет их к «техническим» по существу. Иногда технические рисунки

можно найти в художественной литературе. Графические изображения фортификационных сооружений, устройство и принцип действия оружия иллюстрируют весьма точно «техническую» сторону военного ремесла во времена знаменитого мессира Д'Артаньяна (рис. 16). Для большей «наглядности» и выразительности рисунки технических объектов дополнены здесь фигурами людей, приводящих в действие свои военные приспособления.

XIX-й и XX-й век не внесли много нового в технический рисунок (рис. 17а, б; 18а, б). Несмотря на появление и развитие фотографии, рисунки проектируемых либо утраченных (реконструируемых) предметов по-прежнему предоставляют необходимый иллюстративный материал для разнообразных изданий, документов, учебных пособий. Меняются (добавляются) только объекты изображения, и некоторые способы выполнения рисунков (аэрограф, тамповка по трафарету,

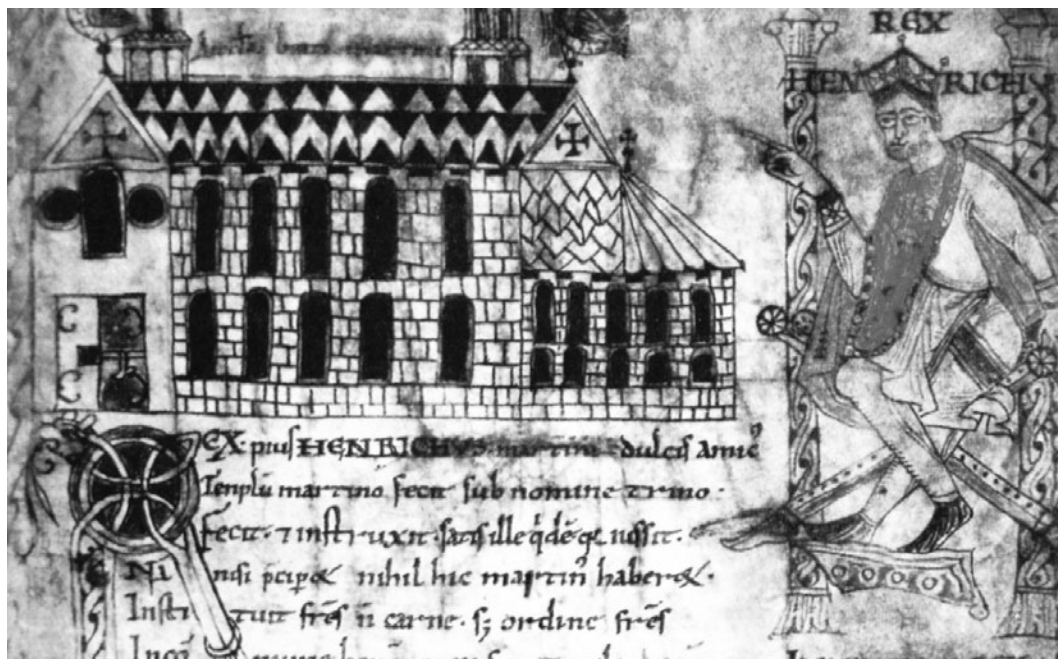


Рис. 14. Исторические технические рисунки. Король Генрих I основывает капеллу св. Мартина. Миниатюра XI в. (см. цв. вкл.)

стандартные аксонометрические проекции и т.п.).

XXI-й век только начался. Будет ли востребован технический рисунок? Очевидно, необычайно быстрое развитие компьютерной графики, цифровой фотографии резко ограничивают «традиционные» области применения и способы выполнения «классического» технического рисунка. Однако в новых компьютерных технологиях просматриваются скорее новые способы выполнения «технических» рисунков, нежели отрицание их характерных признаков, свойств, назначения. Возможности компьютерной графики

ускоряют и многократно уточняют результат, но рисование на компьютере — всего лишь технический приём, и если в своё время сложный способ шраффировки, а затем нанесения светотени аэрографом, были приняты как способы «рисования», то компьютерный рисунок (не фотография!) весьма близко напоминает качественную отмывку или аэрографическую работу. Существо технического рисунка — выявление конструкции предмета с помощью того или иного изображения, когда невозможна или нежелательна фотография — остаётся прежним (рис. 19а, б).

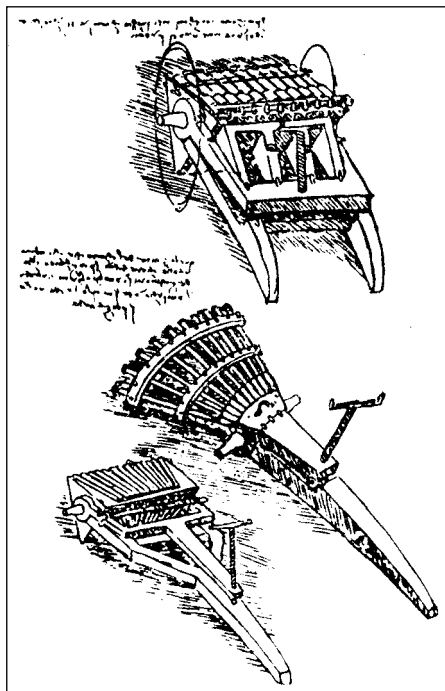
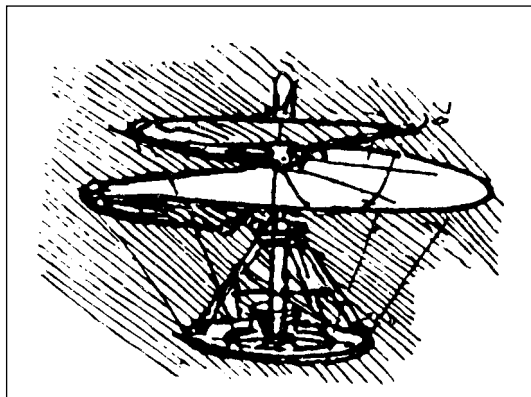
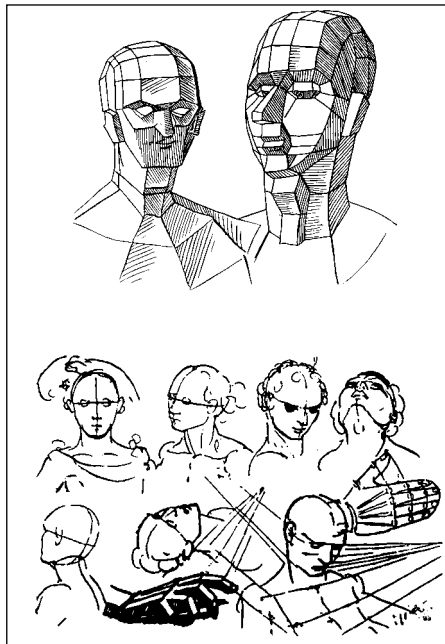


Рис.15. История технического рисунка.  
Рисунки XVI в. Леонардо Да Винчи,  
А. Дюрера, Г. Гольбейна



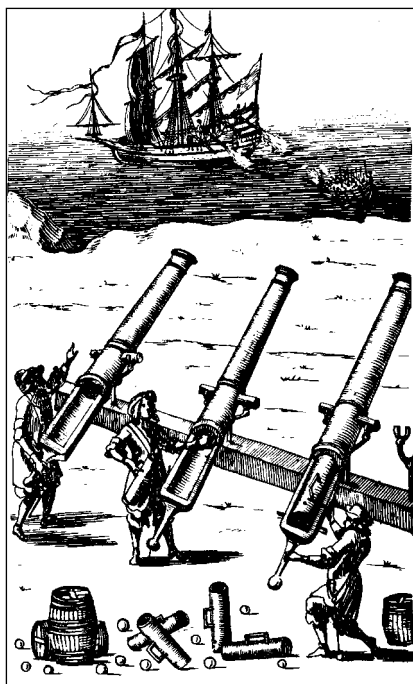
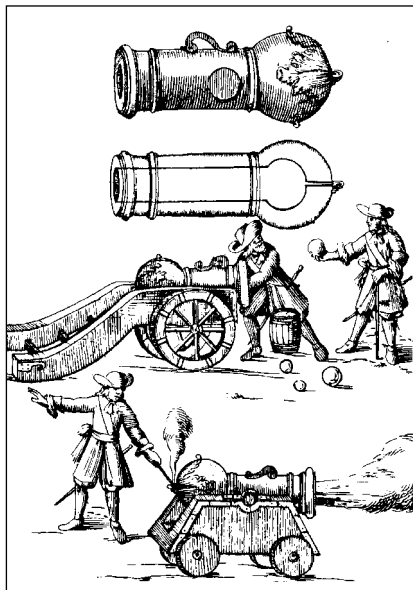
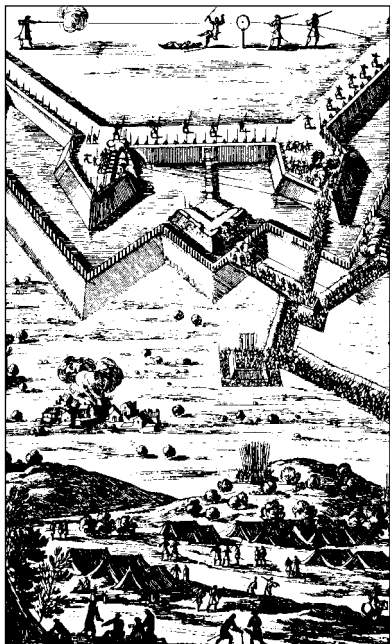


Рис. 16. Технические рисунки в мемуарах мессира Д'Артаньяна. Колон. 1700 г.

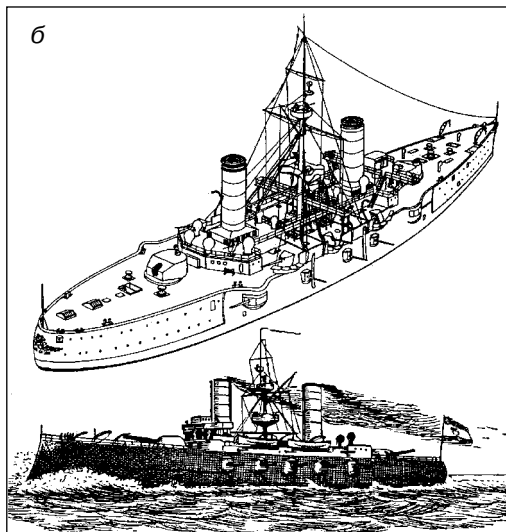
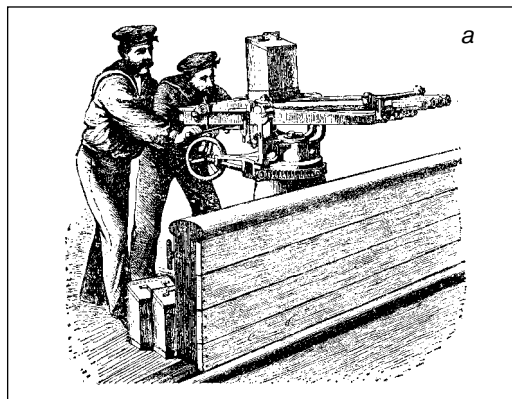


Рис. 17. Технические рисунки XIX-го века:  
а) митральёза Норденфельда. 1871 г.;  
б) испанский броненосный крейсер  
«Кристоаль Колон». XIX в.

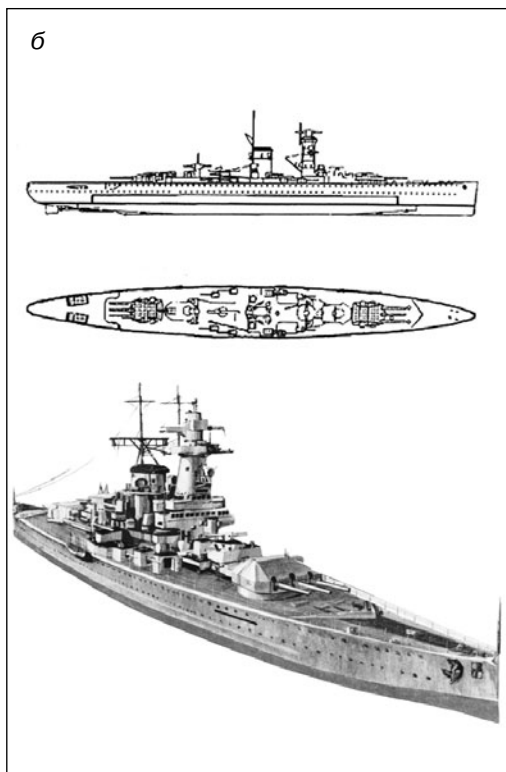
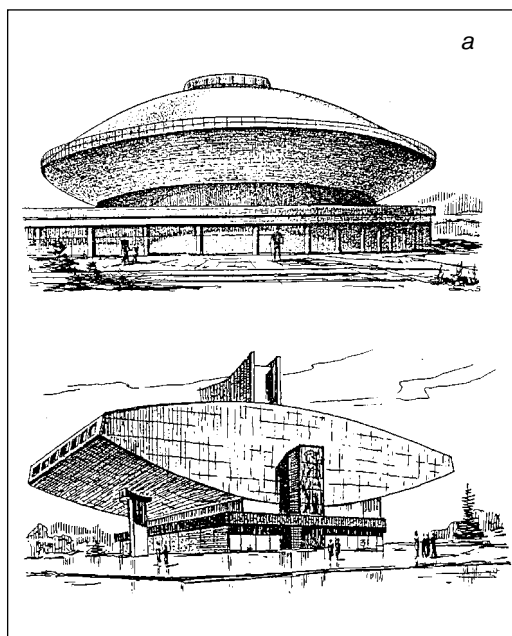
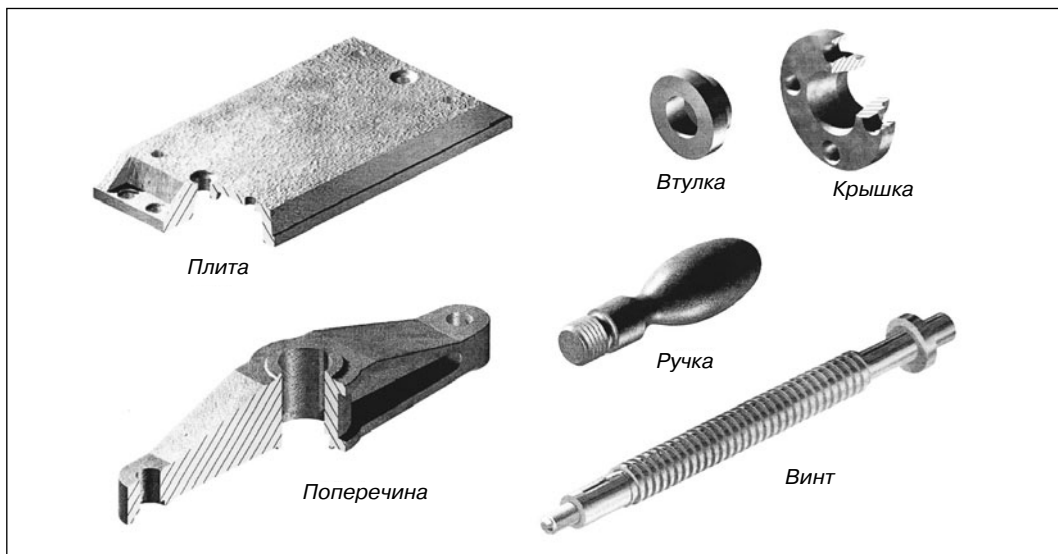
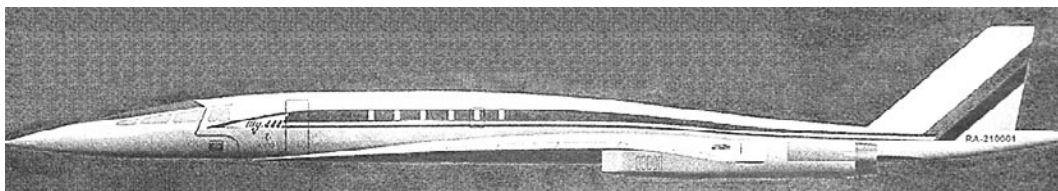


Рис. 18. Технические рисунки XX-го века:  
а) архитектурные проекты; б) германский  
линкор «Адмирал Шеер». 1939 г.



а



б

Рис. 19. XXI-й век. Технический рисунок меняет способы исполнения, но не характер. Компьютерная графика: а) детали сборочной единицы; б) сверхзвуковой пассажирский самолёт

## Способы выполнения технических рисунков

Способы выполнения технического рисунка разнообразны:

**Линейный способ** — от лат. *linea* — линия (рис. 20а, б).

**Штриховка** — от нем. *strich* — черта (рис. 21а, б).

**Шраффировка** — перекрёстная штриховка — от нем. *schraffieren* — штриховать (рис. 22).

**Точечный, или пуантеле** — от франц. *point* — точка (рис. 23).

**Художественная штриховка, или тушевка** (рис. 24а, б).

**Многоцветная штриховка, шраф-фировка, пуантеле, тушевка** — цветные карандаши (рис. 25а, б).

**Тушь** — от нем. *tusche* — водяная краска для рисования и черчения.

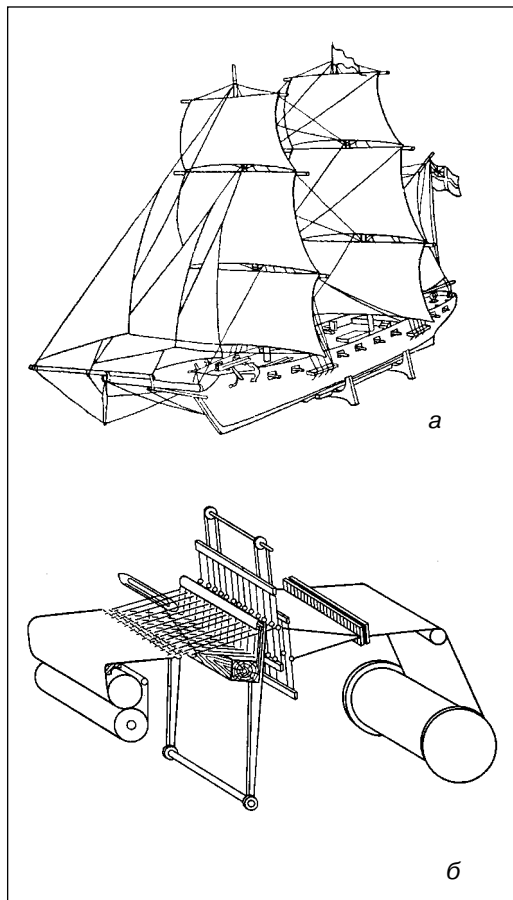


Рис. 20. Линейный способ: а) модель брига; б) ткацкий станок

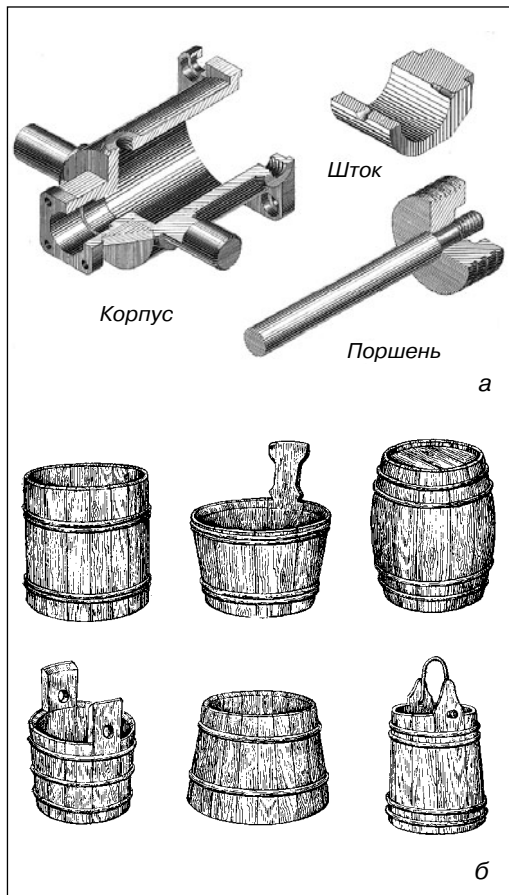


Рис. 21. Штриховка: а) детали клапана; б) новгородские бондарные изделия из раскопок

Рисунок тушью выполняется обычно пером или кистью (рис. 26а, б).

**Заливка тушью** (рис. 27а, б).

**Гравировка** — от франц. *graver* — вырезать рельефный или углублённый рисунок (рис. 28а, б).

**Тамповка** (по трафарету) — от франц. *tampon* — кусочек марли, ткани (рис. 29а).

**Акварель** — от франц. *aquarelle* — водяная прозрачная краска (рис. 29б).

**Гуашь** — от франц. *gouache* — непрозрачная водяная краска (рис. 29в).

**Аппликация** (наклейка) — от лат. *applicato* — прикладывание (рис. 29г).

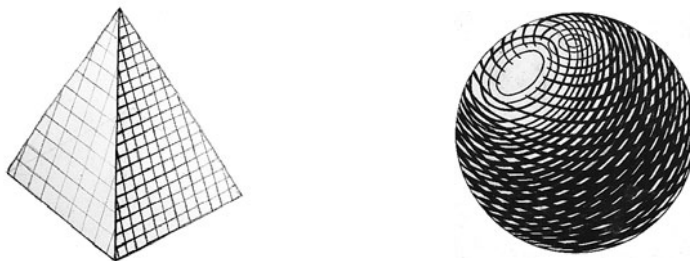


Рис. 22. Шрафировка

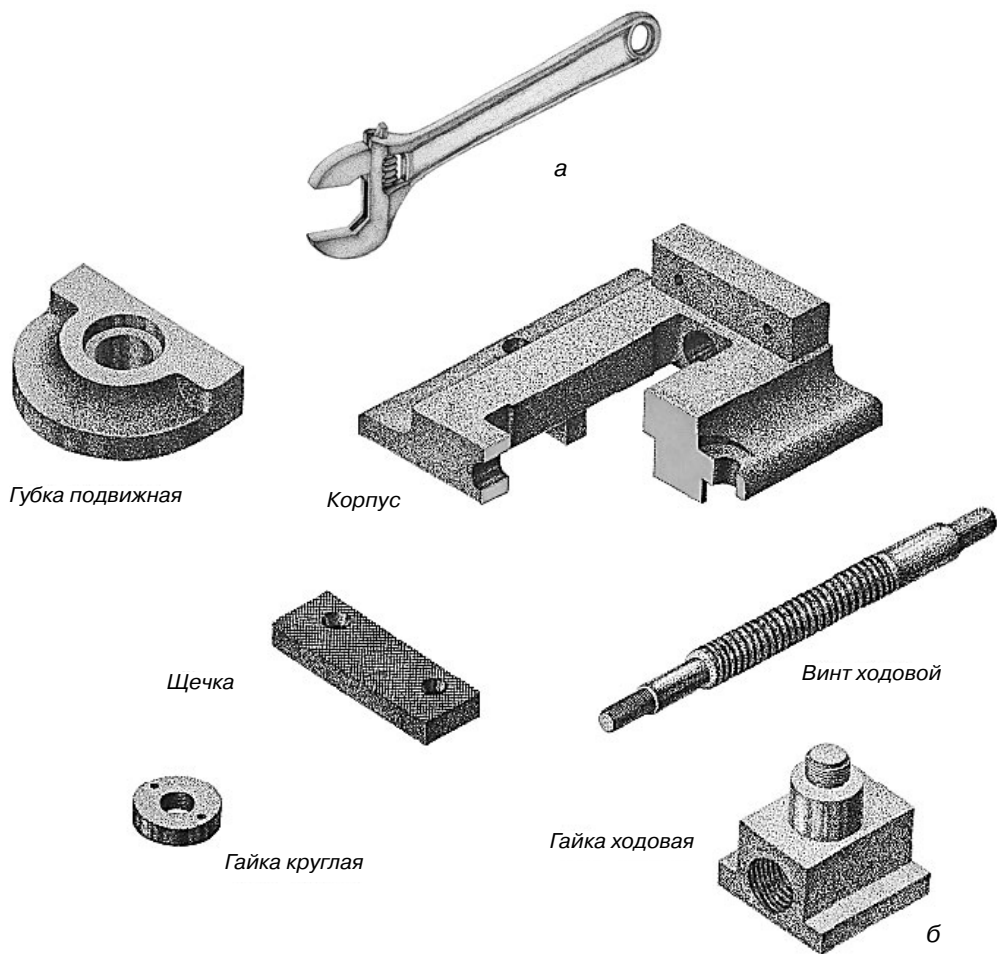


Рис. 23. Точечный или пуантеле: а) разводной ключ; б) детали тисков

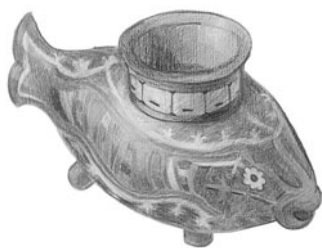


а

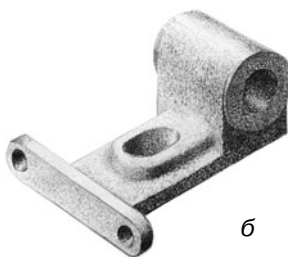


б

Рис. 24. Художественная штриховка или тушёвка: а) рыцарское вооружение позднего периода; б) проект вазы



а

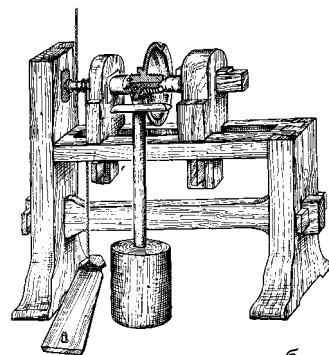


б

Рис. 25. Многоцветная штриховка, тушевка, пуантеле — цветные карандаши: а) сосуд доколумбовой культуры Америки; б) рисунок детали (см. цв. вкл.)

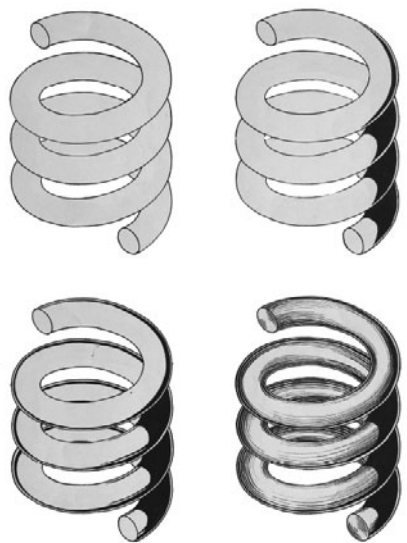


а

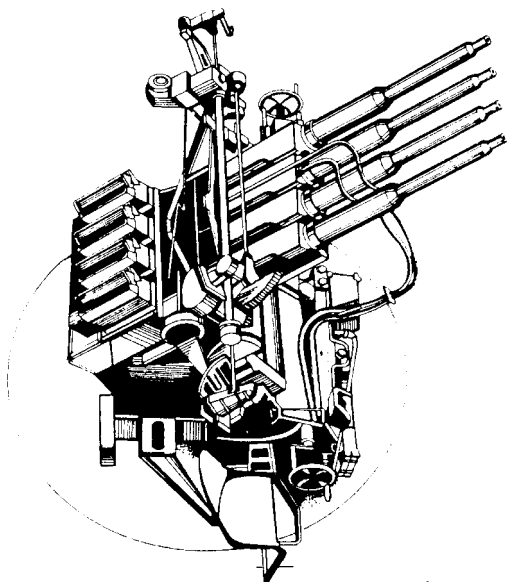


б

Рис. 26. Тушь, перо: а) севернорусский овин; б) новгородский ткацкий станок. Реконструкция



а

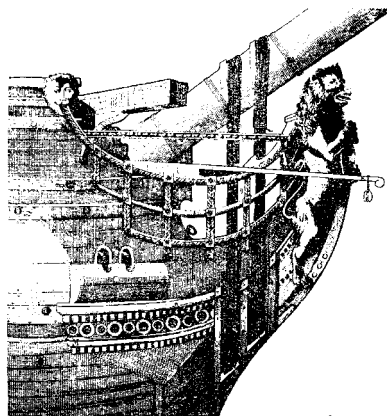


б

Рис. 27. Заливка тушью: а) этапы рисования пружины; б) счетверённый 28-мм автомат



а



б

Рис. 28. Гравюра: а) ловля рыбы курицею. 1911 г.; б) нос судна. XVIII в.

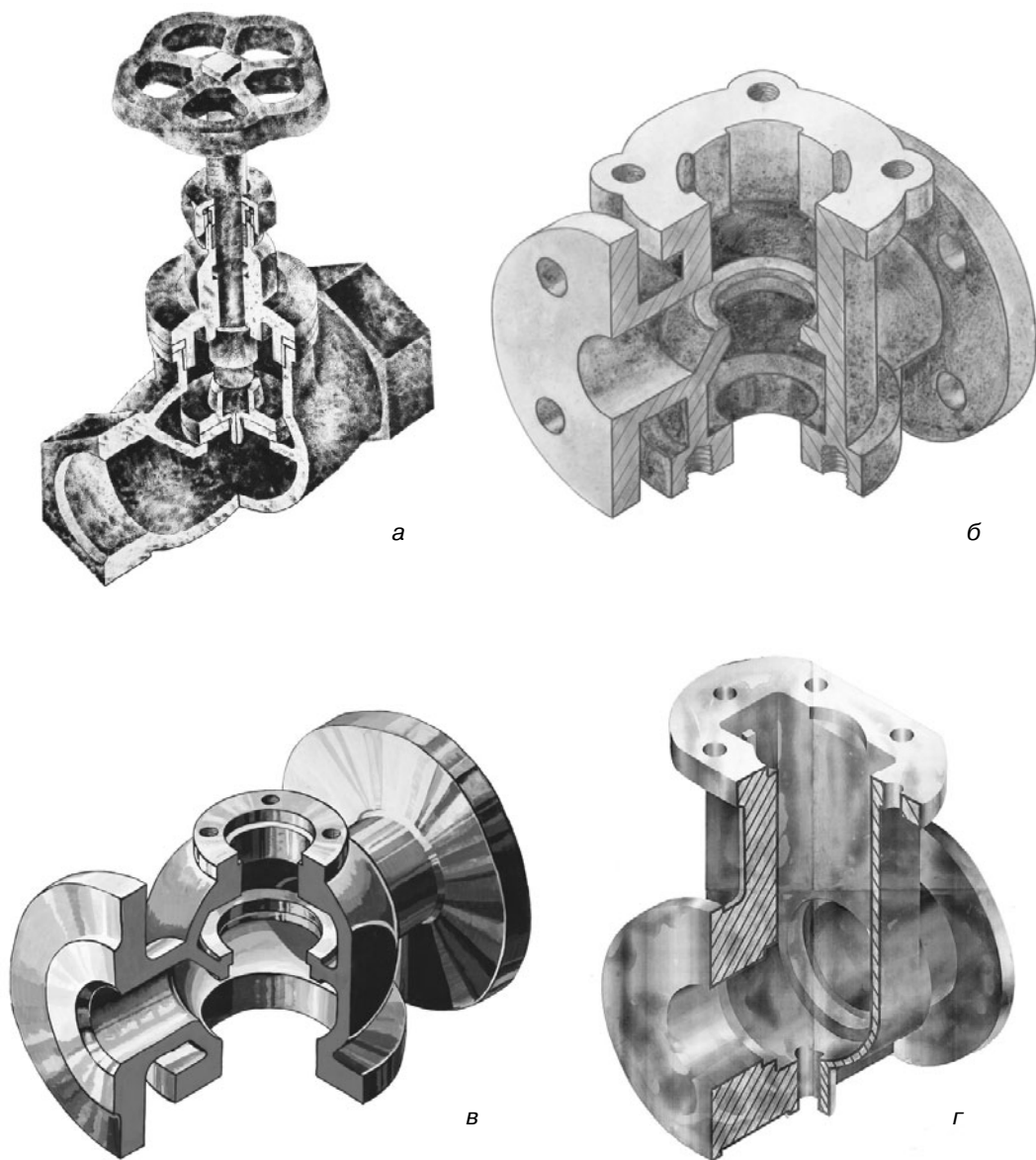


Рис. 29. а) тамповка. Устройство вентиля; б) акварель. Корпус вентиля; в) гуашь. Корпус вентиля; г) аппликация. Корпус задвижки (см. цв. вкл.)



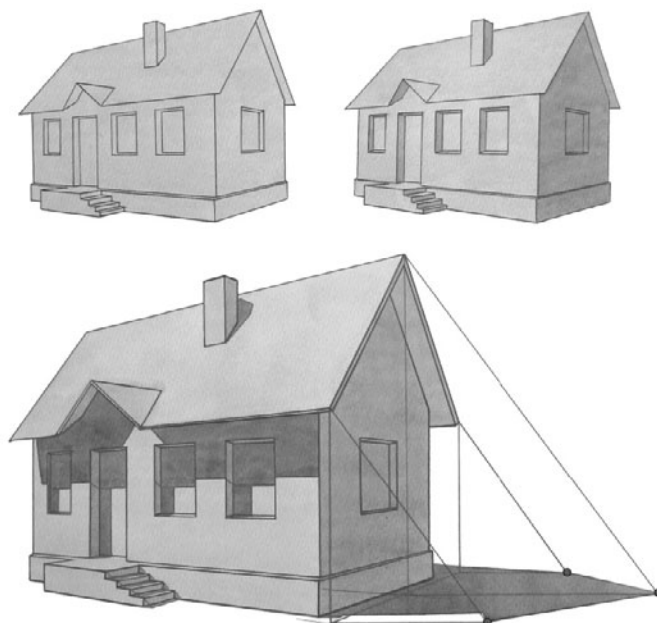
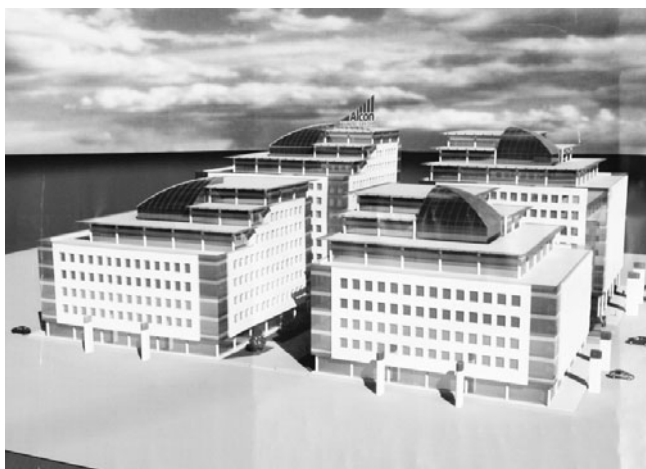


Рис. 30. Этапы выполнения отмывки. Учебный плакат (см. цв. вкл.)



а



б

Рис. 32. Компьютерная графика: а) британский линейный крейсер «Hood» 1940 г.; б) информационный плакат на стройке здания (см. цв. вкл.)

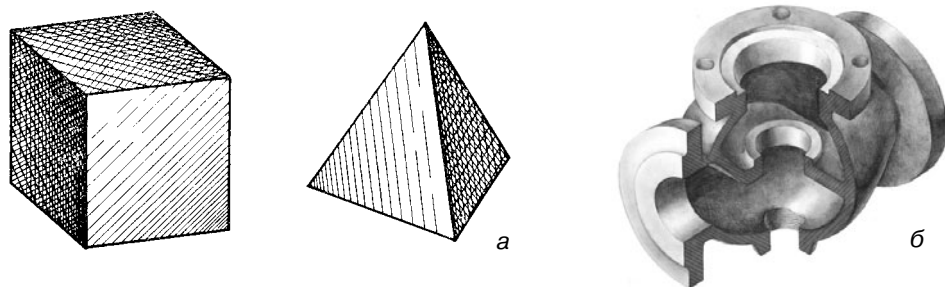


Рис. 33. Смешанные способы: а) штриховка + шраффировка; б) тушевка + акварель

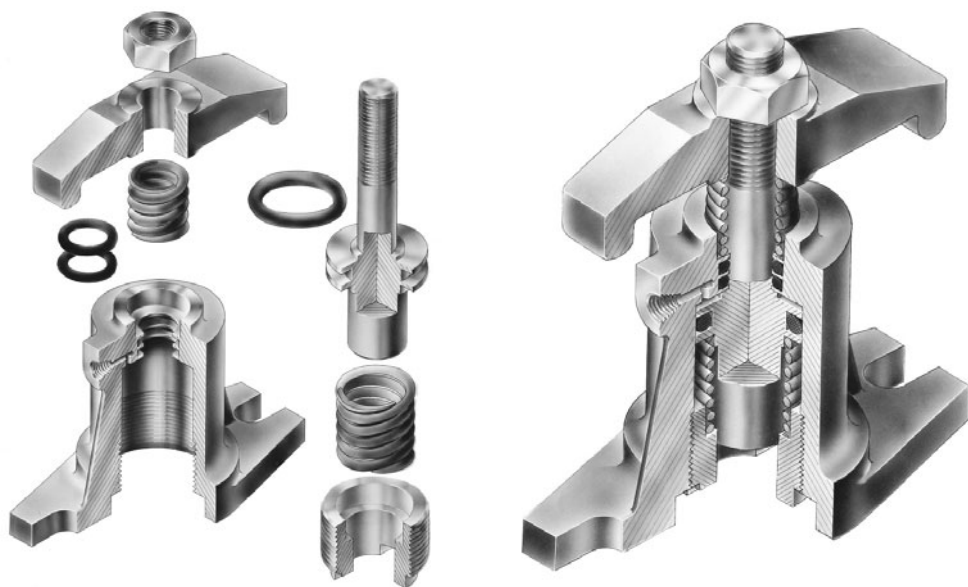


Рис. 31. Аэрография. Детали и устройство клапана (см. цв. вкл.)

**Отмывка** — акварелью, тушью (рис. 30).

**Аэрография** — от греческих *aer* — воздух, и *grapho* — пишу, буквально — «воздушная кисть», использование прибора для нанесения краски с помощью её распыления (рис. 31).

**Компьютерная графика** (рис. 32а, б)

**Смешанные способы.** Штриховка + шраффировка (рис. 33а), тушев-

ка простым карандашом + акварель (рис. 33б), и т.п.

Заметим, что *применение разных способов нанесения светотени на одном и том же техническом рисунке не рекомендуется*, так как нарушает единство восприятия и вносит определённую путаницу в чтение изображения.

## Области применения технических рисунков

Технические рисунки используются:

— В литературе: учебной (рис. 1а, 5б, 6б, 12, 33а), научно-популярной (рис. 9а, б), научной (рис. 34а), исторической (рис. 4, 6а, 11а, б; 13, 14, 17а, б; 21б, 24а, 26а, б), военной (рис. 5а, 27б, 32а) и т.д.

— В проектировании архитектуры (рис. 71а), интерьеров (рис. 71б), одежды (рис. 35а), бытовых предметов (рис. 35б) и др.

— В качестве наглядных учебных пособий (рис. 1б, 2а, 30, 31).

— В виде наглядных иллюстраций к чертежам (рис. 3а).

— В упаковке изделий (рис. 35в).

— В качестве учебных графических работ (рис. 2б, 22, 23, 25а, б; 27а; 29а-г).

— В средствах массовой информации (рис. 19, 32б).

— В геральдике (рис. 36а).

— В картографии (рис. 36б).

и множестве других областей, перечислить которые все невозможно.

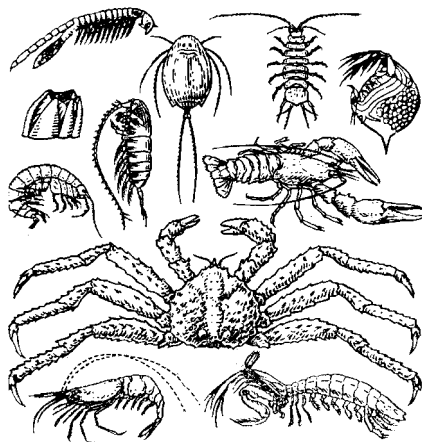


Рис. 34. Применение технического рисунка в научной литературе.

Ракообразные и бабочки. Рисунки из Энциклопедического словаря. 1964 г. (см. цв. вкл.)



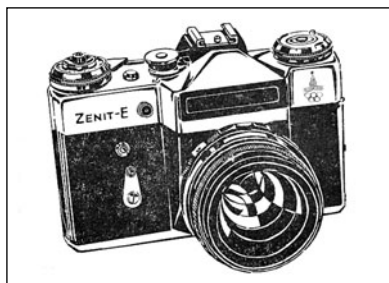
а



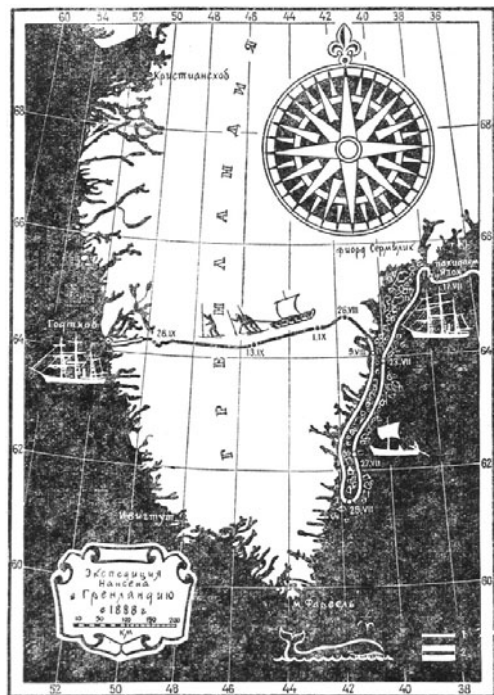
а



б



в



б

Рис. 35. Применение технического рисунка в проектировании: а) костюма; б) бытовых предметов; в) упаковки

Рис. 36. Применение технического рисунка: а) в геральдике — государственный герб Мальты; б) в картографии — экспедиция Фриттьофа Нансена в Гренландию

## Условности технического рисунка

Как мы видели, определённых способов выполнения, правил, «стандартов» для технического рисунка, в широком смысле, не существует. Главным руководством при рисовании является возможно более точное, подробное, наглядное отображение конструкции, устройства, геометрической формы изделия, и здесь «все способы хороши». Однако для изображения некоторых объектов, таких, как геометрические тела, модели, детали, сборочные единицы, бытовые предметы, т.е. изделий сравнительно небольших размеров, приняты некоторые правила, которые позволяют добиться согласованного подхода к рисованию. Технические рисунки, выполняемые по единым правилам, с применением оговоренных условностей, рисовать легче, проще, а полученные изображения могут быть «прочитаны» с наименьшими ошибками, если знать правила, по которым они рисовались. В дальнейшем мы будем рисовать перечисленные, или подобные им, объекты, и будем придерживаться следующих правил или условностей. Эти условности установлены «негласно», но их выполнение желательно, и облегчает рисование и восприятие технического рисунка.

1. *Технические рисунки рекомендуется выполнять по правилам аксонометрических проекций, ещё лучше и удобнее выбирать для рисования одну из «стандартных» аксонометрий — изометрию или диметрию.*

В наших технических рисунках мы будем соблюдать правила (приблизительно) прямоугольной изометрической проекции. По этим правилам рисовать удобно, и изображения получаются достаточно «наглядными» в большинстве случаев. Если изометрическая проекция не обеспечивает должной наглядности (например, при рисовании куба — см. рис. 8б), достаточно несколько изменить углы между аксонометрическими осями, и такое аксонометрическое изображение (триметрическое, но приближающееся к изометрии) может позволить устранить некоторые недостатки наглядности (рис. 8в). В необходимых случаях приходится отказаться от изометрии, и строить диметрию либо триметрию (произвольный аксонометрический рисунок).

2. *Световые лучи для построения светотени на технических рисунках считаются параллельными (солнечные лучи). При этом направление световых лучей принято сверху, слева, и от «зрителя», в глубину картины (рис. 1а, б, 2а, б и др.).*

3. *Фон, окружающие объект рисования предметы, падающие от объекта или его частей тени, на техническом рисунке, как правило, не изображаются. (рис. 1а, б; 2б; 4 и др.).*

В виде исключения, падающие тени иногда изображают для наилучшего выявления поверхности объекта (рис. 27а), отделения одной поверхности от другой (рис. 30).

«Предметы обстановки», окружающую объект среду, также иногда показывают на техническом рисунке для усиления его художественной выразительности (рис. 2а, 6а, 13, 17а, б).

4. Светотень на технических рисунках наносят одним из графических способов, перечисленных выше. Мы в наших учебных технических рисунках будем применять штриховку (рис. 21а), шраффировку (рис. 22), точечный способ (рис. 23), отмывку (рис. 2а, б; 30).

5. С целью выявления внутреннего, невидимого с внешней стороны, устройства предметов, на технических рисунках применяют разрезы. **Разрез** — это изображение пред-

мета, мысленно рассечённого одной или несколькими секущими плоскостями, при этом часть предмета, расположенная между секущими плоскостями и «зрителем», удаляется. На техническом рисунке, выполненном с применением разреза, изображают «фигуры сечений» предмета секущими плоскостями, и те контуры предмета, которые стали видны после мысленного удаления, отбрасывания отсечённой его части (рис. 29а-г, 31, 33б).

Особенно полезны разрезы для отображения конструкции, способов соединения составных частей изделий, собранных из нескольких деталей (рис. 1б, 29а, 31).

## Вопросы для повторения

1. Какие рисунки называются аксонометрическими и перспективными, в чём заключается их отличие?
2. Когда применяются перспективные рисунки, и когда аксонометрические? В чём заключаются их сравнительные преимущества и недостатки?
3. Какие аксонометрические проекции применяются при рисовании технических рисунков?
4. Какое определение можно дать техническому рисунку, как одному из видов графических изображений? Каково основное назначение технических рисунков?
5. В чём заключаются отличия технического и художественного рисунков, и в чём их сходство?
6. Какие изображения принято называть наглядными?
7. Какие недостатки наглядности могут иметь место на изображении предмета, и как их устранить?
8. Что называется глазомерным масштабом и как его использовать при рисовании?
9. Какие способы (техники исполнения) применяются при выполнении технических рисунков?
10. Где применяются технические рисунки?
11. Каковы основные условности, принятые в техническом рисунке?
12. В каких случаях на технических рисунках применяются разрезы, и как образуются разрезы?

# Лекция 2

## Рисование плоских многоугольников и многогранных геометрических тел. Нанесение светотени способами штриховки и шраффировки

1. Рисование правильных многоугольников — оснований правильных призм и пирамид. Рисование правильных призм. Нанесение светотени на поверхности призм способами штриховки и шраффировки.
2. Рисование правильных пирамид.

Рисовать правильные призмы и пирамиды удобно в следующем порядке:

1. Выбрать положение многогранника — сориентировать его грани, рёбра так, чтобы они стали по возможности параллельны или перпендикулярны координатным плоскостям и координатным осям натурального координатного трёхгранника, вместе с которыми предметы изображаются (проецируются) на плоскость аксонометрического рисунка. Тогда аксонометрическое изображение данных рёбер на рисунке будет параллельно аксонометрическому изображению координатных осей — аксонометрическим осям.

2. Нарисовать основание многогранника — правильный многоугольник.

3. Для призмы — нарисовать боковые параллельные между собой и равные по величине рёбра, концы которых представляют вершины второго основания. Для пирамиды — из центра основания провести высоту, отметить на ней вершину пирамиды, соединить её с вершинами основания и получить изображение боковых рёбер. Заметим, что *на технических рисунках невидимые очертания, линии, рёбра — не показываются*, в отличие от аксонометрических чертежей, где они иногда проводятся штриховой линией невидимого контура.

4. Нанести светотень.

### Рисование правильных многоугольников — оснований правильных призм и пирамид. Рисование правильных призм. Нанесение светотени на поверхности призм способами штриховки и шраффировки

Рисование куба (рис. 37а-ж) начинаем с выбора его положения, при котором рёбра основания (квадрат —

рис. 37а) будут параллельны или совпадать с аксонометрическими осями  $x$  и  $y$ . Рисуем систему аксо-

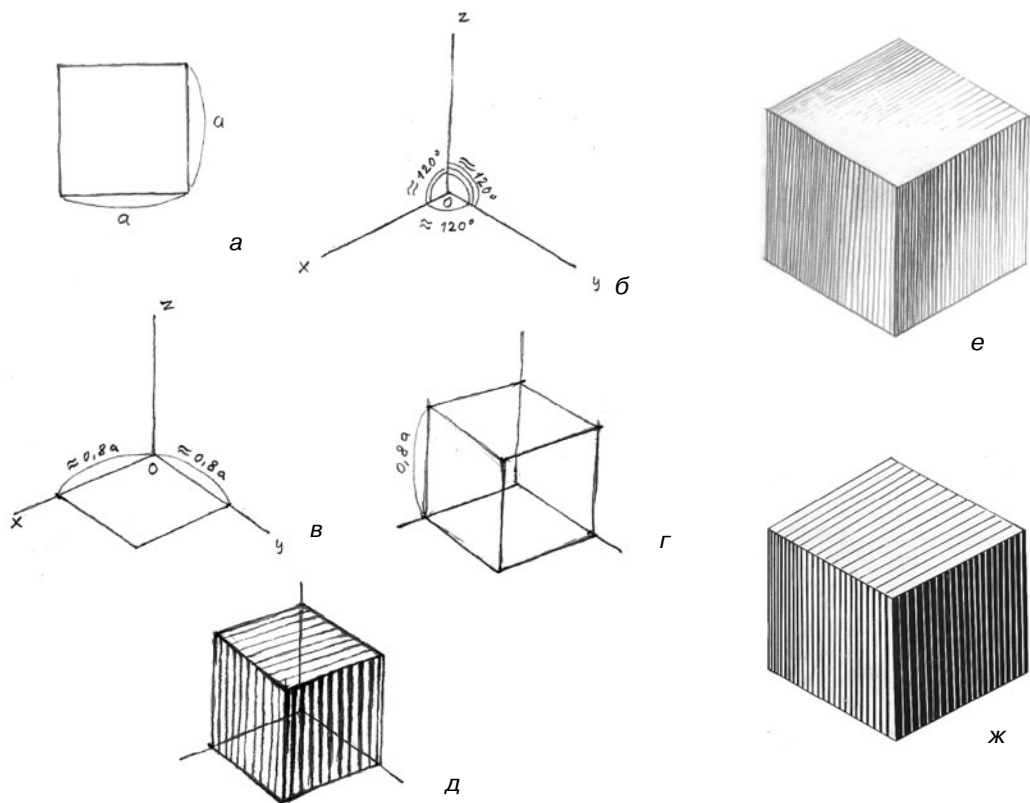


Рис. 37. Рисование квадрата и куба

нометрических осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , приблизительно составляющих между собой равные углы (120 градусов), как в изометрической аксонометрии (рис. 37б). Совмещаем дальнюю от «зрителя» вершину нижнего основания куба с началом координат — точкой пересечения осей  $O$ . Откладываем на осях  $x$  и  $y$  от точки  $O$  равные «на глаз» отрезки, соответствующие выбранной длине рёбер куба. Если мы хотим, чтобы на нашем рисунке величина изображения куба в целом приблизительно равнялась его натураль-

ным размерам, заданным на рис. 37а, нужно учесть, что длина рёбер куба (как и любых других отрезков), параллельных координатным осям, будет на изображении искажаться — уменьшаться примерно в 0,8 раза, так как эти рёбра были наклонны к плоскости рисунка при проецировании — под равными углами. Поэтому нужно на нашем рисунке уменьшить величину длины рёбер (размер  $a$  на рис. 37а) и отложить на осях приблизительно  $0,8a$  — рис. 37в. Далее завершаем построение основания, проводя



вторую пару рёбер параллельно соответствующим осям. Отметим, что изображение основания — квадрата — параллелограмм, близкий в нашем примере к ромбу. Из вершин основания проводим вертикальные рёбра, и откладываем на них примерно 0,8а. Можно обвести контур верхнего основания (рис. 37г). Чтобы не получилось неудачных «накладок» контуров передних рёбер и вершины куба на задние (хотя и невидимые) и образования изображения куба «идеально правильного для изометрии», но не очень удачного с точки зрения наглядности, можно слегка изменить величины длин рёбер, параллельных либо оси  $x$ , либо  $y$ , или  $z$ . Все грани куба таким образом на нашем аксонометрическом рисунке предстанут в виде близких к ромбу параллелограммов. В заключение наносим светотень способом штриховки. Штрихи — параллельные линии — должны подчёркивать, выявлять плоскость каждой грани. По возможности, *следует проводить направление штрихов параллельно тем аксонометрическим осям, которые параллельны грани, плоскости предмета.* В данном примере штрихи параллельны рёбрам куба. Считая направление световых лучей сверху слева и от «зрителя», определим, что освещены верхняя и левая грани куба. На правую грань световые лучи хотя и попадают, но «скользят» под более острым углом, поэтому она самая тёмная. Левая и правая грани освещены примерно одинаково, но *на рисунке нужно обязательно выявить разницу освещённости разных по-*

*верхностей, чтобы сделать его более информативным, живым.* Поэтому предположим, что световые лучи падают на верхнюю грань под несколько большим углом, и она светлее левой боковой — см. рис. 37д. Для усиления впечатления «объёмности» показываем рефлекс в теневой грани — это незначительная «подсветка» тени отражённым от окружающих предметов светом. *Хотя «окружающие предметы» на технических рисунках условно не показываются, рефлекс, как средство выявления формы поверхности предмета, всегда используется. Направление отражённых от «окружающих предметов» световых лучей (рефлекса) выбирается противоположно направлению основного освещения.* И ещё одно свойство рефлекса. *Рефлекс никогда не может быть светлее, чем освещённая часть поверхности предмета.* Таким образом на рис. 37д слегка «подсвечен» правый нижний угол теневой грани. Чтобы ещё более «оживить» рисунок, приблизить к «зрителю» передние рёбра и вершину куба, используем эффект контраста между светлыми и тёмными гранями: *на границе между ними свет на более светлой грани усиливается, тень на более тёмной грани так же усиливается.* Достигнуть этого можно как частотой штрихов, так и увеличением или уменьшением толщины штриха. В необходимых случаях можно подчеркнуть (сделать толще) обводку ближайших рёбер куба, а удалённые контуры обводить тоньше и мягче — использовать свето-воздушную пер-

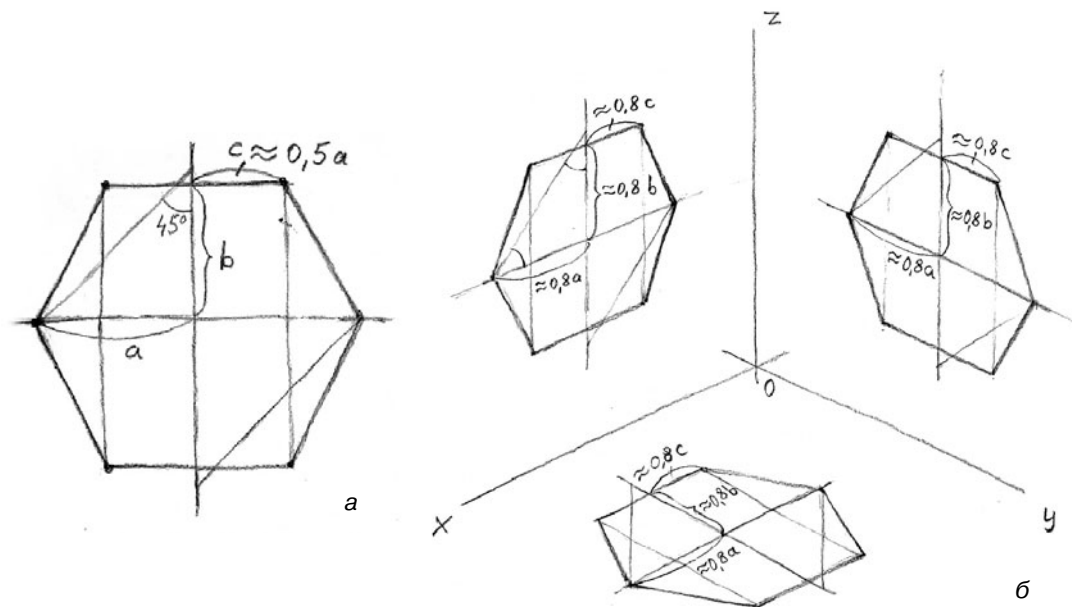


Рис. 38. Рисование правильного шестиугольника

спективу. На рис. 37ж рисунок куба выполнен тушью.

Рисование правильного шестиугольника — основания правильных призм и пирамид показано на рис. 38а, б. На рис. 38а — проекция шестиугольника на параллельную ему плоскость (рисунок). Определяем в правильном шестиугольнике взаимно-перпендикулярные направления, которые, затем, при построении его аксонометрического изображения будем располагать параллельно аксонометрическим осям. Такими направлениями являются диагональ и прямая, соединяющая середины противоположных (параллельных) сторон. Заметим, что величина последней прямой меньше, чем величина диагонали (на рис. 38а размер  $b$  меньше чем

а приблизительно на  $1/7$ ). На рис. 38б шестиугольник нарисован в трёх положениях, когда его плоскость параллельна координатным плоскостям  $xOy$ ,  $xOz$ ,  $zOy$ , диагональ параллельна осям  $x$  и  $y$ , прямая ей перпендикулярная (соединяющая середины сторон) параллельна осям  $y$ , и  $z$ . Чтобы размеры аксонометрического изображения шестиугольника на рис. 38б в целом примерно равнялись заданным размерам шестиугольника на рис. 38а, нужно откладывать на рис. 38б приблизительно 0,8 от истинных величин (рис. 38а) соответствующих размеров.

На рис. 39а-е построен технический рисунок правильной шестигранной призмы, имеющей основание — шестиугольник в горизонтальной

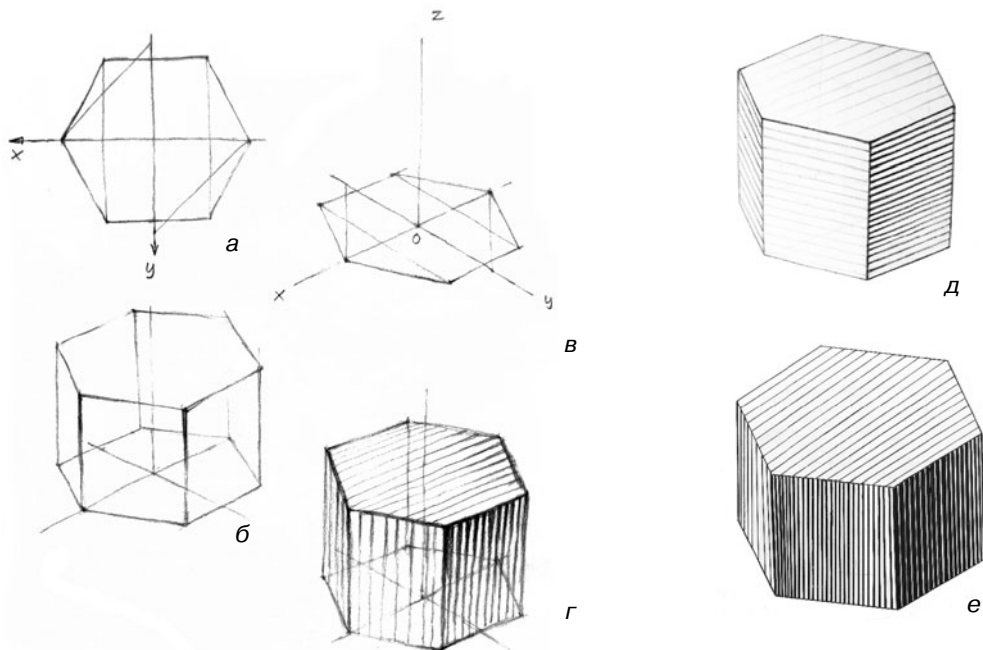


Рис. 39. Рисование правильной шестигранной призмы

( $xOy$ ) плоскости. Из каждой вершины построенного ранее шестиугольника основания (нижнего на рис. 39) проведены вверх параллельно оси  $z$  боковые рёбра, и на них отложена одинаковая величина, равная 0,8 выбранной высоты призмы — получены вершины верхнего основания. После этого можно провести стороны верхнего основания, проверяя, чтобы они оказались параллельны соответствующим сторонам нижнего, и чтобы изображения боковых граней были действительно параллелограммами. На рис. 39е изображение призмы выполнено тушью.

На рис. 40 правильная шестигранная призма «лежит» на горизонтальной плоскости ( $xOy$ ), а её основание

параллельно профильной ( $zOy$ ) плоскости. Боковые рёбра в этом случае параллельны оси  $x$ . Светотень нанесена способом перекрёстной штриховки — шраффировки. Направление штрихов в боковых гранях удобно выбирать параллельно взаимно-перпендикулярным (в пространстве) рёбрам этих граней. Для основания призмы, расположенной в данном случае параллельно плоскости  $zOy$ , одно направление штриховки будет параллельно оси  $y$  (диагонали шестиугольника), другое параллельно оси  $z$  (прямой, соединяющей середины противоположных сторон).

В правильном пятиугольнике (рис. 41а) можно найти следующие взаимно-перпендикулярные направ-

ления прямых: диагональ и параллельная ей сторона пятиугольника перпендикулярны высоте, проходящей через их середины. Заметим, что центр пятиугольника не находится в точке пересечения диагонали и высоты. Приблизительные соотношения величин элементов пятиугольника выбираем относительно размера его полудиagonали (рис. 41а). Далее рисуем наглядное изображение пра-

вильного пятиугольника (рис. 41б), расположенного параллельно координатным плоскостям. Ориентируем высоту и диагональ параллельно соответствующим аксонометрическим осям и откладываем от точки пересечения диагонали и высоты относительные величины элементов пятиугольника, параллельных тем или иным аксонометрическим осям. Чтобы на рисунке размеры пятиугольника не

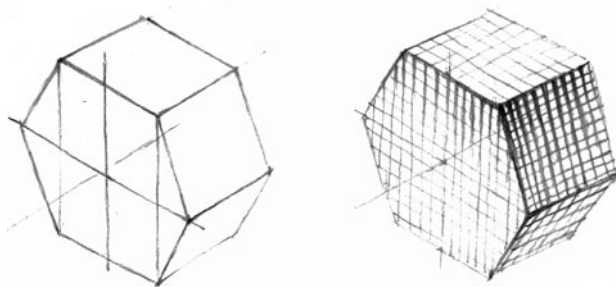


Рис. 40. Рисование правильной шестигранной призмы

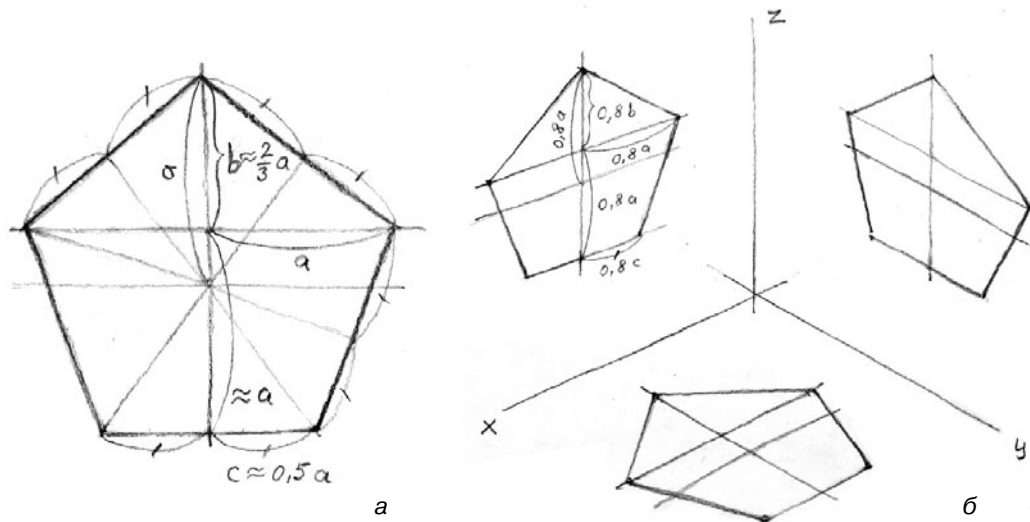


Рис. 41. Рисование правильного пятиугольника

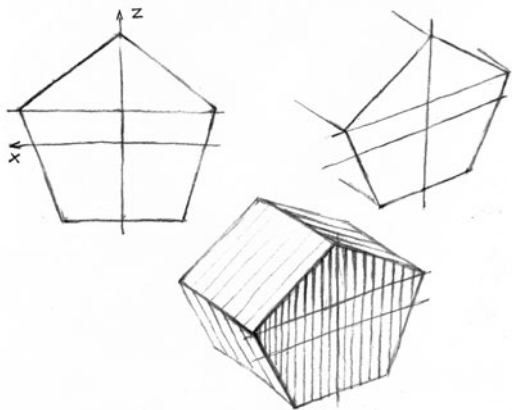


Рис. 42. Рисование правильной пятиугольной призмы

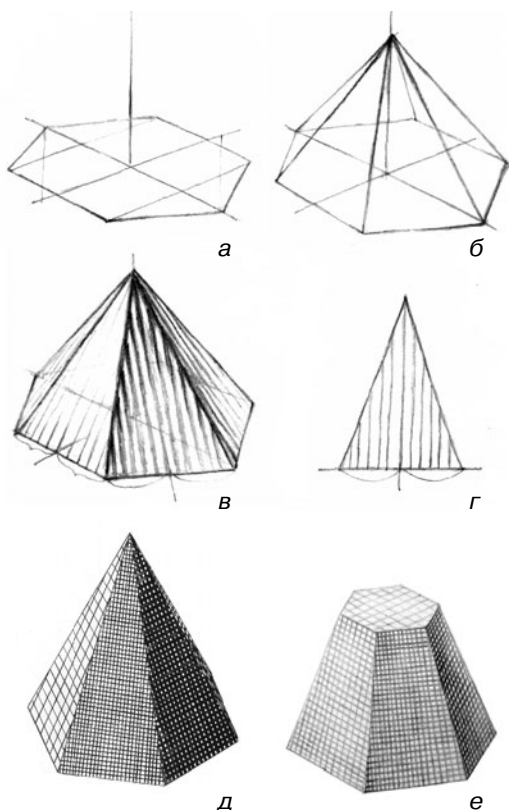


Рис. 43. Рисование правильной шестигранной пирамиды

получились увеличенными по сравнению с его истинной величиной (заданной, например, на рис. 41а), уменьшаем каждый элемент ( $a, b, c$ ) в 0,8 раза.

На рис. 42 нарисована правильная пятиугольная призма, основания которой параллельны плоскости  $xOz$ , боковая грань «лежит» в плоскости  $xOy$ , боковые рёбра параллельны оси  $y$ .

### Рисование правильных пирамид.

Пирамиду при рисовании лучше ориентировать так, чтобы её основание было параллельно той или иной координатной плоскости, элементы правильного многоугольника, являющегося основанием — параллельно соответствующим осям координат. Тогда высота, проходящая у правильных пирамид через центр основания, будет также параллельна координатной оси.

Рисование правильной шестигранной пирамиды (рис. 43а-е) начинается с построения основания по тем же соотношениям, которые были использованы выше при рисовании призмы (рис. 43а). Далее из центра основания проводится высота пирамиды, параллельная в данном примере оси  $z$ . Выбрав и отметив на высоте вершину пирамиды, можно проводить направления боковых рёбер (рис. 43б). При нанесении светотени способом штриховки следует учесть следующее. Каждая видимая на рисунке боковая грань пирамиды (основание вообще не видно) изобразилась в виде треугольника с разной степенью искажения. Направление штриховки нужно выбирать так, чтобы она была равнонаклонённой к двум боковым сторонам треугольника, яв-

ляющимся изображением боковых рёбер пирамиды. На рис. 43в таким направлением штриховки выбрана высота треугольника (у равнобедренных треугольников совпадающая с их медианой). Справа от наглядного изображения пирамиды (рис. 43г) показан истинный вид боковой грани с нанесённой штриховкой. Сначала основание треугольника делится пополам, затем через эту точку проводится высота, далее можно остальные штрихи проводить параллельно построенной высоте. На наглядном изображении поступаем аналогично: находим середины оснований на изображении каждой грани, соединяем с вершиной пирамиды и получаем направление штриховки в этих гранях. На рис. 43д изображение шестигран-

ной пирамиды выполнено тушью, светотень нанесена шраффировкой. При этом одно направление штрихов выбрано параллельно высотам треугольников граней, как в предыдущем примере, другое, перекрёстное — параллельно рёбрам основания пирамиды. На рис. 43е шестигранная пирамида усечена плоскостью, параллельной основанию.

Рисование правильной пятиугольной пирамиды проводится в том же порядке, при этом надо помнить, что центр пятиугольника не совпадает с точкой пересечения его диагонали и высоты, поэтому центр сначала нужно определить, а затем строить высоту пирамиды и задавать её вершину — рис. 44а-г. Основные соотношения и ориентировка элементов

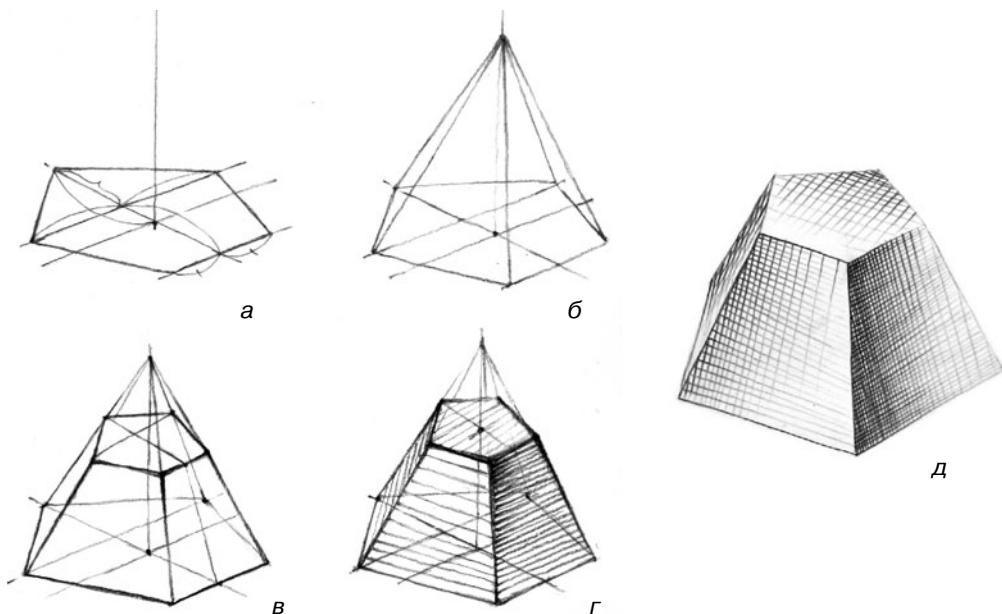


Рис. 44. Рисование правильной усечённой пятиугольной пирамиды

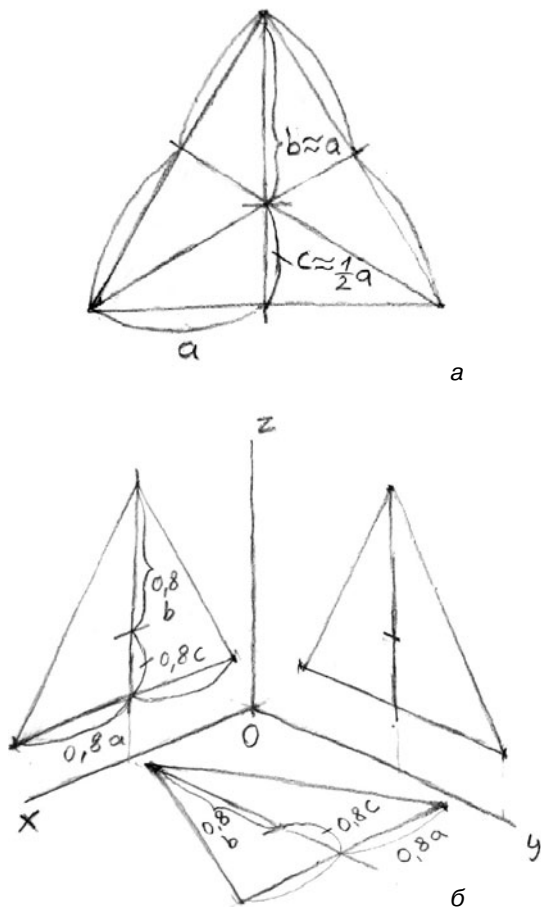


Рис. 45. Рисование правильного треугольника

правильного пятиугольника при рисовании рассмотрены при описании рис. 41а, б.

На рис. 44 выполнен технический рисунок усечённой пятиугольной пирамиды. Отметим, что здесь для построения верхнего основания использована построенная ранее вершина пирамиды и её боковые рёбра, проведённые для удобства полно-

стью. Далее, на одном из боковых рёбер, в соответствии с выбранной высотой верхнего основания пирамиды, отмечаем точку — одну из вершин верхнего основания. Из этой точки можно проводить рёбра верхнего основания последовательно параллельно рёбрам нижнего.

Штриховка для нанесения светотени на рис. 44г построена также равнонаклонённая к боковым рёбрам, но здесь она параллельна рёбрам оснований.

При рисовании правильного треугольника (рис. 45а) в качестве взаимно-перпендикулярных направлений выбираем сторону и высоту, являющуюся одновременно медианой. Заметим, что центр треугольника расположен на его высоте и делит её приблизительно в отношении 1: 2, его также можно определить в точке пересечения высот (медиан) треугольника. Остальные соотношения элементов показаны на рис 45а. Рисование правильного треугольника, расположенного параллельно координатным плоскостям представлено на рис. 45б. Здесь одна из сторон треугольника выбирается параллельно одной из аксонометрических осей, высота параллельна другой аксонометрической оси, принадлежащей той же плоскости. Например, проведя параллельно оси  $x$  направление стороны треугольника, расположенного в плоскости  $xOy$ , отмечаем её середину и откладываем от неё по половине выбранной величины стороны и получаем две вершины треугольника. Если рисунок должен по размерам соответствовать

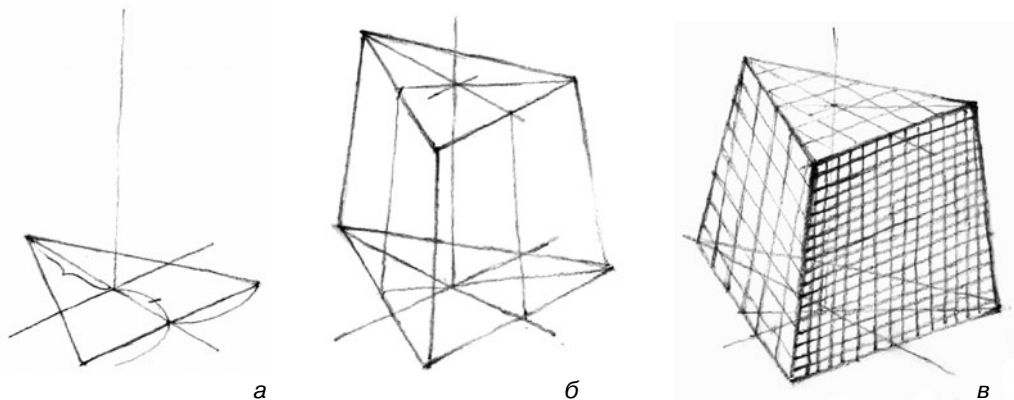


Рис. 46. Рисование правильной треугольной усечённой пирамиды

величине заданного на рис. 45а треугольника, все натуральные (истинные) величины, измеряемые параллельно осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  уменьшаем примерно в 0,8 раза, поэтому от середины стороны треугольника на рис. 45б отложено в обе стороны по 0,8 размера  $a$ , заданного на рис. 45а. Далее проводим высоту треугольника параллельно оси  $y$ , откладываем на ней от основания приблизительно половину половинки стороны — 0,8с и получаем центр треугольника. От него нужно отложить на высоте ещё половинку стороны — 0,8b на рис. 45б — и мы отметим изображение третьей вершины правильного треугольника.

Рисование правильной усечённой треугольной пирамиды показано поэтапно на рис. 46а-в. Сначала рисуем нижнее основание — изображение правильного треугольника, параллельного плоскости  $xOy$ . При построении верхнего основания предположим, что вершина пирамиды недоступна (слишком высоко). Построим

центр нижнего основания, проведём высоту усечённой пирамиды и отметим центр верхнего основания. Затем рисуем изображение ещё одного правильного треугольника, подобного нижнему, но несколько меньших размеров. Проверяем, чтобы соответствующие стороны треугольников верхнего и нижнего оснований были параллельны между собой. Далее можно проводить боковые рёбра.

Для нанесения светотени на рис. 46в использована шраффировка. Одно направление штрихов — параллельно сторонам треугольников оснований. Для определения второго (перекрёстного) направления штрихов в каждой боковой грани построена прямая, соединяющая середины параллельных сторон оснований. Направления штрихов в плоскости верхнего (видимого) основания: одно — параллельно оси  $x$ , или соответствующей стороне треугольника, другое — параллельно оси  $y$ , или высоте треугольника.



## Вопросы для повторения

1. Какова последовательность рисования многогранника?
2. Как нужно ориентировать многогранник относительно координатных осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ? Как на рисунке ориентируются изображения основных элементов многогранника (рёбер, граней, высот, осей и т.п.) относительно аксонометрических осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ?
3. Каковы этапы рисования правильных многоугольников (треугольника, квадрата, пятиугольника, шестиугольника), являющихся основаниями куба, параллелепипеда, правильных призм и пирамид?
4. Как построить второе основание правильных многогранников и их боковые грани? Как построить основания и боковые грани усечённой правильной пирамиды?
5. Как определить, какие грани многогранника освещены, или находятся в тени, и какие находятся в полутонах (по каким свет «скользит»)? Как выявить, отделить на рисунке друг от друга смежные освещённые, или затенённые грани?
6. Какие способы нанесения светотени удобно использовать при рисовании многогранников?
7. Как определить направление штриховки на рисунке куба, призмы, полной и усечённой пирамиды?
8. Каковы правила выполнения шраффировки?
9. Как использовать светотеневой контраст, рефлекс, воздушную перспективу для наилучшего выявления пространственной формы многогранников на рисунке?

## Практическое задание

Нарисуйте куб, правильную призму, правильную полную или усечённую пирамиду. Желательно, чтобы у правильной призмы и пирамиды в основании не находился квадрат, как у куба, и основания призмы и пирамиды представляли различные правильные многоугольники (у призмы шестиугольник, у пирамиды пятиугольник, или наоборот). Нанесите светотень, используя два способа: штриховку и шраффировку (для какого из изображений выбрать штриховку, а для какого шраффировку — определите самостоятельно).

Формат работы А3, материал — простой графитный карандаш.

**Примеры выполненных заданий см. рис. 37е, ж, 39д, е, 43д, е, 44д.**

# Лекция 3

## **Рисование окружности и геометрических тел вращения (цилиндр, конус, шар). Распределение светотени на поверхности тел вращения. Способ пуантеле**

1. Рисование эллипсов — аксонометрических изображений окружностей.
2. Рисование цилиндра. Распределение светотени на поверхности цилиндра.
3. Рисование полного и усечённого конуса. Светотень на поверхности конуса.
4. Рисование шара. Светотень на поверхности шара. Способ пуантеле.

При рисовании очертаний различных геометрических тел вращения, мы встречаемся с задачей построения аксонометрического изображения окружностей, составляющих

части очерка — изображения оснований цилиндров и конусов, параллелей, экваторов и меридианов шара и тора, других криволинейных поверхностей вращения.

### **Рисование эллипсов — аксонометрических изображений окружностей**

Известно, что окружность может проецироваться (изображаться) на плоскости чертежа (рисунка) при прямоугольном направлении проецирующих прямых (которые можно считать и «лучами зрения», выходящими из бесконечно удалённой «точки зрения») в виде трёх возможных линий. Первый вариант. Если плоскость окружности параллельна плоскости чертежа (рисунка), окружность изобразится в виде окружно-

сти, причём равной истинной величине натуральной, изображаемой, окружности. Второй вариант. Если плоскость окружности перпендикулярна плоскости, на которой строится её изображение, то изобразится она в виде отрезка, равного диаметру натуральной окружности. Третий вариант. Если плоскость окружности не параллельна и не перпендикулярна плоскости чертежа, рисунка, а наклонна под некоторым произволь-

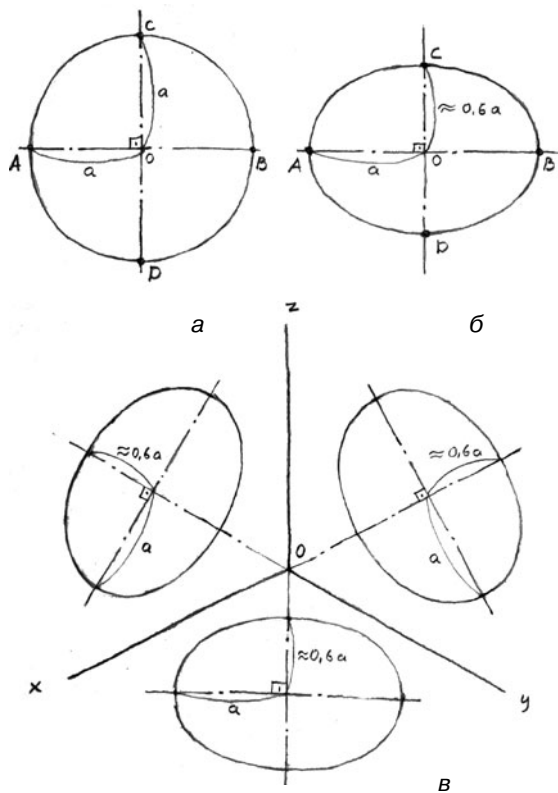


Рис. 47. Рисование эллипсов — аксонометрических (изометрических) изображений окружностей

ным углом, то изображением её будет кривая линия — **эллипс** (рис. 47б). Именно этот, третий, случай имеет при рисовании тел вращения наибольшее значение. Как было отмечено ранее, любой объект должен быть правильно, наиболее удобно сориентирован в пространстве относительно координатных осей  $x, y, z$ , и координатных плоскостей  $xOy, xOz, zOy$ , тогда на рисунке соответствующие элементы предмета расположатся параллельно аксонометрическим

осям  $x, y, z$ , и, зная как искажаются величины размеров, измеряемых параллельно этим осям, направлениям, можно строить рисунок этих элементов достаточно точно и уверенно. При рисовании тел вращения их оси вращения располагают параллельно какой-либо координатной оси, тогда их основания расположатся параллельно соответствующей координатной плоскости (перпендикулярной этой оси). Например, на рис. 48 и 49а при положении оси цилиндра параллельно координатной оси  $z$  основания его параллельны координатной плоскости  $xOy$ , что на рисунке передаёт впечатление «стоящего» на горизонтальной плоскости цилиндра. Отметим, что координатная плоскость  $xOy$  (как и  $xOz$  и  $zOy$ ) наклонна к плоскости проекций (плоскости нашего рисунка), и окружности оснований цилиндра должны изображаться на рисунке в виде эллипсов. Если ось цилиндра параллельна оси  $y$ , основания будут параллельны плоскости  $xOz$ , и также изобразятся в виде эллипсов, однако, как это видно на рис. 48—49, «наклон» эллипсов будет иной, а рисунок будет передавать впечатление «лежащего» на горизонтальной плоскости цилиндра. Если ось цилиндра расположить параллельно оси  $x$ , основания его оказываются параллельны плоскости  $zOy$  и изобразятся в виде эллипсов с другим «наклоном», а сам рисунок будет передавать впечатление «лежащего» цилиндра с другим поворотом. Как построить рисунки эллипсов, изображающих окружности, параллельные

координатным плоскостям? Вспомним сначала основные элементы эллипса как прямоугольной проекции окружности.

Предположим, некоторая окружность (рис. 47а), плоскость которой была наклонна к плоскости чертежа или рисунка, изобразилась при проецировании на эту плоскость в виде эллипса (рис. 47б). Тогда **центр эллипса** — точка  $O$  — будет являться проекцией центра окружности. **Большая ось эллипса  $AB$**  — наибольший диаметр эллипса — станет проекцией того диаметра окружности, который при проецировании был параллелен плоскости чертежа, и, поэтому, не искажился, а изобразился в натуральную величину, в отличие от всех других диаметров окружности, наклонных под разными углами к плоскости чертежа и искажившихся с разной степенью уменьшения. Один из диаметров эллипса — наименьший — **малая ось эллипса ( $CD$  на рис. 47б)** — является проекцией диаметра окружности, наклонного к плоскости чертежа под наибольшим углом и перпендикулярного тому диаметру, который был параллелен плоскости чертежа и проецировался в виде большой оси эллипса.

*В эллипсе большая и малая оси взаимно перпендикулярны и являются его осями симметрии. Большая ось эллипса — прямоугольной проекции окружности — равна по величине диаметру проецируемой окружности. Величина малой оси эллипса зависит от угла наклона плоскости окружности к плоскости*

*проекции. В случае расположения проецируемой окружности параллельно одной из координатных плоскостей при построении изометрической аксонометрической проекции (изометрического технического рисунка) малая ось эллипса — проекции этой окружности — приблизительно равна  $0,6$  диаметра окружности.*

Представим, далее, что плоскость изображаемой (проецируемой) окружности последовательно располагается параллельно координатным плоскостям  $xOy$ ,  $xOz$ ,  $zOy$  и изображается на плоскости нашего рисунка (рис. 47в). Как определить «наклон» эллипсов — аксонометрических изображений этой окружности в каждом из трёх возможных положений?

*Большая ось эллипса — аксонометрической проекции окружности — перпендикулярна той аксонометрической оси, которая не принадлежит плоскости окружности.*

Используя эти два правила, рисуем эллипсы — аксонометрические изображения некоторой окружности заданного радиуса (величина  $a$  на рис. 47) в трёх положениях — когда окружность параллельна каждой из координатных плоскостей.

Предположим, окружность расположена параллельно плоскости  $xOy$  (рис. 47в). Строим направление большой оси эллипса, который будет изображением данной окружности. В плоскости  $xOy$  не расположена аксонометрическая ось  $z$ , поэтому большая ось этого эллипса перпендикулярна направлению оси  $z$ , а малая ось — перпендикулярна большой —

совпадает с направлением  $z$ . В пересечении большой и малой осей находится центр эллипса. Откладываем от центра влево и вправо на направлении большой оси величину радиуса (размер  $a$  на рис. 47в) заданной окружности — большая ось эллипса равна натуральной величине диаметра окружности. Концы большой оси таким образом построены. Далее откладываем от центра эллипса на направлении малой оси в обе стороны (вверх и вниз в данном случае) приблизительно по 0,6 размера радиуса ( $0,6a$ ) и получаем концы малой оси. Теперь можно, ориентируясь на величины и направление осей эллипса и используя его симметрию относительно данных осей, провести линию эллипса от руки. Зная свойства и характер кривой линии эллипса, при некотором навыке можно достаточно уверенно и верно рисовать эллипс, используя только эти элементы, особенно если рисунок невелик по размеру. При больших размерах рисунка можно построить дополнительные точки эллипса. В наших технических рисунках, без особой необходимости, дополнительные точки эллипса мы строить и использовать не будем, а будем всемерно тренировать глазомер, рисование линий эллипсов «от

руки», по четырём точкам — концам большой и малой оси.

Если плоскость окружности параллельна координатной грани  $xOz$ , при рисовании эллипса — её проекции, выбираем направление большой оси эллипса перпендикулярно аксонометрической оси  $y$ , не принадлежащей плоскости  $xOz$ . Малая ось этого эллипса совпадает с направлением оси  $y$ . Далее откладываем размер радиуса окружности ( $a$ ) без искажения от центра эллипса на его большой оси, и 0,6 радиуса ( $0,6a$ ) — на малой оси. Определится «наклон» и концы осей эллипса — изображения данной окружности, параллельной плоскости  $xOz$ . Можно провести линию эллипса.

Когда плоскость окружности параллельна плоскости  $zOy$ , большая ось эллипса — её проекции — перпендикулярна аксонометрической оси  $x$ , не принадлежащей этой плоскости. Малая ось — совпадает с направлением оси  $x$ . Далее, от центра эллипса, откладываем на направлении большой оси в обе стороны по натуральной величине радиуса окружности ( $a$ ), на направлении малой оси — по 0,6 радиуса ( $0,6a$ ). Определив таким образом «наклон» и концы осей эллипса, можно его обвести.

### **Рисование цилиндра. Распределение светотени на поверхности цилиндра**

Используем рис. 47 для рисования очерка цилиндра в трёх положениях, когда его основания параллельны координатным плоскостям («продолжение» рис. 47 смотрим на рис. 48).

Если основание цилиндра параллельно плоскости  $xOy$ , его аксонометрическим изображением будет эллипс с большой осью, перпендикулярной оси  $z$ . Высота этого цилиндра

совпадает с направлением  $z$ . Изображение второго основания цилиндра — точно такой же эллипс, как и первый, с теми же по направлению и величине осями. Отметим, что контурные образующие цилиндра совпадают с направлением его высоты, (в данном случае — оси  $z$ ), касаются эллипсов в точках, являющихся концами больших осей, и перпендикулярны большим осям эллипсов — изображений окружностей оснований. Величина высоты цилиндра, как и прочие размеры, измеряемые параллельно координатным осям  $x$ ,  $z$ ,  $y$ , искажается при проецировании на плоскость рисунка — уменьшается в 0,8 раза.

Если основания цилиндра параллельны плоскости  $xOz$ , большие оси эллипсов — изображений окружностей оснований — перпендикулярны оси  $y$ , высота и контурные образующие этого цилиндра совпадают с направлением оси  $y$ . В данном положении цилиндр можно представить «лежащим» на горизонтальной плоскости — касающимся её своей боковой поверхностью.

Когда основания цилиндра параллельны плоскости  $zOy$ , большие оси эллипсов — изображений оснований перпендикулярны оси  $x$ , высота и контурные образующие совпадают с направлением оси  $x$ . Цилиндр в этом положении также «лежит» на горизонтальной плоскости, но с другим поворотом.

Светотень на поверхности цилиндра в рассмотренных трёх его положениях показана на рис. 49а. Здесь можно наблюдать все элементы светотени —

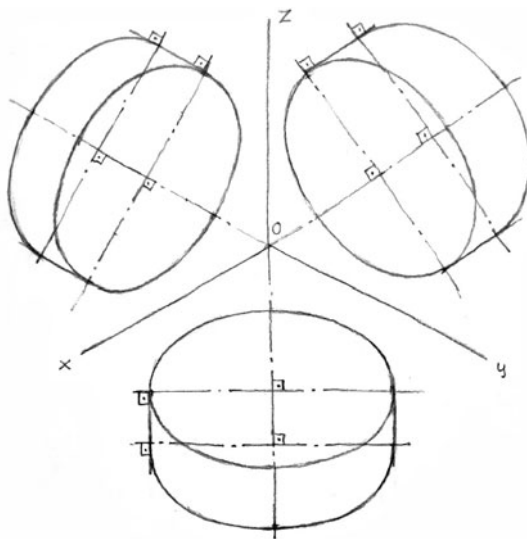


Рис. 48. Рисование очерка цилиндра

на боковой, собственно цилиндрической, поверхности. Начинать нанесение светотени лучше с определения местоположения границы собственной тени. Для цилиндра её расположение примерно на  $1/4$  части боковой поверхности, считая от контурной образующей, наиболее удалённой от источника света. В теневой части, касательно с контурной образующей, расположен рефлекс, который не может быть светлее любого участка освещённой поверхности. Освещённая поверхность содержит переходы от наиболее светлого — блика — к полутонам к границе тени. Блика может и не быть, если поверхность не блестящая, а матовая. Заметим, что все переходы освещённости на боковой поверхности цилиндра, как и других поверхностях вращения, должны быть плавными, без резких изменений.

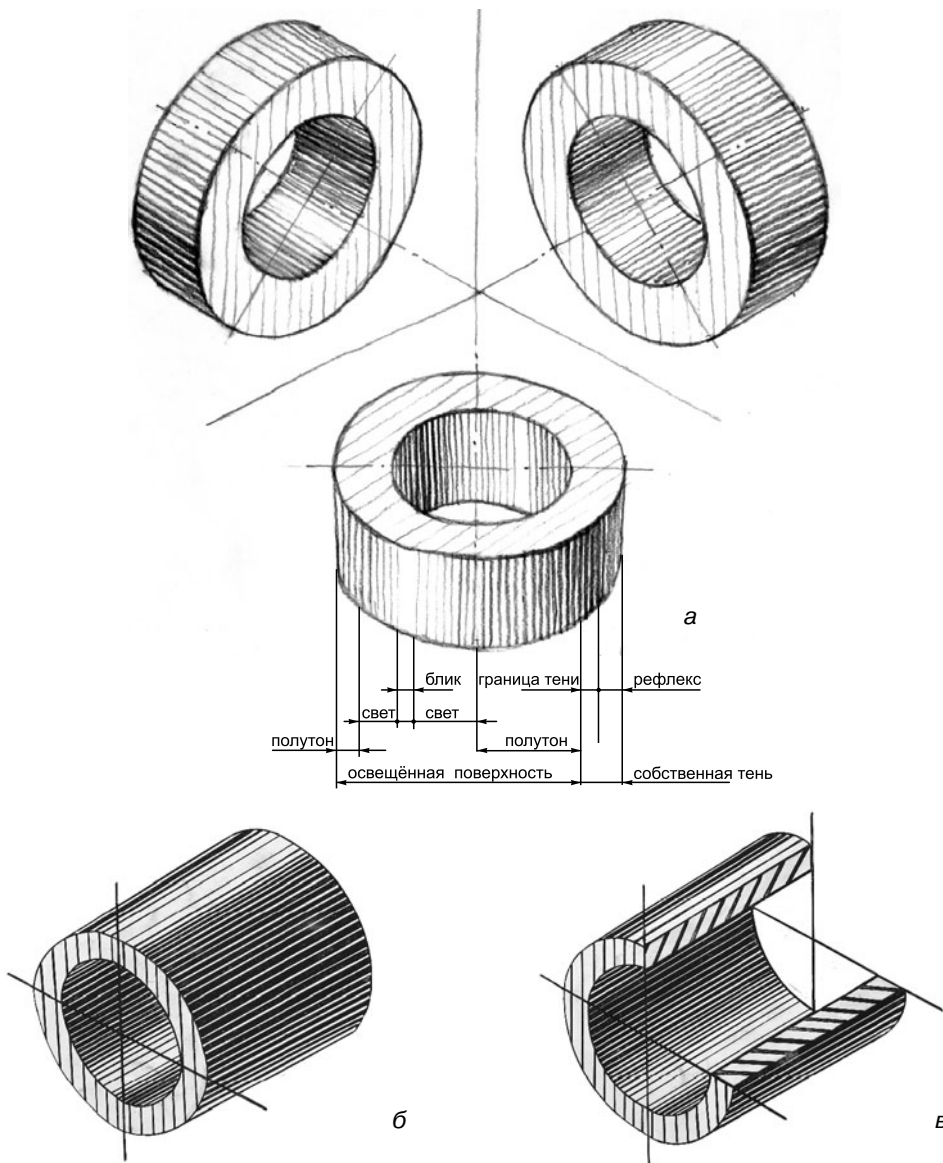


Рис. 49. Светотень на поверхности цилиндра

На рис. 49 представлено также распределение светотени на поверхности цилиндрического отверстия. Светотень в отверстии имеет все те же градации

и переходы света и тени, но видимая граница тени в отверстии находится на противоположной стороне, в отличие от внешней поверхности цилиндра.

## Рисование полного и усечённого конуса. Светотень на поверхности конуса

Рисование конуса начинаем с его основания (рис. 50а). Изображением окружности основания конуса является эллипс, и рисуется он так же,

как основание цилиндра, если плоскость основания параллельна координатным плоскостям. На рис. 50а-г основание конуса параллельно пло-

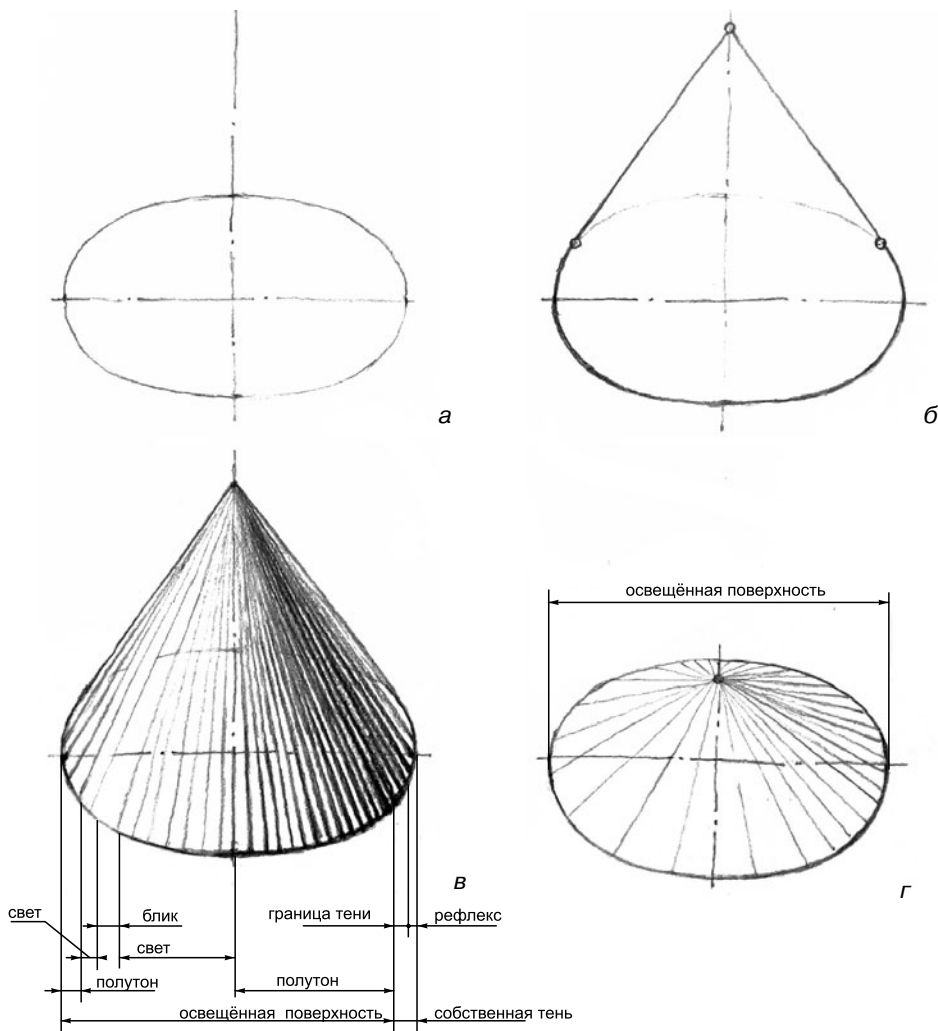


Рис. 50. Рисование конуса



скости  $xOy$  — конус «стоит» на горизонтальной плоскости. Высота конуса выбрана произвольно, и отмечена на направлении высоты (из центра основания параллельно оси  $z$ ) вершина конуса. Далее можно проводить контурные образующие конуса из вершины касательно к эллипсу — изображению основания. Заметим, что точки касания контурных образующих к эллипсу не совпадают с концами большой оси эллипса (как у цилиндра), а находятся (в данном случае) выше.

Распределение светотени на поверхности конуса также несколько сложнее, чем у цилиндра. Хотя границей света и тени на боковой (конической) поверхности конуса является (как и у цилиндра) прямая линия (образующая), местоположение этой образующей (при одном и том же заданном направлении световых лучей) зависит от соотношения диаметра основания и высоты конуса. В теории теней (обосновываемой в курсе начертательной геометрии), содержится объяснение явления уменьшения зоны собственной тени на поверхности конуса при уменьшении его высоты (при неизменном направлении световых лучей). Может случиться и такой вариант освещения, при котором, при незначительной высоте конуса, вся его боковая (коническая) поверхность будет освещена полностью (рис. 50г). Учитывая данное рассуждение при нанесении светотени на поверхности конуса (рис. 50в), оставим освещённой несколько большую часть его

боковой поверхности, чем у цилиндра (теневая часть займёт приблизительно  $1/4$  или менее поверхности — в зависимости от соотношения высоты и диаметра основания). Еще одна особенность поверхности конуса — все его образующие сходятся в одной точке — вершине конуса. Поэтому, при нанесении светотени способом штриховки или шраффировки, следует ослаблять (уменьшать толщину и тон) штриховки около вершины конуса, иначе близко расположенные штрихи сольются, и в районе вершины мы получим сплошное тёмное бесформенное пятно, «кляксу». Можно также не все штрихи доводить до вершины.

Рисование усечённого конуса может проводиться с использованием его вершины («отсечённой») — рис. 51а, в, или без таковой — рис. 51б, г. Если вершина усечённого конуса «доступна» на рисунке, лучше её построить и использовать, например, для определения направления штриховки или зон освещённости (рис. 51а, в). Если вершина конуса находится вне поля рисунка, направление штриховки (границы зон освещённости) приходится строить по двум соответствующим точкам, одна из которых находится на нижнем основании, другая — на верхнем (рис. 51б, г). Отметим, что контурные образующие усечённого конуса касаются эллипсов-изображений оснований в точках, не совпадающих с концами больших осей этих эллипсов.

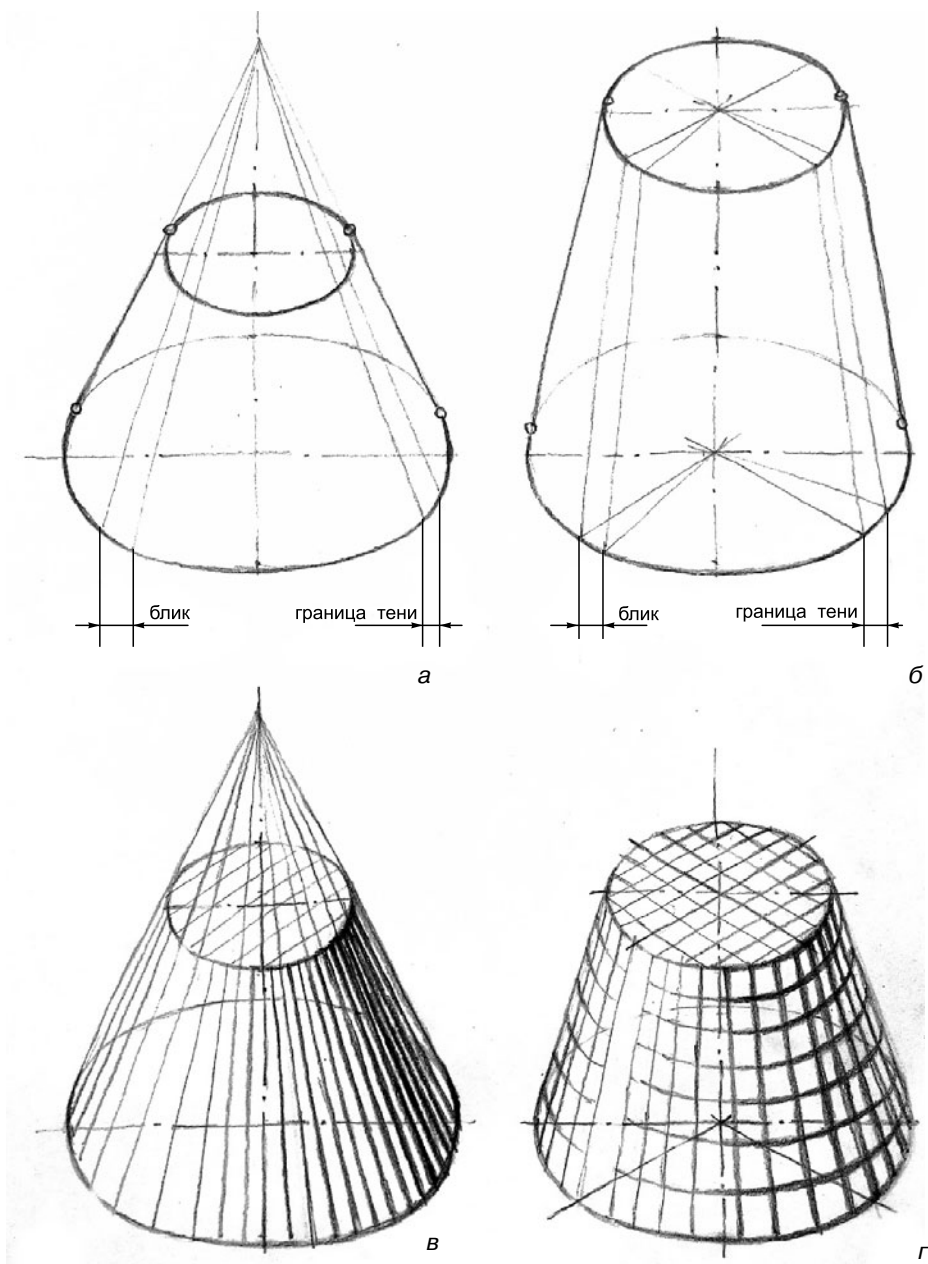


Рис. 51. Рисование усечённого конуса

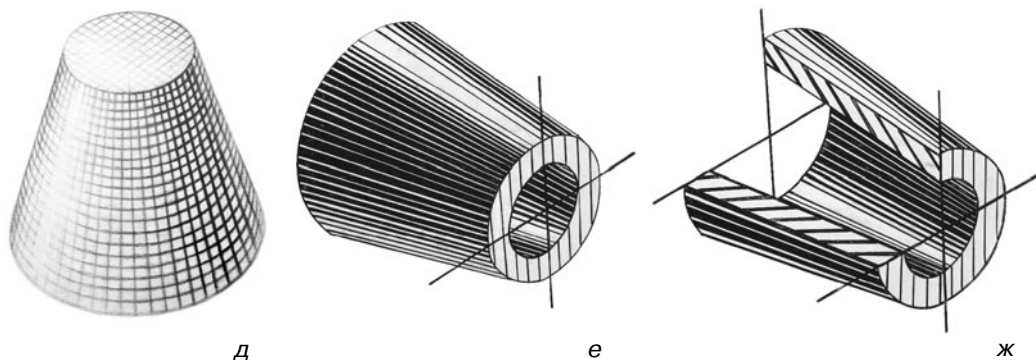


Рис. 51. Рисование усечённого конуса

## Рисование шара. Светотень на поверхности шара. Способ пуантеле

Очерком шара является окружность. Чтобы её нарисовать, используем восемь точек рис. 52а. Отметим на рисунке центр будущего шара, проведём через эту точку две пары взаимно перпендикулярных диаметров: вертикальный, горизонтальный, и пару диаметров под углом 45 градусов к первым. Отложив от центра на полученных направлениях-радиусах одинаковые (на глаз) отрезки, равные радиусу изображаемого шара, построим восемь точек, принадлежащих окружности — очерку шара. Соединяем точки плавной кривой, проверяем, чтобы она была похожа на окружность.

При освещении шара параллельными световыми лучами ровно половина его поверхности будет освещена, половина — в тени. При направлении световых лучей сверху слева и от «зрителя» границей собственной

тени на поверхности шара является окружность, диаметр которой равен диаметру шара, центр совпадает с центром шара, а плоскость этой окружности перпендикулярна направлению световых лучей. На рисунке данная окружность — граница тени — изобразится в виде эллипса с центром в центре шара, большой осью, отклоняющейся от вертикального (или горизонтального) диаметра на угол 45 градусов, малой осью, совпадающей на рисунке с изображением направления световых лучей. Большая ось равна диаметру шара — концы её ограничены очерком. Малая ось приблизительно составляет 0,6 диаметра шара. Заметим, что мы видим ровно половину этой границы тени — за точками касания с очерком шара граница тени уходит на заднюю, невидимую половину поверхности шара. Светлые зоны на поверх-

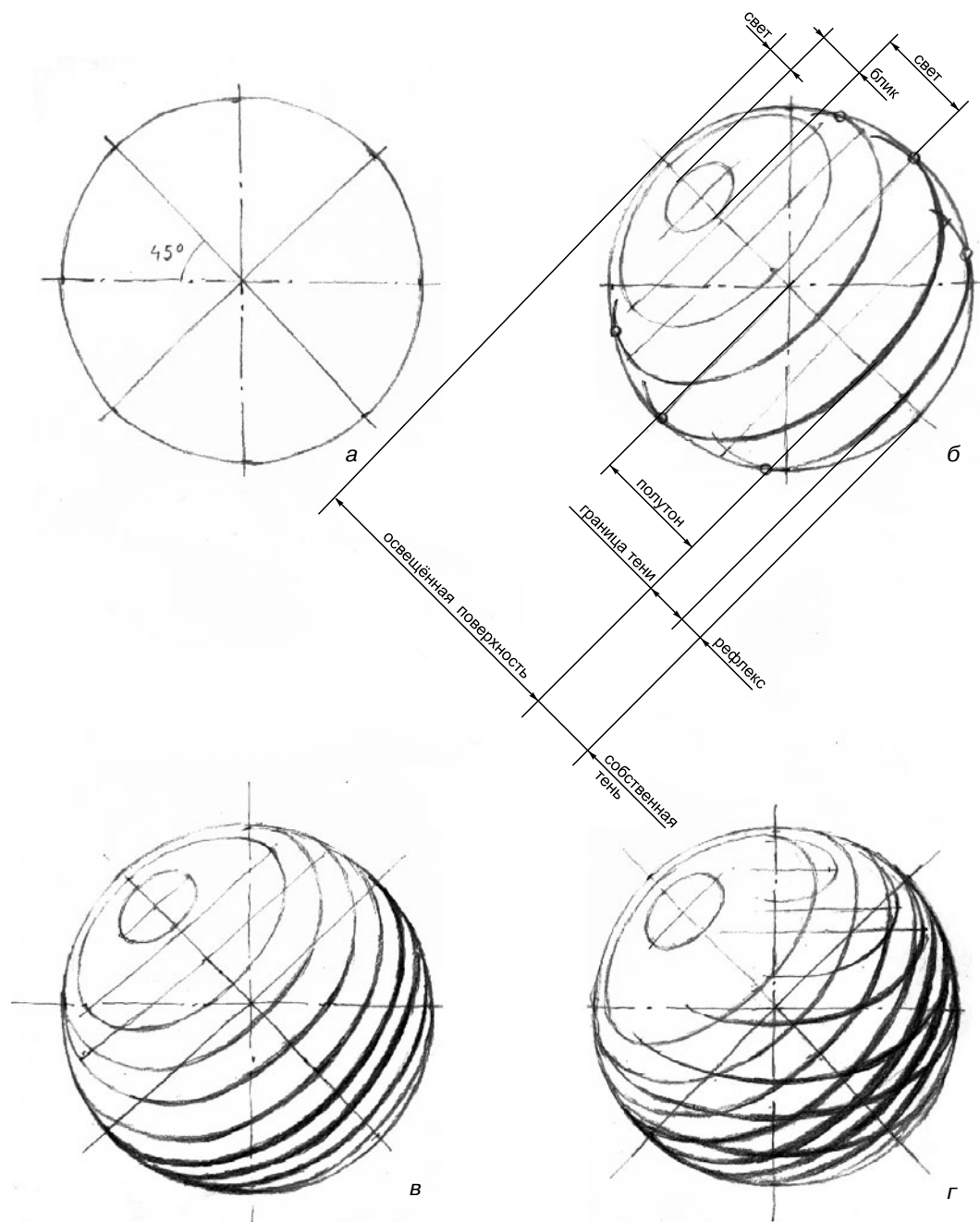
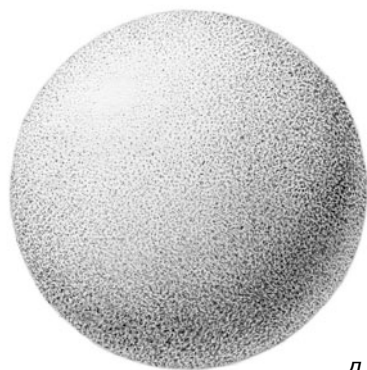


Рис. 52. Рисование шара

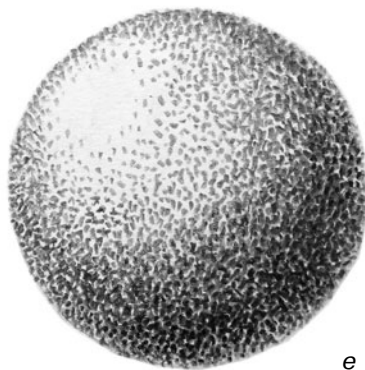
ности шара находятся левее и выше границы тени. Их очертания — к постепенному осветлению — окружности с центрами на прямой, проходящей через центр шара и совпадающей с направлением световых лучей. На рисунке такие зоны — от полутона к светлой части и далее к блику — изобразятся в виде эллипсов, центры которых смещаются от центра шара влево и вверх, скользя по прямой, отклоняющейся от вертикали влево на угол 45 градусов. Большие оси этих эллипсов параллельны большой оси эллипса-границы тени, малые оси — совпадают с направлением изображения световых лучей. Соотношение величин больших и малых осей остаётся прежним: 1:0,6. Подчеркнём очень важное свойство: точки касания эллипсов-границ освещённости к очерку шара на рисунке постоянно смещаются относительно концов больших осей этих эллипсов. Чем дальше от границы тени, у которой эллипс касается очерка в концах большой оси, тем далее точки касания соответствующего эллипса-границы полутона, света, к очерку, отстоят от концов их больших осей. Ближайшие к блику зоны света ограничены эллипсами, вообще не имеющими точек касания с контуром шара (рис. 52б). Аналогичная картина наблюдается в области собственной тени. Граница рефлекса — на рисунке эллипс, центр которого смещён по той же прямой от центра шара вправо и вниз, имеет точки касания к очерку правее и ниже, чем концы его большой оси. Границы освещён-

ности поверхности шара — эллипсы на техническом рисунке — должны плавно касаться очерка шара, поэтому рекомендуется нарисовать эти эллипсы либо полностью, либо большую их часть, чтобы добиться правильного касания.

На рис. 52в количество эллипсов — изображений зон освещённости поверхности шара ещё более увеличено и приближается к окончательному варианту нанесения светотени способом штриховки (криволинейной в данном случае, подчёркивающей криволинейную поверхность шара). Здесь видно, что данный способ (штриховки) плохо подходит для достаточно убедительного выявления криволинейной поверхности на рисунке. Шар на рис. 52в выглядит слишком «ребристым», «полосатым». Для подобных криволинейных поверхностей с плавными переходами форм более подходит перекрёстная штриховка — шраффировка, позволяющая передать изгиб поверхности в разных направлениях. На рис. 52г продолжено нанесение светотени на поверхность шара, в основе сохранена штриховка, выполненная ранее на рис. 52в. Для второго направления штриховки — эллипсов той же конфигурации и строящихся по тем же правилам — положение прямой, по которой «скользят» центры эллипсов выбрано вертикальное — параллельное оси  $z$ . Заметим, что вторая «серия» эллипсов штриховки должна обводиться с тем расчётом, что каждый этот эллипс проходит через разные зоны освещённости, поэто-



д



е

Рис. 52. Рисование шара

му обводка должна менять толщину, и в светлых зонах вообще прерываться (см. также рис. 22).

Ещё один способ нанесения светотени на поверхности шара и подобных криволинейных поверхностях с постепенными изменениями освещённости одновременно в разных направлениях, показан на рис. 52д, е. Называется этот способ точечным, или пуантеле — от французского слова *point* — точка. Заключается способ в нанесении большого количества точек более или менее яркого тона, размеров, интенсивности, в цветном рисунке — разного цвета (рис. 25б), на изображении поверхности предмета в соответствии со степенью их освещённости или затенённости. При этом границы освещённости поверхностей определяются так же, как было рассмотрено выше для всех основных видов геометрических поверхностей. Желательно перед нанесением теней с помощью точек

предварительно нанести границы освещённости тонкими линиями, затем наносить светотень, уменьшая количество точек и их величину в свету и увеличивая количество и величину в тени. Способ наиболее удобен для выявления мягких очертаний, плавных переходов поверхностей и освещённости. Отметим, что линии рисунка следует при построениях выполнять совсем тонко, и не обводить впоследствии слишком чётко и одинаково. Точечный способ предполагает лёгкую, воздушную и мягкую моделировку светотени и форм предмета, поэтому в сочетании с жёсткой «проволочной» обводкой очертаний выглядит крайне неприятно. Линию в рисунке, выполненном способом пуантеле, лучше намечать тоже рядом точек, а ещё лучше, если она получается сама собой, как граница между светлой и тёмной поверхностью, светлым и тёмным элементом предмета (рис. 52д, е).

## Вопросы для повторения

1. Какими фигурами может изображаться окружность на рисунке?
2. Какие элементы эллипса — изображения окружности нужно определить и построить на рисунке?
3. Как определить направление больших и малых осей эллипсов — изображений окружностей, расположенных в разных координатных плоскостях?
4. Как определяется величина большой и малой оси эллипса — изображения окружности в изометрической проекции?
5. Какова последовательность рисования очертаний цилиндра и цилиндрического отверстия?
6. Как распределяется светотень на цилиндрической поверхности? Назовите все элементы светотени.
7. Как определить расположение зон освещённости на цилиндрической поверхности при различном положении оси цилиндра? Как располагаются зоны освещённости цилиндрического отверстия?
8. Как строится штриховка на поверхности цилиндра для нанесения светотени?
9. Какова последовательность рисования очертаний полного и усечённого конуса?
10. Как распределяется светотень на поверхности конуса? В чем отличие от распределения светотени на цилиндре?
11. Как построить направление штриховки (шраффировки) для нанесения светотени на полной и усечённой конической поверхности?
12. Как нарисовать очерк шара?
13. Как распределяется светотень на поверхности шара?
14. Как определить и нарисовать границы зон освещённости на изображении шара? Какие линии представляют границы зон освещённости на шаре и на его аксонометрическом рисунке?
15. Каковы правила нанесения светотени точечным способом?

## Практическое задание

Нарисуйте цилиндр, полный или усечённый конус, и шар. Положение осей вращения выберите самостоятельно. При нанесении светотени используйте штриховку, шраффировку, и точечный способ.

Формат работы А3. Материал — простой графитный карандаш.

**Примеры выполненных заданий см. рис. 22, 49б, в, 51д-ж, 52д, е.**

# Лекция 4

## Рисование очерков криволинейных поверхностей геометрических тел. Распределение светотени на кривых поверхностях

1. Как образуется очерк криволинейных поверхностей.
2. Рисование очерков с помощью вспомогательных сечений.
3. Способ вписанных сфер.

### Как образуется очерк криволинейных поверхностей

Что такое очерк поверхности (геометрического тела, какого-либо предмета)? Это контурная линия, отделяющая на рисунке данную поверхность от окружающих предметов, фона. Эта линия может быть относительно чёткой (рис. 56г), или мягкой, «расплывчатой» (рис. 56д), тем не менее на рисунке она всегда присутствует. Как эта линия образуется?

Если расположить какой-либо предмет перед плоскостью рисунка или чертежа (рис. 53а), и провести касательно к поверхности этого предмета множество проецирующих прямых, или «лучей зрения», касающихся поверхности предмета по линии  $m'$ , то, пересекаясь с плоскостью рисунка или чертежа, эти прямые определяют (по точкам пересечения) на плоскости линию  $m$ , которая будет являться изображением (проекцией) натуральной линии  $m'$ . В нашем слу-

чае (в аксонометрическом рисунке, чертеже) «точка зрения», из которой «исходят» «лучи зрения» — проецирующие прямые — находится так далеко (практически в бесконечности), что «лучи зрения» становятся параллельными. Эти параллельные между собой «лучи зрения» образуют в совокупности цилиндрическую поверхность, которую называют **обёртывающим лучевым цилиндром**. Линия  $m'$ , по которой обёртывающий лучевой цилиндр касается поверхности предмета, называется **контуром видимости**. Эта линия делит поверхность на видимую и невидимую части в направлении «лучей зрения» — проецирующих прямых. Проекция — изображение контура видимости на плоскости проекций, рисунка (линия  $m$  на рис. 53а) называется **очерком поверхности**. Очерком поверхности тел вращения на аксонометрическом ри-



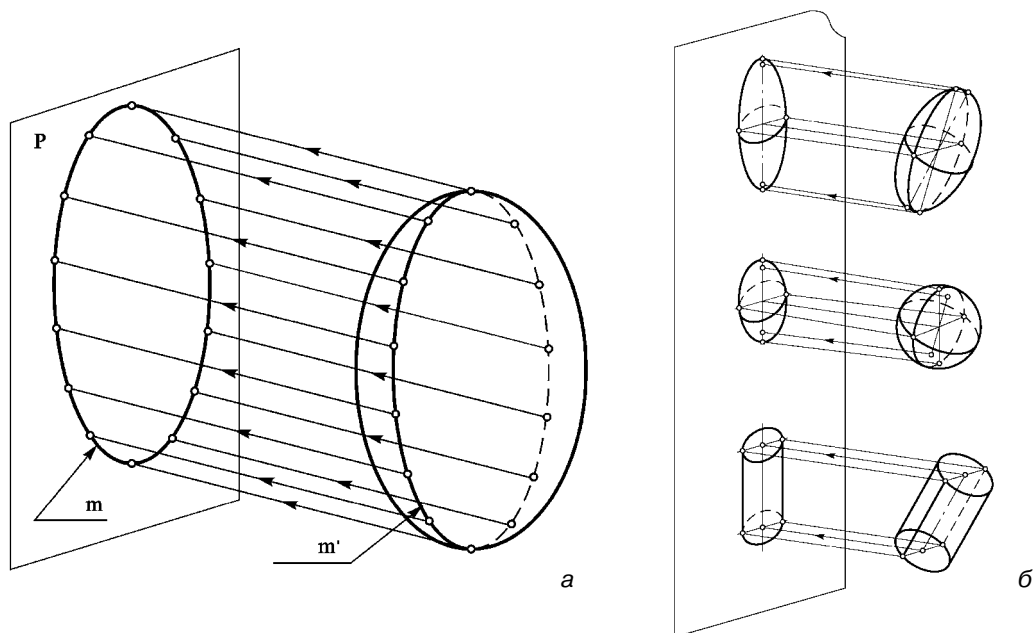


Рис. 53. Образование очерка поверхности в аксонометрическом рисунке

сунке могут быть лекальные кривые линии (рис. 53б — очерк тора-лимона), окружность (рис. 53б — очерк сферы), прямые линии в сочетании с кривыми лекальными — эллипсами — (рис. 53б — очерк цилиндра).

Как определить контур видимости на поверхности предмета и построить его изображение на плоскости аксонометрического рисунка, (или чертежа)? Заметим, рассматривая рис. 53б, что линия контура видимости на поверхности того или иного предмета, при неизменном (ортогональном, прямоугольном) направлении проецирующих прямых — лучей зрения — зависит, во-первых, от самой поверхности, и, во-вторых, от положения, «наклона» этой поверхности к плоскости рисун-

ка. Как уже отмечалось неоднократно выше, предмет при рисовании в аксонометрии нужно ориентировать вполне определённым образом — чтобы его рёбра, грани, плоскости симметрии, оси вращения были параллельны (по возможности) тем или иным натуральным (пространственным) координатным плоскостям и осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Тогда на аксонометрическом рисунке данные ребра, оси вращения и т.п. элементы будут параллельны направлению аксонометрических осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . В связи с этим правилом оси вращения геометрических тел вращения при рисовании располагаются параллельно либо оси  $x$ , либо оси  $y$ , или оси  $z$ , и, таким образом, наклонно к плоскости

рисунка (рис. 53б). Именно так можно получить действительно наглядное изображение, например, криволинейной поверхности вращения типа поверхности вазы — рис. 54б, в. На рис. 54а ось вазы параллельна плоскости проекций (рисунка). В этом случае очерком боковой поверхности (собственно поверхности вращения) вазы является (без какого-либо искажения) плоская кривая линия (образующая), посредством вращения которой получена данная поверхность. В крайнем левом и крайнем правом положении, когда плоскость образующей параллельна плоскости рисунка, мы видим её «истинную» кривизну и величину, и она ограничивает видимую боковую поверхность вазы слева и справа. Проецирующие прямые, или «лучи зрения из бесконечности» касаются поверхности вращения именно по точкам, принадлежащим этой кривой. Но плоскости «горлыш-

ка» вазы и её нижнего основания, «подставки», оказались невидимыми, и увидеть отверстие, толщину стенок вазы, внутреннюю поверхность — невозможно. Это всего лишь «профиль» вазы, а не её наглядное изображение. Чтобы «заглянуть» внутрь вазы, не «потеряв» при этом вид её наружной поверхности, нужно наклонить ось вазы к плоскости рисунка (рис. 54б, в). Что будет происходить? Чем более мы наклоняем ось вазы, тем «глубже» можно «заглянуть» в отверстие. Теперь мы увидим его изображение уже в виде эллипса, тем более «широкого», чем сильнее наклонили вазу. Заметим, что высота вазы будет, наоборот, уменьшаться на рисунке, чем больше наклон её оси к плоскости рисунка (выше «точка зрения»). Параллели, экватор, горло вазы изобразятся в виде эллипсов, причем большие оси этих эллипсов останутся равными по величине диаметру соответству-



Рис. 54. Очерки вазы. Фотографии: а) ось вазы параллельна плоскости проекций (рисунка); б) ось вазы наклонна к плоскости проекций под небольшим углом; в) ось вазы наклонна к плоскости проекций в соответствии с наклоном оси  $z$  в изометрии

ющих параллелей, экватора, горла, изображением которых они являются — «ширина» вазы не изменится. А как изменится очерк боковой поверхности? Чем больше наклон оси, тем менее очерк напоминает первоначальный, «истинный профиль», представленный на рис. 54а. Теперь очерк будет представлять некую кривую линию. Наши «лучи зрения, проведённые из бесконечности» касаются наклонённой поверхности вращения по какой-то другой кривой линии, которую нужно, очевидно, каким-то образом построить. Конечно, если мы

рисуем с натуры, и перед нами соответственно наклонённая ваза, то можно просто «срисовать» её очертания. Но даже в этом случае часто допускаются ошибки из-за незнания теоретических основ, способов построения очерка. Если же объект рисования отсутствует, а есть лишь его чертёж в системе проекций, или описание, то задача рисования наглядного изображения криволинейных поверхностей предмета усложняется. Какие способы построения такого теоретического, аналитического рисунка криволинейных поверхностей существуют?

### Рисование очерков с помощью вспомогательных сечений

Рисование тора-лимона.

На рис. 55а, б представлены фотографии тора-лимона с различным положением оси вращения относительно плоскости проекций (рисунка). На рис. 55а ось лимона параллель-

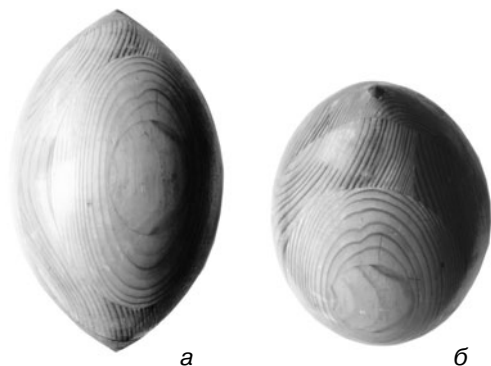


Рис. 55. Очерки тора-лимона. Фотографии: а) ось вращения лимона параллельна плоскости проекций; б) ось вращения лимона наклонна к плоскости проекций в соответствии с наклоном оси  $z$  в изометрии

на плоскости проекций, и мы видим в качестве очерка две дуги окружности, вращением которых вокруг оси образована поверхность лимона. На рис. 55б наклон оси лимона к плоскости проекций соответствует наклону координатной оси  $z$  к плоскости проекций в изометрической проекции. Очерком лимона в данном случае является уже некоторая кривая линия, при этом «высота» лимона на изображении, в связи с наклоном оси, уменьшилась, а «ширина» в самой широкой части — районе экватора — осталась прежней. При рисовании лимона в изометрии, располагая ось лимона параллельно оси  $z$ , мы должны увидеть, нарисовать его очерк примерно таким, как на рис. 55б. Величина оси лимона приблизительно будет равна 0,8 истинной величины оси — «высота» лимона сократится, «ширина» изображения в районе

средней части — экватора — останется равной истинной величине диаметра экватора лимона, очерковая линия будет заметно отличаться от «профиля» лимона, показанного на рис. 55а, и представит кривую линию — не состоящую из дуг окружностей. Ось лимона при рисовании можно располагать также и параллельно координатной оси  $x$ , или  $y$ , что будет соответствовать на рисунке положению «лежащего на боку» лимона с поворотом оси влево или вправо. Соотношение размеров, кривизна очерка для рисунков одного и того же лимона в этих трёх возможных разных положениях — не изменятся. Заметим, что направление освещения на фотографиях рис. 55 выбрано слева направо и параллельно плоскости рисунка для лучшего выявления очерка, контура изображений лимона в различных положениях. Такое освещение не вполне соответствует направлению световых лучей в техническом рисунке: сверху, слева, и от «зрителя».

На рис. 56а-д показана последовательность рисования лимона. Сначала рисуем очерк лимона (рис. 56б, в) по истинным его размерам и пропорциям, заданным на эскизе-чертеже (рис. 55а). Для рисования очерка применяем **способ вспомогательных сечений**. Суть его заключается в следующем.

*При рисовании очерка криволинейной поверхности вращения эта поверхность мысленно рассекается некоторым количеством плоскостей, перпендикулярных оси вращения и образующих в сечениях ряд*

*параллелей — окружностей. Среди параллелей нужно определить экватор поверхности — наибольшую параллель, горло — наименьшую параллель в районе сужения и последующего расширения поверхности (если такой элемент в данной поверхности имеется), а также построить параллели, являющиеся пограничными в участках изменения кривизны поверхности (если таковые есть). Далее, на рисунке, параллели изображаются в виде эллипсов с центрами на оси вращения поверхности и с направлением и соотношением величин больших и малых осей согласно той аксонометрической проекции, по правилам которой строится рисунок. Плавная кривая линия (или сочетание кривых линий), касающаяся всех эллипсов-изображений параллелей поверхности, будет являться очерком на рисунке данной поверхности.*

Первый этап.

На рис. 56а на фронтальной проекции лимона строим ряд параллелей: экватор (b), и вверх и вниз от экватора по две параллели, через равные расстояния — c, и d. На наглядном изображении — техническом рисунке лимона — сначала рисуем (вертикально, параллельно оси  $z$ ) ось вращения лимона, и отмечаем её концы (рис. 56б). Величина оси на рисунке сокращается и примерно равна 0,8 её величины, заданной на чертеже на рис. 56а. В центре оси отмечаем на рисунке центр экватора лимона, проводим большую ось эллипса-изображения экватора перпендикулярно оси

вращения, с которой совпадает малая ось этого эллипса. Величина большой полуоси равна радиусу экватора ( $b$ ), величина малой полуоси —  $0,6b$ . Рисуем эллипс — изображение экватора. Далее от центра лимона вверх и вниз на оси находим на равном расстоянии между собой центры вспомогательных параллелей, которые на нашем рисунке изобразятся тоже в виде эллипсов с аналогичным направлением осей и тем же их взаимным соотношением. Построив эти эллипсы по размерам их больших осей  $c$  и  $d$ , заданным на рис. 56а, получим изображение вспомогательных сечений лимона и его оси — рис. 56б.

Второй этап.

Проводим на рисунке (рис. 56в) плавную кривую линию, касающуюся всех построенных ранее эллипсов-изображений параллелей лимона. Заметим, что эта кривая линия касается эллипса-изображения экватора точно в концах его большой оси. Касание кривой к эллипсам-изображениям параллелей, расположенным выше экватора, происходит в точках, находящихся выше концов их больших осей. Касание кривой к эллипсам, расположенным ниже экватора, происходит в точках ниже концов их больших осей. При заданном у нас соотношении диаметра экватора лимона и величины его оси (степени «выпуклости» тора-лимона), изображения самой верхней и самой нижней точек — концов оси вращения оказались внутри огибающей касательной очерковой линии. Может случиться и так, что при большей «заострённости», «веретено-

образности», «сигарообразности» тора-лимона концы оси вращения будут делить очерк на две самостоятельные кривые линии (рис. 57а, б).

Третий этап.

Наносим границы освещённости поверхности лимона (рис. 56г). Линии — границы зон освещённости на самом лимоне в пространстве будут представлять уже не окружности, как на шаре, а плоские кривые линии, имеющие плоскость и ось симметрии, перпендикулярные направлению световых лучей. Изобразятся на рисунке эти кривые так же в виде кривых, но более «сжатых», искажённых, так как их плоскости, перпендикулярные световым лучам, наклонны к плоскости рисунка. Плоскость границы тени проходит через центр лимона. Линию границы тени можно нарисовать, построив её ось симметрии через центр перпендикулярно направлению света. Сама граница тени на нашем рисунке приближается по очертанию к эллипсу, но более «вытянутому», чем изображение границы тени на шаре. Касание границы тени лимона к его очерку на рисунке не будет происходить в концах оси симметрии границы тени (в отличие от шара). Центры остальных линий, изображающих зоны освещённости, смещаются от центра лимона вверх и влево (светлая часть поверхности) и вниз и вправо (затенённая поверхность), располагаясь на прямой линии, проведённой через центр лимона и совпадающей на рисунке с изображением направления световых лучей. Заметим, что чем ближе к блику, тем большая часть

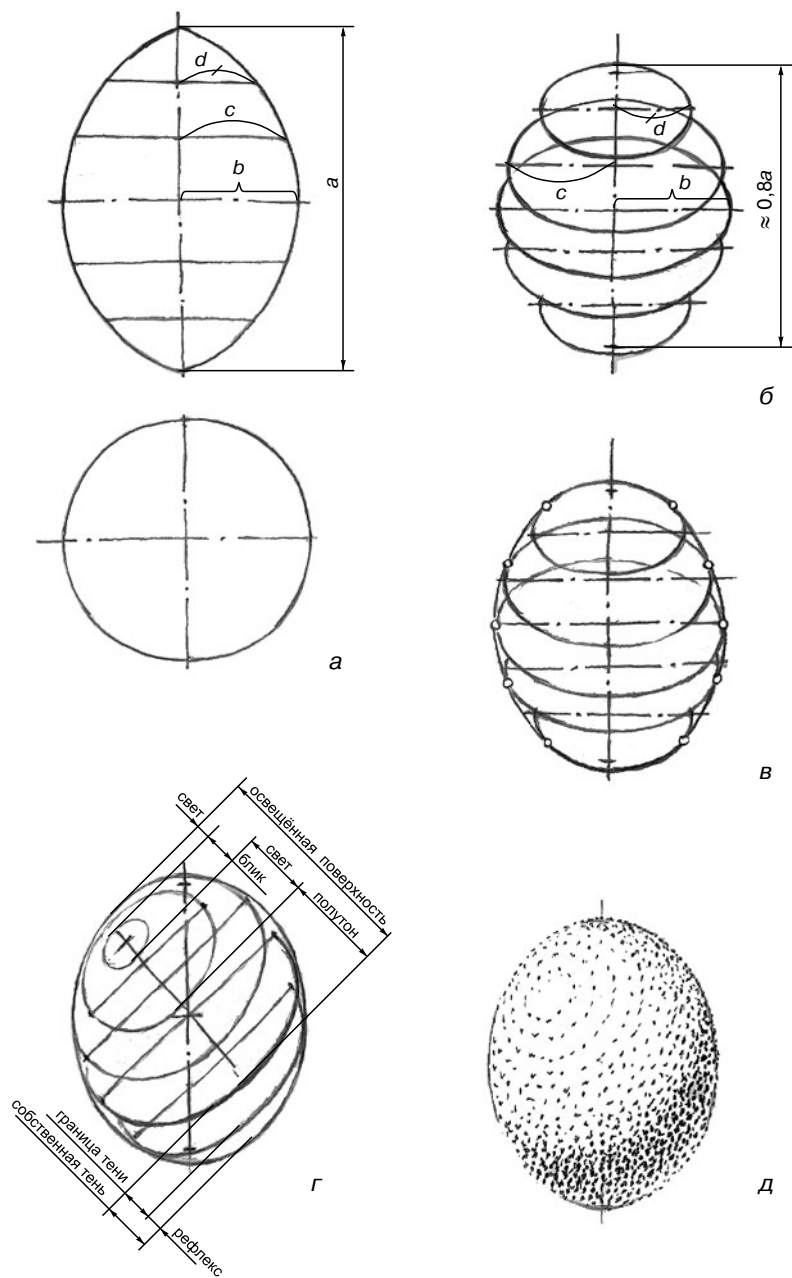


Рис. 56. Рисование тора-лимона. Способ сечений

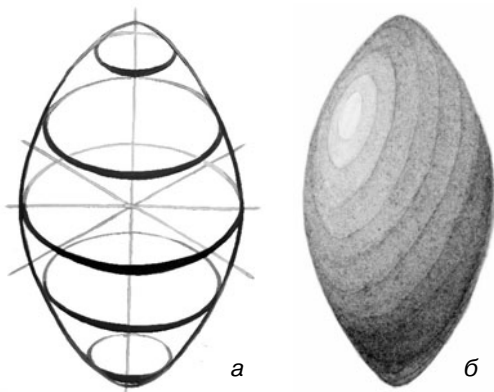


Рис. 57. Веретенообразный тор-лимон

линии-границы световой зоны будет видима, в районе блика такие линии будут видимы полностью и не будут иметь точек касания к очерку.

Четвёртый этап.

Наносим светотень в соответствии с намеченными ранее границами зон освещённости (рис. 56д). Поверхность лимона имеет плавную кривизну, способ штриховки плохо подходит, шраффировка лучше выявляет криволинейную поверхность, но сложна для построения. Выбираем точечный, наиболее простой способ. Границы зон освещённости перед нанесением точек, нужно ослабить, смягчить, или провести тоже точечными лёгкими прерывистыми линиями. Так же следует поступить с очерковой линией — заменить её точками. Второй приемлемый для данной кривой поверхности способ — отмывка акварелью или тушью (рис. 57б) будет рассматриваться подробно в следующей лекции.

На рис. 58 способ вспомогательных сечений применён при рисовании

древнеегипетской вазы из собрания Государственного музея изобразительных искусств имени А.С. Пушкина, основную поверхность которой представляет усечённый тор-лимон.

Способ сечений удобен для рисования многих поверхностей вращения, например, произвольных криволинейных, напоминающих поверхность вазы. Образующая кривая линии таких поверхностей может состоять из дуг окружностей различных радиусов, сопрягающихся между собой, или лекальных кривых, или их сочетаний. На рис. 59а, б показаны очерки модели криволинейной поверхности вращения (фотографии). На рис. 59а ось вращения поверхности параллельна плоскости рисунка, и на этой плоскости в качестве очерковой линии отображалась без искажения криволинейная образующая линия, при вращении которой получена данная поверхность. На рис. 59б ось вращения наклонена к плоскости рисунка под тем же углом, под которым в изометрической проекции наклонна к плоскости проекций координатная ось  $z$ . Если рисовать эту модель по правилам изометрической аксонометрической проекции, и правильно ориентировать её ось вращения — параллельно координатной оси  $z$  то очерк её будет похож на представленный на рис. 59б. Отличие последнего от очерка той же поверхности при «фронтальном» расположении её перед «зрителем» и плоскостью рисунка, полученным на фотографии рис. 59а, очевидно. К тому же на рис. 59б, при изображении поверхности «в ракурсе», замет-

но уменьшилась её «высота» — из-за наклона оси к плоскости рисунка. Заметим, что направление освещения на фотографиях рис. 59а, б выбрано слева сверху и параллельно плоскости изображения для наилучшего выявления очерка, и не вполне соответствует направлению световых лучей, принятых в техническом рисунке.

Этапы рисования подобной поверхности (в виде вазы) смотрим на рис. 60а-д. Так же, как при рисовании тора-лимона на рис. 56, будем считать, что наш предмет рисования отсутствует, поэтому рисуем его не «с натуры», а аналитически, имея перед глазами чертёж или эскиз — рис. 60а.

Первый этап.

Строим на чертеже (эскизе) вазы ряд параллелей (рис. 60а), среди них обязательно экватор (b), горло поверхности, параллель, разграничивающую различные по направлению изгиба части поверхности. Важными параллелями являются также уже имеющиеся на чертеже линии верхнего среза поверхности (называемая в обиходе «горлышко» вазы), и нижней границы поверхности, от которой в нашем примере начинается цилиндрическая «подставка» — опора вазы.

Второй этап.

Рисуем вертикально ось вазы (рис. 60б) и отмечаем её величину, на нашем рисунке она должна уменьшиться приблизительно в 0,8 раза по сравнению с истинными размерами, заданными на чертеже рис. 60а. Этот момент в рисовании очень важно понять и помнить, так как рисунок наш представляет вид на вазу несколько

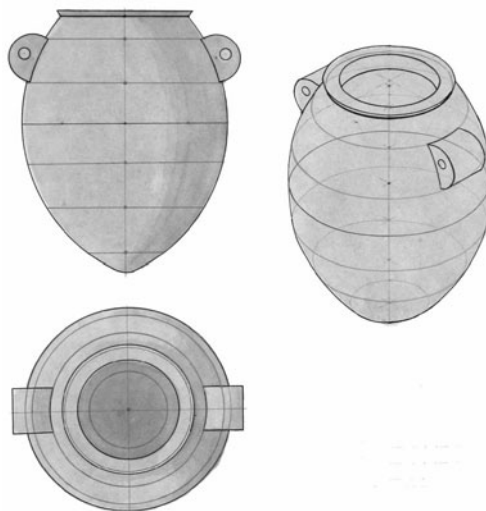


Рис. 58. Чертёж и рисунок древнеегипетской вазы. Способ сечений

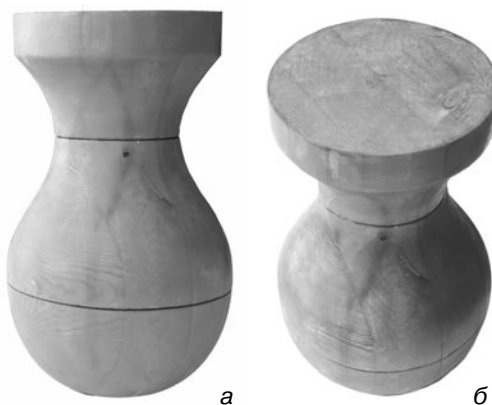


Рис. 59. Очерки модели криволинейной поверхности вращения

сверху, «в ракурсе», и если высота вазы на рисунке не будет сокращена, то рисунок получится растянутым, ваза на нём будет выглядеть более высокой, чем на самом деле — пропорции её будут нарушены.



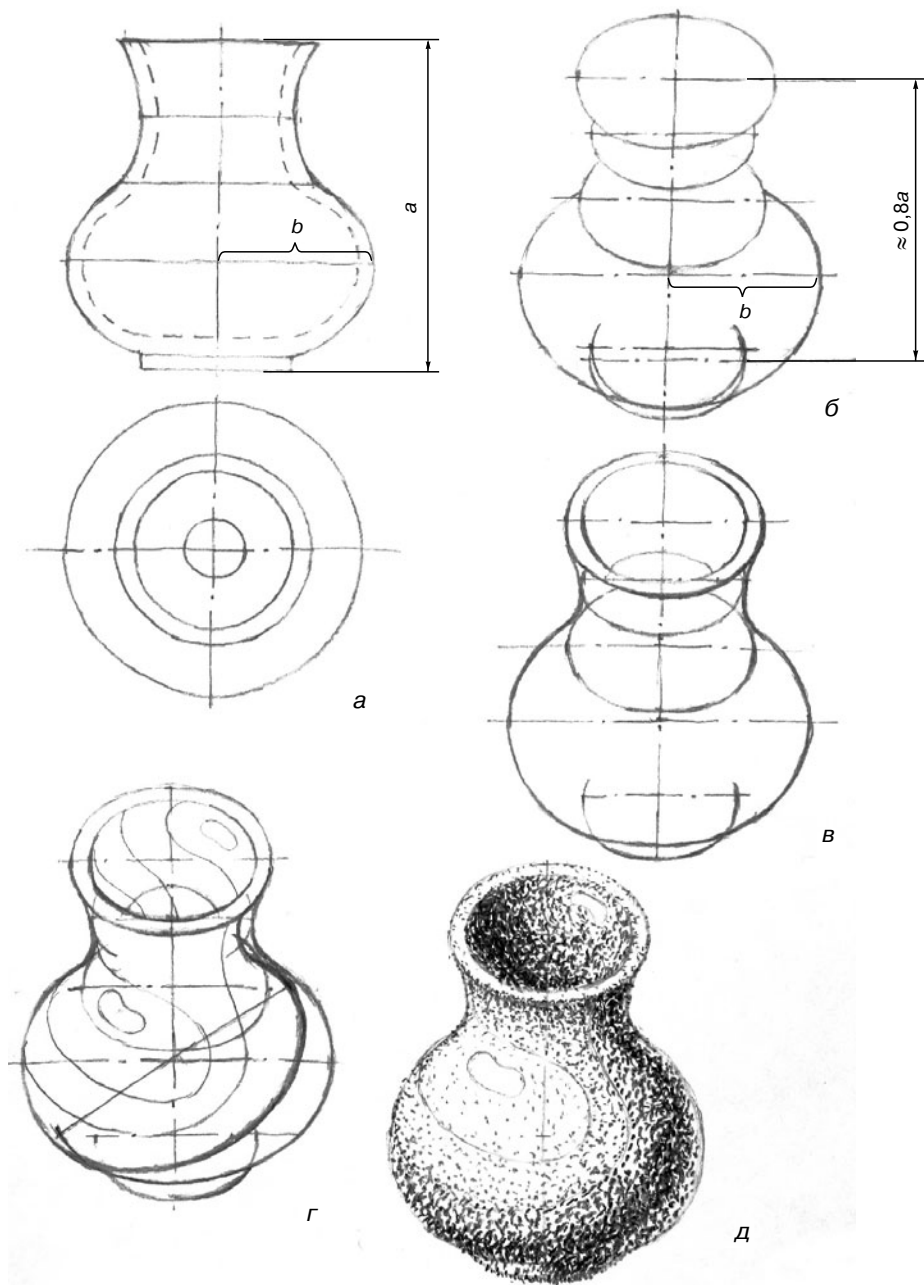


Рис. 60. Рисование криволинейной поверхности вращения. Способ сечений

Отмечаем на оси центры параллелей, также с уменьшением натуральных расстояний между ними в 0,8 раза. Проводим через эти центры горизонтально большие оси эллипсов, в виде которых параллели изобразятся. Радиусы параллелей без искажения откладываем от центров соответствующих эллипсов на направлении их больших осей. Малые полуоси эллипсов, равные приблизительно 0,6 радиусов соответствующих параллелей, совпадают с направлением оси вазы. Построив таким образом хотя бы по четыре точки каждого эллипса (концы большой и малой осей), проводим линии эллипсов либо полностью, или частично — рис. 60б.

Третий этап.

Касательно к построенным эллипсам проводим плавную кривую очерковую линию (рис. 60в). На этом этапе определится также видимость некоторых элементов вазы. Например, на нашем рисунке цилиндрическая «подставка» вазы только чуть-чуть «выглядывает» из-под очерка средней

выпуклой части поверхности, но она могла бы быть совершенно не видна, если бы диаметр экватора был больше.

Четвёртый этап.

Наносим границы зон освещённости поверхности вазы (рис. 60г). Обратим внимание, что наш предмет имеет как наружную, так и внутреннюю поверхность, частично видимую в отверстие «горлышка». Обе поверхности — наружная и внутренняя — идентичные, криволинейные, переходы светотени имеют мягкие, постепенные. Линии границ зон освещённости — плавные кривые, некоторые из них (например, граница собственной тени) будут иметь двойной изгиб в соответствии с изгибом поверхности. На внутренней поверхности вазы светлая часть будет справа от оси, тёмная — слева. При определении зон освещённости нужно помнить, что на техническом рисунке не показывают падающие тени. Падающая тень в нашем примере могла бы образоваться, например, если бы верхняя часть поверхности, «гор-

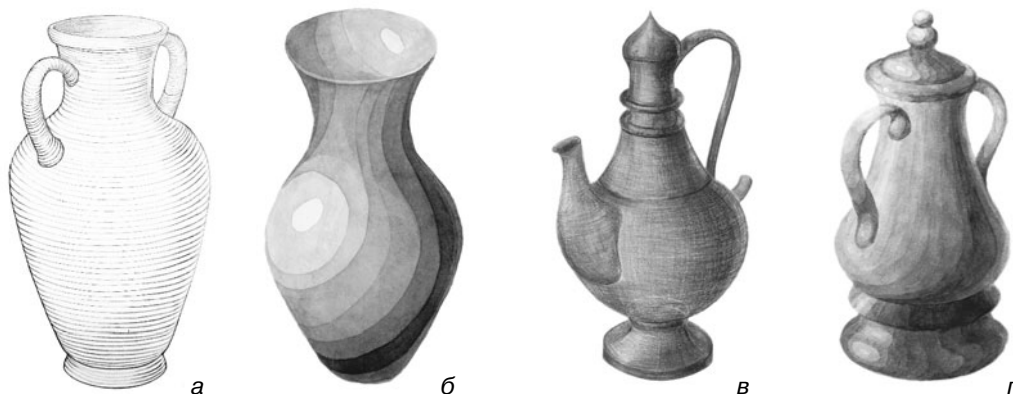


Рис. 61. Распределение светотени на криволинейной поверхности вращения (см. цв. вкл.)

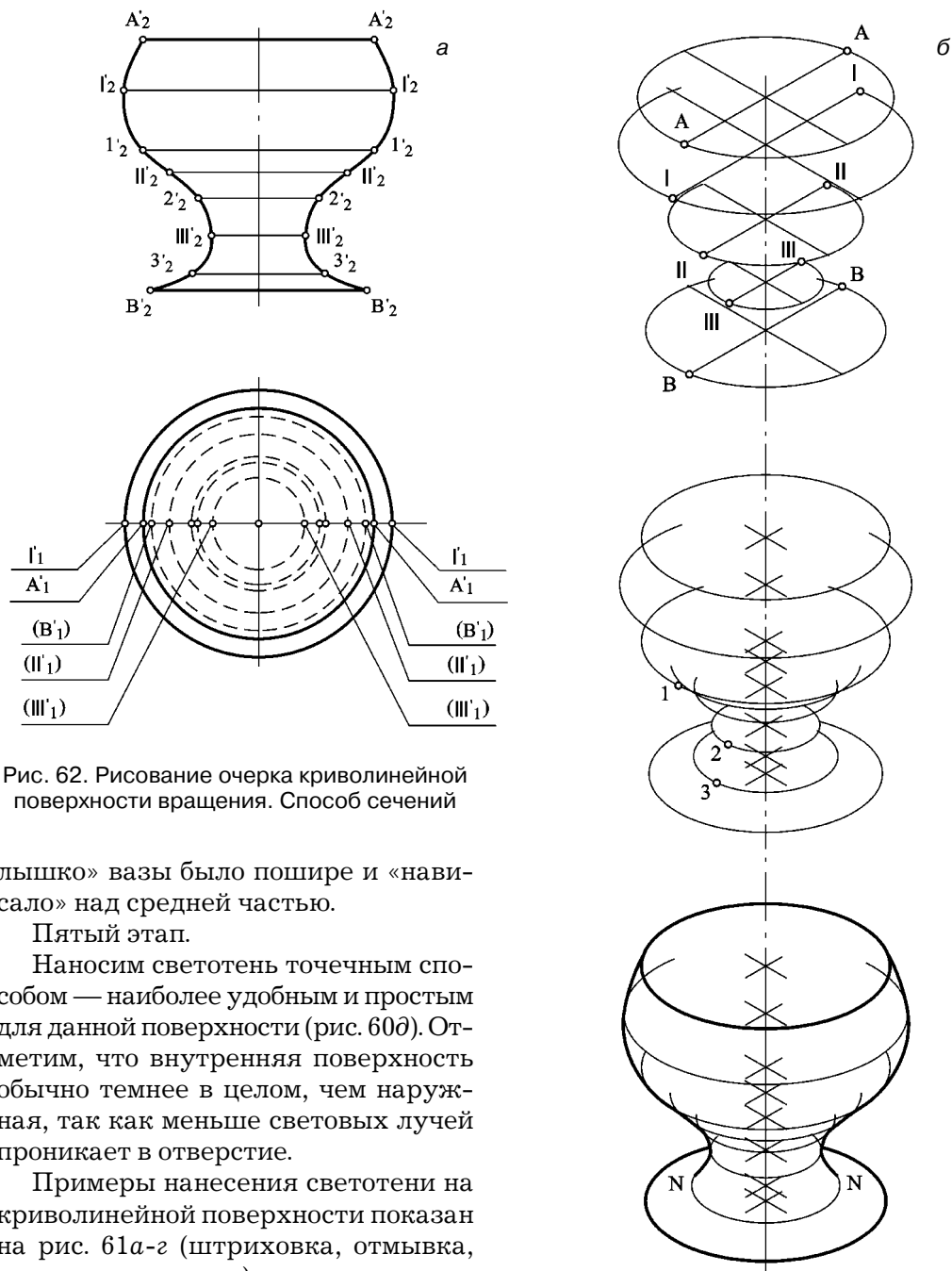


Рис. 62. Рисование очерка криволинейной поверхности вращения. Способ сечений

лышко» вазы было пошире и «нависало» над средней частью.

Пятый этап.

Наносим светотень точечным способом — наиболее удобным и простым для данной поверхности (рис. 60д). Отметим, что внутренняя поверхность обычно темнее в целом, чем наружная, так как меньше световых лучей проникает в отверстие.

Примеры нанесения светотени на криволинейной поверхности показан на рис. 61а-г (штриховка, отмывка, тушевка, акварель).

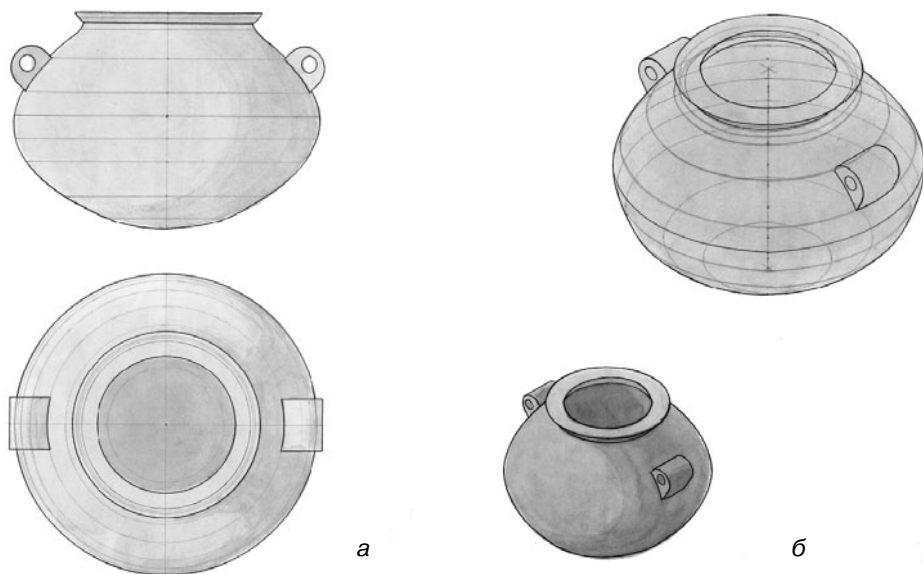


Рис. 63. Рисование древнеегипетской вазы. Способ сечений

На рис. 62а,б поэтапно выполнено рисование очерка несколько иной криволинейной поверхности. Отличительной особенностью очерковой линии здесь является её «исчезание» в точках *NN* (рис. 62б). Произошло это из-за значительного расширения поверхности в нижней своей части, на фоне которой виден очерк узкого элемента поверхности.

Способ сечений использован на рис. 63а,б. Поверхность вращения древнеегипетской вазы из собрания ГМИИ им. А.С.Пушкина имеет разную кривизну выпуклой образующей, и высоту меньшую, чем экватор. На рисунке хорошо видно изменение очерка вазы на её наглядном изображении по сравнению с фронтальной проекцией.

### Способ вписанных сфер

Этот способ во многих случаях даёт более простые построения на рисунке по сравнению со способом сечений, но применение его ограничивается только теми поверхностями, в которые могут быть вписаны шаровые поверхности (сферы).

На рис. 64а-в показаны примеры изменения очерка одного и того же тора-кольца в зависимости от наклона его оси к плоскости рисунка. На рис. 64а ось кольца наклонена незначительно, «отверстие» кольца насквозь не просматривается, изо-

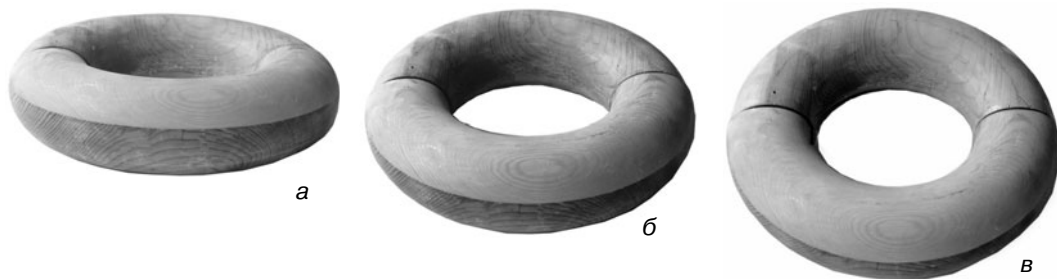


Рис. 64. Очерки тора-кольца. Фотографии

бражение кольца напоминает изображение тора-яблока (см. рис. 67б). Очерковых линий в этом случае будет две: внешняя очерковая кривая линия, отделяющая поверхность от окружающих предметов, фона, и похожая на эллипс или овал — дважды симметричная относительно вертикальной и горизонтальной осей симметрии. Вторая очерковая линия образуется при касании проецирующих прямых или «лучей зрения» верхней передней поверхности «впадины» кольца, переходящей в «отверстие». Линия касания «лучей зрения» к ближайшей к «зрителю» поверхности «впадины» представляет кривую линию, похожую на дугу эллипса и ограниченную двумя симметричными точками слева и справа. В этих точках очерк «впадины» заканчивается, и линия очерка прерывается.

На рис. 64б ось вращения кольца наклонена больше, можно увидеть «отверстие» насквозь. Наружный очерк останется плавной кривой симметричной линией, похожей на эллипс, но теперь ещё более «выпуклой». Внутренний очерк составят две очерковые линии, пересекающиеся между собой в симметричных

точках слева и справа. Одна очерковая линия — линия касания «лучей зрения» к ближайшей верхней поверхности «впадины», вторая очерковая линия — линия касания «лучей зрения» к задней нижней поверхности «впадины». Случай, представленный на рис. 64б близок к изображению данного кольца в изометрии (см. рис. 65б, 66г, 67а, 68а).

На рис. 64в ось вращения наклонена к плоскости рисунка ещё больше, очерковых линий снова две: наружная — симметричная плавная кривая, и внутренняя, похожая на наружную, меньшей величины. «Лучи зрения» в данном случае касаются поверхности «впадины, отверстия» по одной кривой линии. Различные кривые внутреннего очерка кольца могут получаться не только в зависимости от наклона оси его вращения. При одном и том же наклоне оси, соответствующем, например, наклону координатной оси  $z$  в изометрии, внутренний очерк кольца будет меняться в зависимости от соотношения диаметра образующей кольцо окружности и его экватора. При малом диаметре образующей окружности и большом экваторе внутренний очерк будет по-

добен рис. 64в, при увеличении диаметра образующей окружности или уменьшении экватора мы можем получить внутренний очерк, аналогичный рис. 64б. Если ещё более увеличить образующую окружность и «сузить» «отверстие» кольца, мы увидим очерк, похожий на рис. 64а. Заметим, что на рис. 64а-в для лучшего выявления очерка направление освещения выбрано слева направо и сверху, но не «от зрителя», что не совсем соответствует направлению световых лучей, принятых в техническом рисунке.

Рисовать тор-кольцо и тор-яблоко можно способом сечений, но способ этот сложен для данных поверхностей, так как требует построения большого количества параллелей и на наружной, и на внутренней поверхности. Параллели к тому же на рисунке будут накладываться друг на друга и затруднять чтение и построение рисунка.

Для рисования очерка тора-кольца и тора-яблока наиболее удобен и прост **способ вспомогательных вписанных сфер**. Суть способа заключается в следующем (рис. 65а, б).

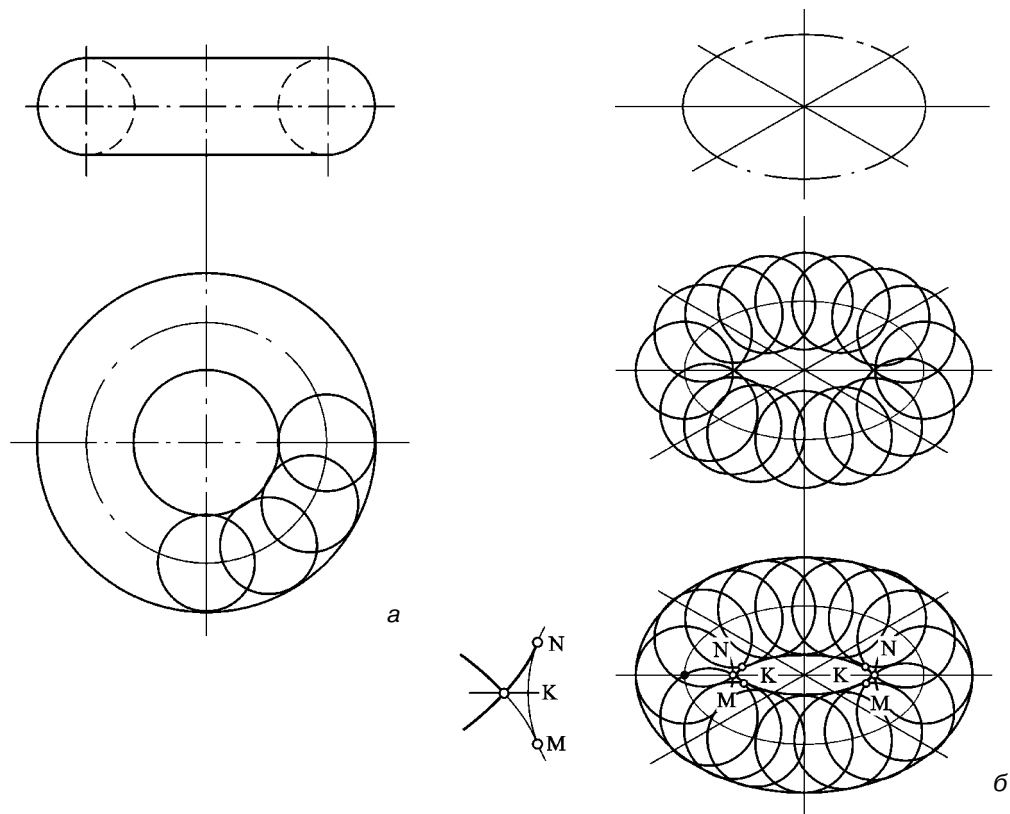


Рис. 65. Построение очерка тора-кольца способом вписанных сфер

*При рисовании очерка криволинейной поверхности, позволяющей вписать в неё ряд касающихся сфер, на рисунке строят изображение линии, на которой расположены центры сфер. Далее строят изображения очерков вписанных сфер — окружностей, диаметр которых равен по величине диаметру натуральных сфер. Очерков вписанных сфер нужно построить больше там, где увеличивается кривизна (изгиб) поверхности на рисунке. Касательно к очеркам построенных вписанных сфер проводят плавную кривую линию (одну или несколько) — она и будет являться очерковой линией данной поверхности на рисунке.*

Этапы рисования очерка тора-кольца смотрим на рис. 65а, б.

Первый этап.

Предположим, размеры, соотношение диаметра образующей окружности и экватора кольца заданы на чертеже или эскизе — рис. 65а. Можно определить диаметр горла и диаметр окружности, по которой движется центр образующей окружности при её вращении вокруг оси кольца. Все эти элементы и их пропорции необходимо знать при построении нашего будущего «аналитического» рисунка, не предполагающего простое «срисовывание с натуры». На рис. 65а можно определить и диаметр сфер, которые могут быть вписаны в поверхность данного кольца. Диаметр сфер будет равен диаметру образующей окружности, центры сфер расположатся на окружности,

по которой вращается центр образующей окружности.

Второй этап.

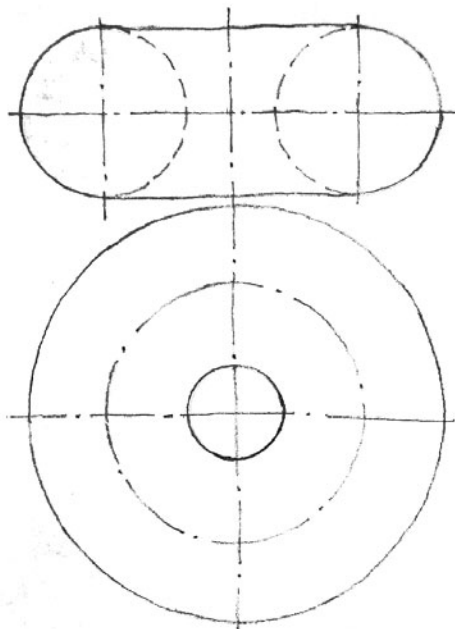
Строим наглядное изображение кольца. Рисуем ось вращения — вертикально, и отмечаем на ней центр будущего экватора, горла, окружности вращения центра образующей окружности (рис. 65б). Проводим из центра большую ось эллипса, в виде которого изобразится данная окружность — горизонтально. Малая ось совпадает по направлению с осью вращения кольца. Откладываем размеры: величина большой оси эллипса равна истинной величине диаметра окружности, по которой движется центр образующей окружности, малая ось эллипса приблизительно составляет 0,6 этого диаметра. Рисуем эллипс.

Третий этап.

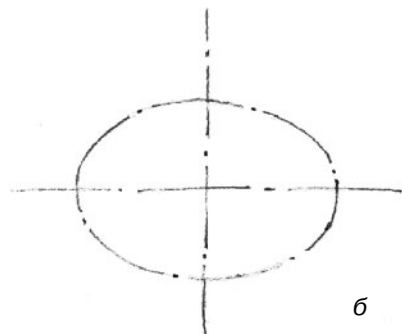
Центры вспомогательных вписанных сфер располагаются на построенном эллипсе. Строим окружности — очерки сфер. Диаметры окружностей-очерков сфер равны диаметру образующей окружности тора — измеряем по чертежу рис. 65а, и «крутим» ряд очертаний сфер на рис. 65б.

Четвёртый этап.

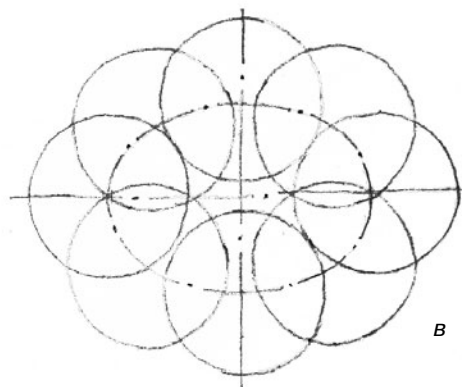
Проводим очерковые линии кольца касательно очеркам вспомогательных сфер (рис. 65б). Наружная очерковая линия — плавная симметричная кривая. Внутренний очерк «отверстия» образуют две кривые линии. Слева и справа эти линии касаются контуров крайних вписанных сфер, центры которых совпадают с концами большой оси эллипса.



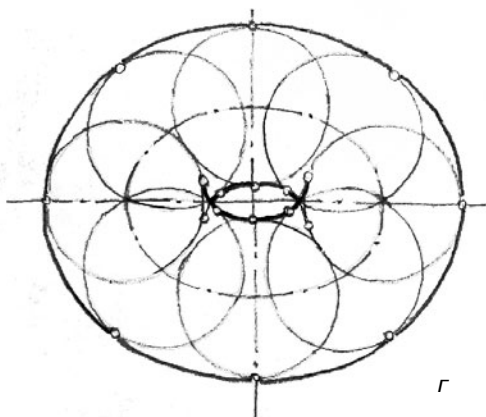
*a*



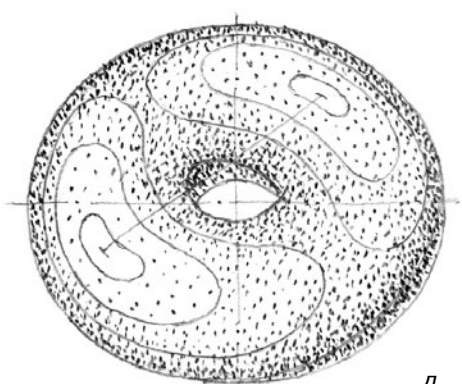
*б*



*в*



*г*



*д*

Рис. 66. Рисование тора-кольца. Способ вписанных сфер



В этих симметричных точках касания ( $NN$  и  $MM$ ), называемых **точками возврата**, каждая из кривых заканчивается — обрывается. Пересекаются обе кривые также в симметричных точках ( $KK$ ). При этом линия, являющаяся очерком передней верхней поверхности «впадины» тора будет видна полностью — между точками  $NN$ . Кривая, являющаяся очерком задней нижней части поверхности «впадины» видна только между точками  $KK$  — где она не закрыта передним очерком.

Несколько упрощённый вариант рисования кольца показан на рис. 66а-д. Первый и второй этапы рисования аналогичны рассмотренным на рис. 65. При рисовании очерков вписанных сфер (рис. 66в) количество их можно уменьшить, изобразив крайние сферы с центрами в концах большой и малой осей эллипса, на котором расположены центры, и ещё четыре симметричные между собой дополнительные сферы. Центры дополнительных сфер лучше выбирать на участке наибольшего изгиба эллипса. На рис. 66д светотень на поверхности кольца нанесена точками, но приблизительные границы освещённости проведены линиями для лучшей их видимости. У тора-кольца будут две границы тени — на наружной поверхности, и на поверхности «отверстия» — внутренняя. От внутренней границы виден весьма небольшой участок. Бликов на поверхности кольца также будет два, оба — на верхней половине поверх-

ности. Центральные точки бликов находятся в плоскости, проходящей через ось вращения и совпадающей по направлению с направлением световых лучей.

На рис. 67а,б можно посмотреть нанесение светотени на поверхности кольца и яблока способом отмывки.

Другие варианты нанесения границ освещённости на поверхности кольца представлен на рис. 68а-г.

Рисование очерков тора-кольца и тора-яблока с помощью способа вспомогательных сечений требует аккуратной и точной прорисовки эллипсов, которые представляют на рисунке изображения окружностей-параллелей и окружностей-меридианов, нанесённых на поверхность кольца и яблока. Такие примеры рисования данных очерков находим у Н.Н.Ростовцева — рис. 69а,б. Нанесение светотени на криволинейных поверхностях вращения способом шраффировки даёт хорошие, выразительные результаты, но сложно по выполнению. На рис. 68г торový элемент технической детали выглядит достаточно убедительно, но для выявления его поверхности пришлось построить множество параллелей с меняющейся толщиной линий, и пересечь их ещё большим количеством меридианов, меняющих кривизну в зависимости от поворота их плоскости.

Рисование древнеегипетской вазы из собрания ГМИИ им. А.С.Пушкина с применением способа сечений и способа вписанных сфер представлено на рис. 70.

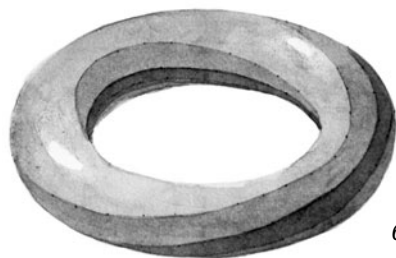
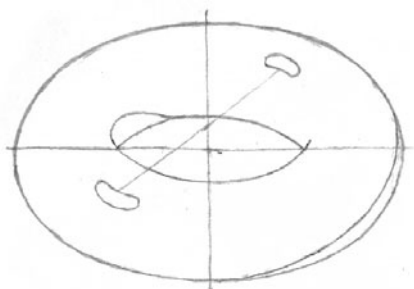


а

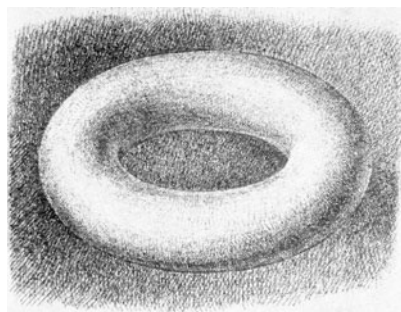
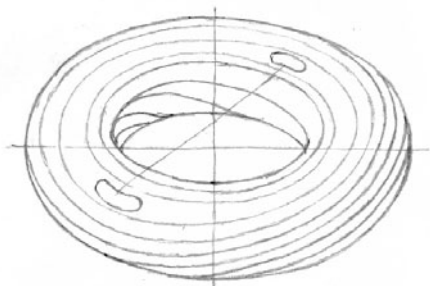


б

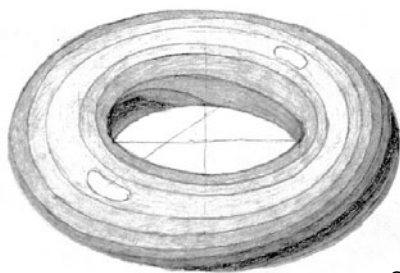
Рис. 67. Светотень на поверхности: а) тора-кольца; б) тора-яблока



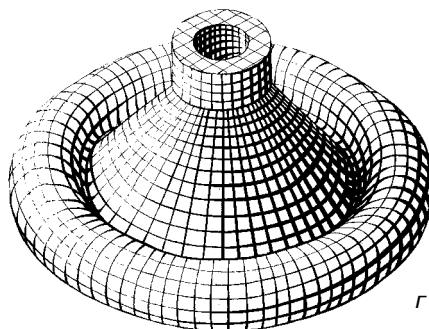
б



в



а



г

Рис. 68. Светотень на поверхности тора-кольца

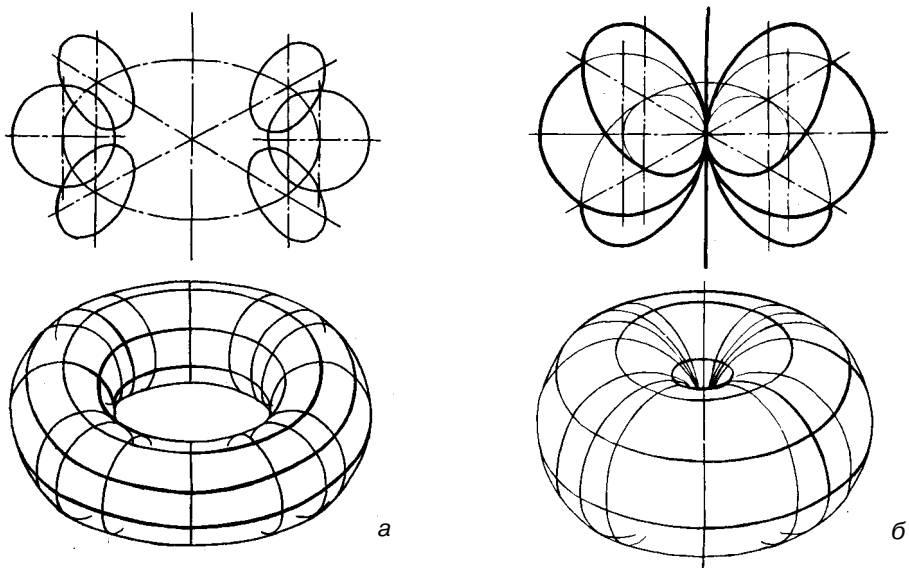


Рис. 69. Рисование очерков тора-кольца и тора-яблока способом вспомогательных сечений по Н.Н. Ростовцеву

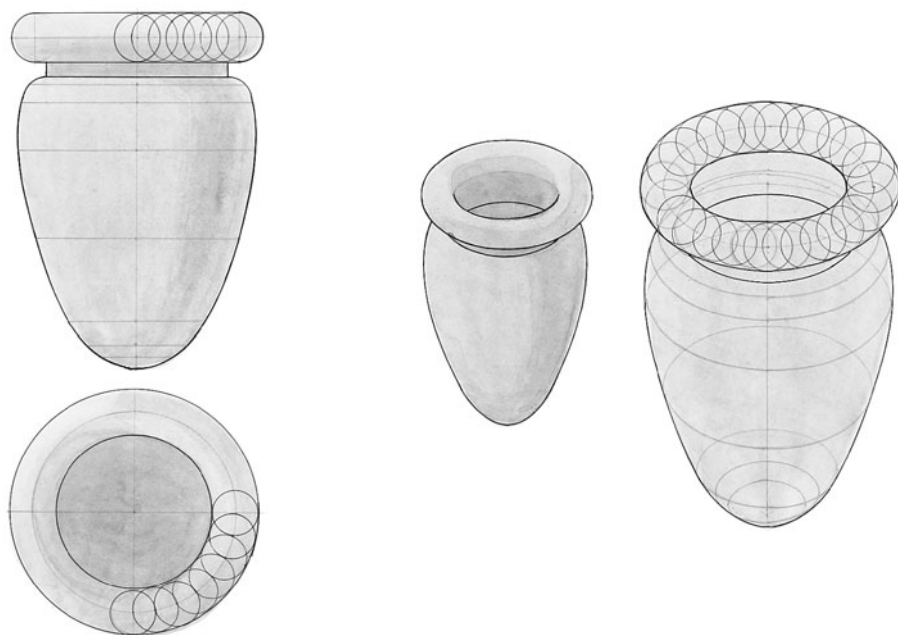


Рис. 70. Рисование древнеегипетской вазы. Способ сечений и вписанных сфер

## Вопросы для повторения

1. Как образуется очерк поверхности на её изображении (чертеже, рисунке)?
2. Что называется контуром видимости?
3. Как нужно ориентировать криволинейную поверхность вращения (тор-лимон, тор-яблоко, тор-кольцо) относительно координатных осей, чтобы получить при её проецировании (на рисунке, при рисовании) наглядное изображение этой поверхности?
4. Какие элементы поверхностей вращения вы знаете?
5. Как рисовать очерк поверхности вращения способом вспомогательных сечений? Какие поверхности удобно рисовать таким способом?
6. Как использовать способ вписанных сфер и для рисования очерков каких поверхностей он лучше подходит?
7. Какими линиями на рисунке ограничиваются зоны освещённости при рисовании тора-лимона, яблока, кольца?
8. Какие способы нанесения светотени применяют наиболее успешно для нанесения светотени на рисунках кривых поверхностей?

## Практическое задание

Нарисуйте очерки тора-лимона, тора-яблока, и тора-кольца с помощью вспомогательных сечений или вписанных сфер. Определите зоны освещённости и нанесите светотень способами шраффировки, точечным, тушёвки, или акварелью.

Формат работы А3. Материал — простой или цветной графитный карандаш, акварель.

**Примеры выполненных заданий см. рис. 57а, б, 67а, б, 68б, г, 112.**

# Лекция 5

## Нанесения светотени способом отмывки

1. Применение отмывки.
2. Этапы выполнения отмывки.

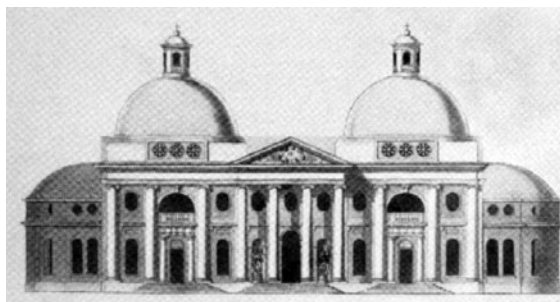
### Применение отмывки

Нанесение светотени на рисунках и чертежах способом отмывки выполняется тушью, разбавленной водой — рис. 71а, б, рис. 73а, б, рис. 75а, б, рис. 76б, или акварелью — рис. 74а-г, рис. 75в, г, рис. 76а, в.

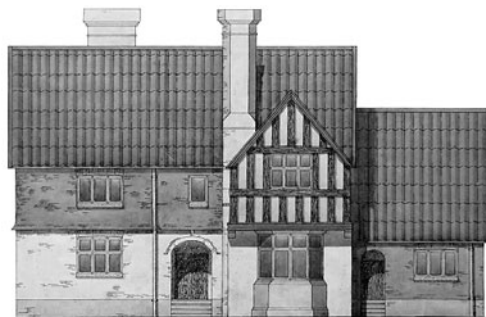
Сущность способа отмывки заключается в ровном, без затёков и пятен, нанесении красящего материала необходимого тона. Для этого тон нужной интенсивности получают не за один приём, не сразу, а методом последовательного наслаивания более светлых тонов друг на друга до тех пор, пока требуемая плотность в итоге не будет получена. Чем больше слоёв краски будет использовано, чем более жидко должна быть разведена краска в каждом слое, тем ровнее будет итоговый тон, тем больше градаций в моделировке светотени можно получить. Заметим, что отмывка тушью более трудоёмка, но позволяет добиться бо-

лее качественного, тонкого и прозрачного нанесения светотени. Акварель даёт менее ровный, сравнительно грубоватый тон, но работать акварелью быстрее и проще. При достаточном навыке, аккуратности и терпении, отмывка акварелью может почти не отличаться по качеству от отмывки тушью. (Сравните рис. 75б и 75в.)

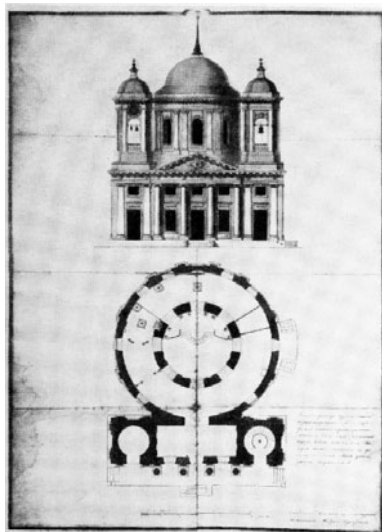
Отмывка традиционно применялась и применяется до сих пор на наглядных изображениях и чертежах в архитектурных проектах — рис. 71а-г. Используется отмывка и в графических изображениях-иллюстрациях в литературе (рис. 72), в плакатах и чертежах (рис. 73а, б), при выполнении различного рода наглядных изображений на учебных заданиях (рис. 74, 75, 76). На рис. 77а-г представлены примеры работ известных архитекторов, выполненные в технике отмывки.



а



в



б



г

Рис. 71. Способ отмытки в архитектурных проектах:

а) Ярополец. Проект Казанской церкви. XVIII в.; б) Пехра-Яковлевское. Фасад и план Преображенской церкви. XVIII в.; в) фасад здания; г) интерьер (см. цв. вкл.)

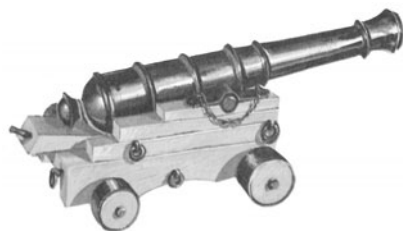
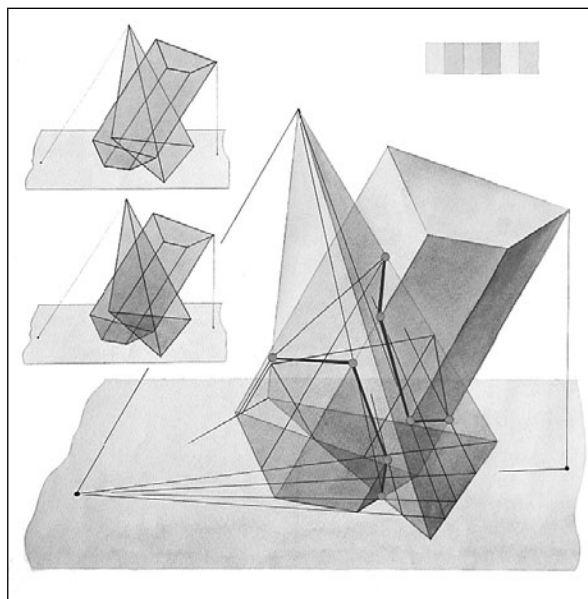
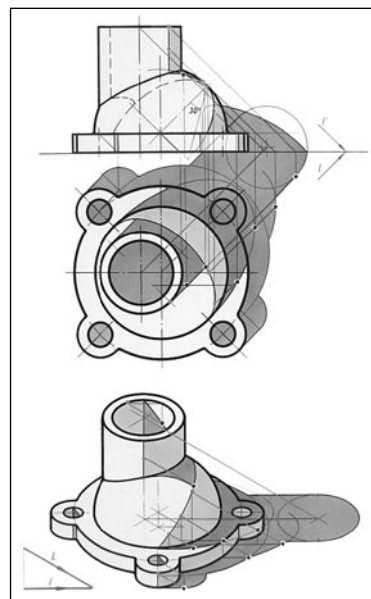


Рис. 72. Применение отмытки в иллюстрациях исторической литературы.  
Корабельная пушка. XVIII в. (см. цв. вкл.)

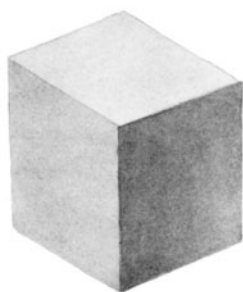


а

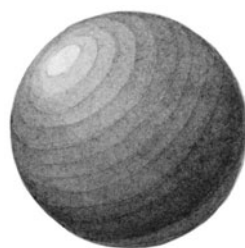


б

Рис. 73. Способ отмывки в наглядных изображениях на учебных плакатах и чертежах (см. цв. вкл.)



а



б



в



г

Рис. 74. Нанесение светотени на рисунках геометрических тел способом отмывки: а) куб; б) шар; в) конус; г) многогранник (см. цв. вкл.)

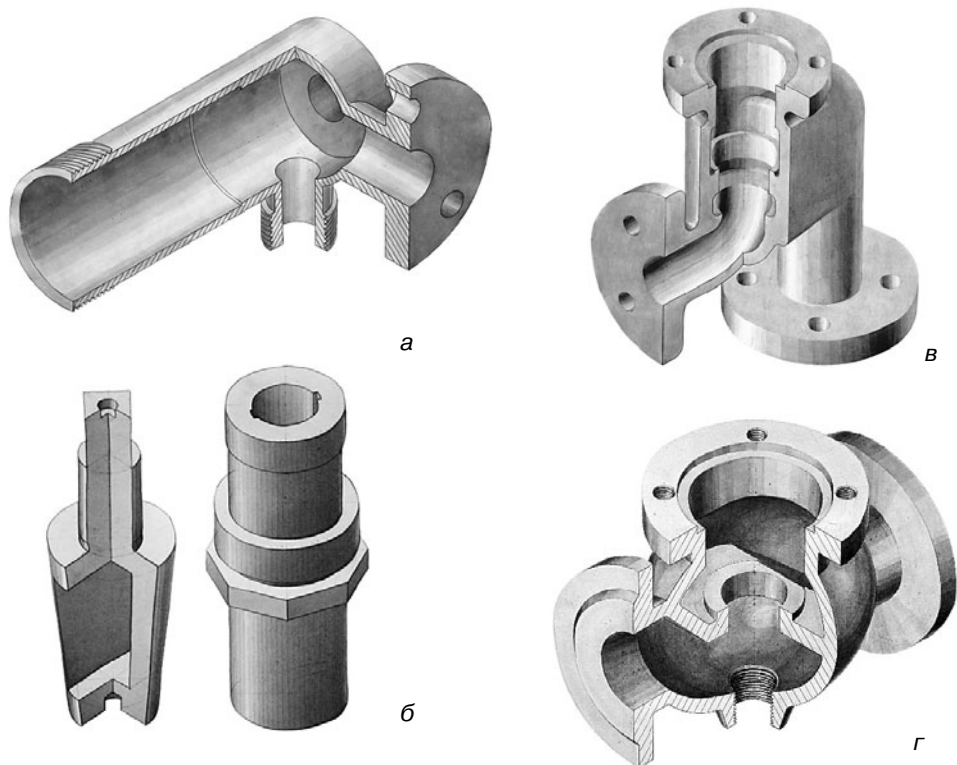
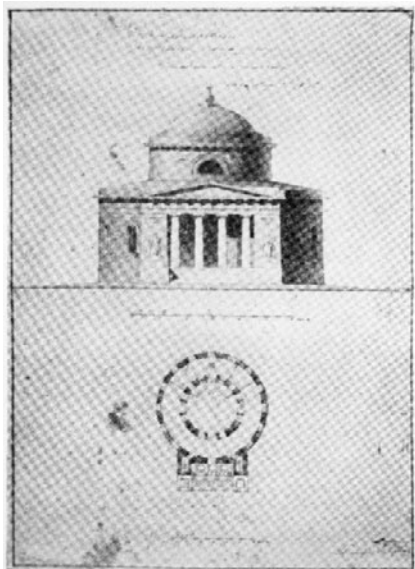


Рис. 75. Нанесение светотени на рисунках технических деталей способом отмычки (см. цв. вкл.)

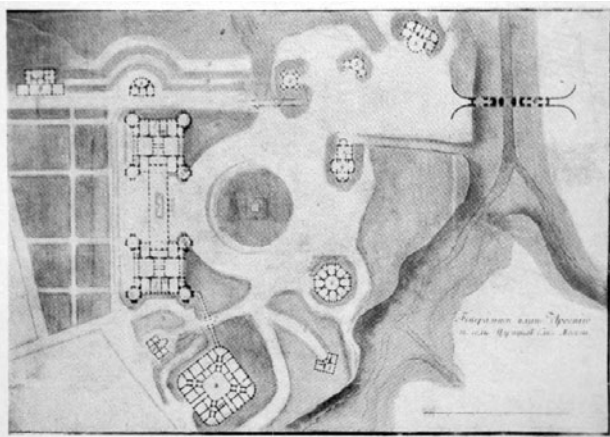


Рис. 76. Светотень на рисунках бытовых предметов. Способ отмычки (см. цв. вкл.)





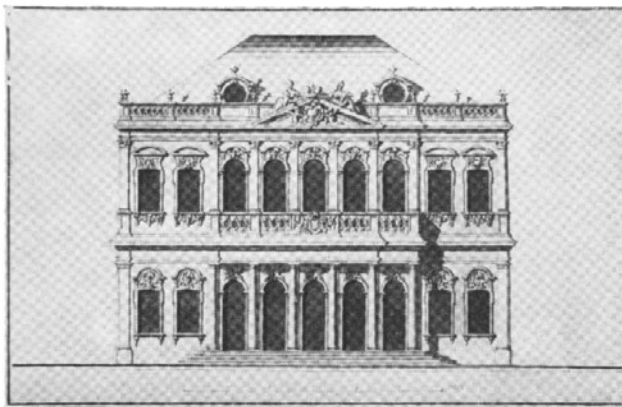
а



б



в



г

Рис. 77. Отмывки, выполненные архитекторами:  
а) Д. Жилярди; б) М.Ф. Казаковым; в) В.И. Баженовым; г) Д.В. Ухтомским

## Этапы выполнения отмывки

Для выполнения отмывки может использоваться акварельная бумага, но ещё лучше — плотная и гладкая ватманская чертёжная бумага, более выносливая и ровная. Бумагу предварительно лучше натянуть на планшет, чтобы она не коробилась при работе водяными красками. Ещё понадобятся акварельные краски или тушь, акварельные кисти разной величины, небольшая чашечка-плошка для разведения постоянного водного раствора краски.

Последовательность выполнения отмывки смотрим на рис. 78а-з.

Первый этап.

Рисование контуров изображаемого предмета и нанесение границ

зон освещенности его поверхностей (рис. 78а). Делать это лучше простым карандашом тонкими линиями, по возможности избегая стирания неверных линий. Ненужные линии, если они не слишком заметны, можно оставить, так как они закроются краской. Стирание же непоправимо портит бумагу, краска будет в этих местах въедаться и расплываться, и результат всей работы будет испорчен.

Второй этап.

Перед нанесением краски бумагу следует промыть водой, тогда краска будет ложиться быстрее и ровнее, без затёков. Промывать бумагу лучше таким образом. Расположить планшет с небольшим наклоном. Взять

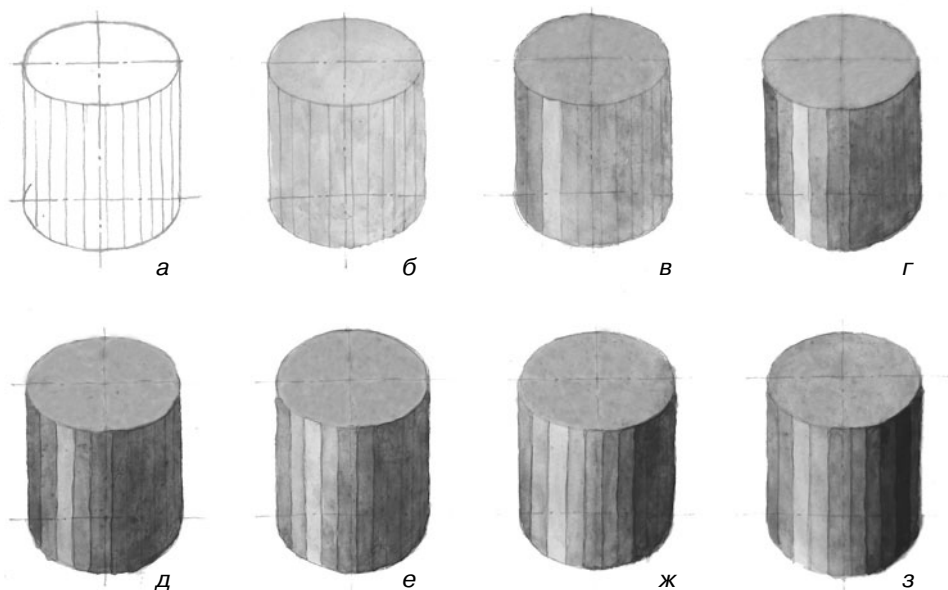


Рис. 78. Этапы выполнения отмывки (см. цв. вкл.)

большую акварельную кисть, и с её помощью смачивать бумагу, начиная сверху, нанося воду горизонтальными полосками и сгоня излишки воды (капли) вниз. Проверять, чтобы бумага хорошо смочилась, и возможные жирные пятна смылись.

#### Третий этап.

Разводим лёгкий прозрачный тон водяной краски (на рис. 78 — акварели). Желательно развести данный раствор с запасом, побольше, в какой-нибудь чашке или плошке, чтобы его хватило на все предстоящие прокладки тональных слоёв, и чтобы все они, таким образом, оказались одной интенсивности. Быстро и аккуратно закрашиваем сверху вниз (сохраняя наклонным планшет) будущее изображение в пределах его контура — как плоскую фигуру, равномерно (рис. 78б). Вспоминаем, что даже будущий блик на его поверхности должен быть впоследствии темнее белого фона на нашем рисунке. Образовавшиеся внизу рисунка капли краски можно удалить, промакнув их отжатой кистью. Если на этом этапе краска не очень ровно закрыла плоскость рисунка, и появились небольшие затёки и пятна — огорчаться особенно не стоит — эти дефекты почти незаметно закроются последующими слоями краски. Не нужно только затёки пытаться размыть или перекрыть краской заново. Сушим бумагу до полного высыхания и натягивания на планшете.

#### Четвёртый этап.

Тем же раствором краски закрашиваем равномерно всю плоскость изображения, кроме наиболее свет-

лой его части (блика, например — см. рис. 78в). Сушим бумагу.

#### Пятый этап.

Теперь отступаем от предыдущего участка наложения краски ещё на одну зону, которая останется тоном предыдущего слоя краски, и закрашиваем равномерно все более тёмные части изображения тем же постоянным раствором краски (рис. 78г). Сушим.

#### Шестой — восьмой этапы

(рис. 78д-ж).

Последовательно отступая на одну зону освещённости, которая должна остаться светлее (предыдущего тона), закрашиваем оставшуюся часть изображения равномерными слоями краски, просушивая каждый слой.

#### Девятый этап (рис. 78з).

Наносится последний слой краски на наиболее тёмный участок изображения — там, где расположена граница собственной тени. Рефлекс, таким образом, остаётся тоном предыдущего слоя, и чуть подсвечивает поверхность со стороны её контакта с фоном (справа на рис. 78з).

Рассматривая рис. 78, делаем вывод, что при большем числе прослоек краски и большем количестве заранее намеченных зон освещённости, боковая поверхность изображённого цилиндра имела бы более плавные переходы от света к тени, и, следовательно, более походила на нашем рисунке на круглую поверхность вращения. При меньшем числе прослоек краски подобные кривые поверхности обретают на изображении впечатление «ребристости» и приближаются к образу гранёных.

Цветные рефлексy могут сделать отмывку более живописной. Дополнительные цвета при прокладке следующих прослоек красочных тонов можно вводить на завершающих этапах отмывки (рис. 79г-е), или на начальном этапе (рис. 79а-в).

Этапы нанесения светотени способом отмывки на рисунке модели технической детали представлены на рис. 80а-г. Последовательность выполнения отмывки при рисовании сборочной единицы показана на рис. 81а-д.

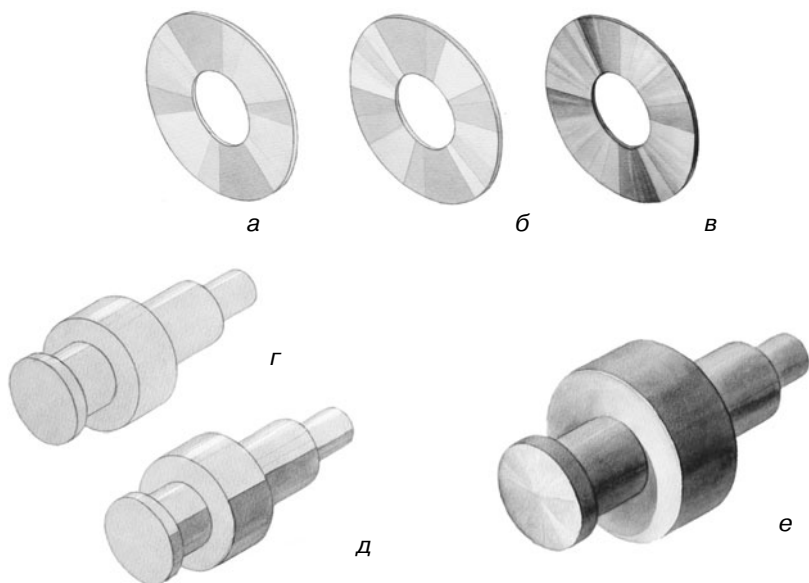


Рис. 79. Цветные рефлексy в отмывке (см. цв. вкл.)

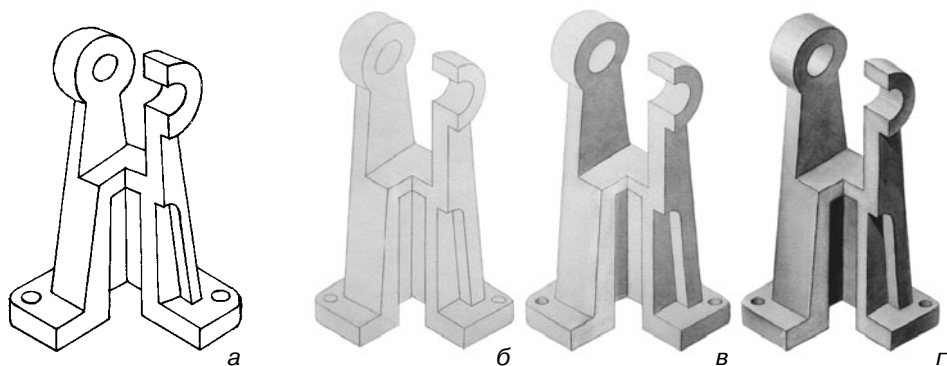


Рис. 80. Этапы нанесения светотени на рисунке модели технической детали

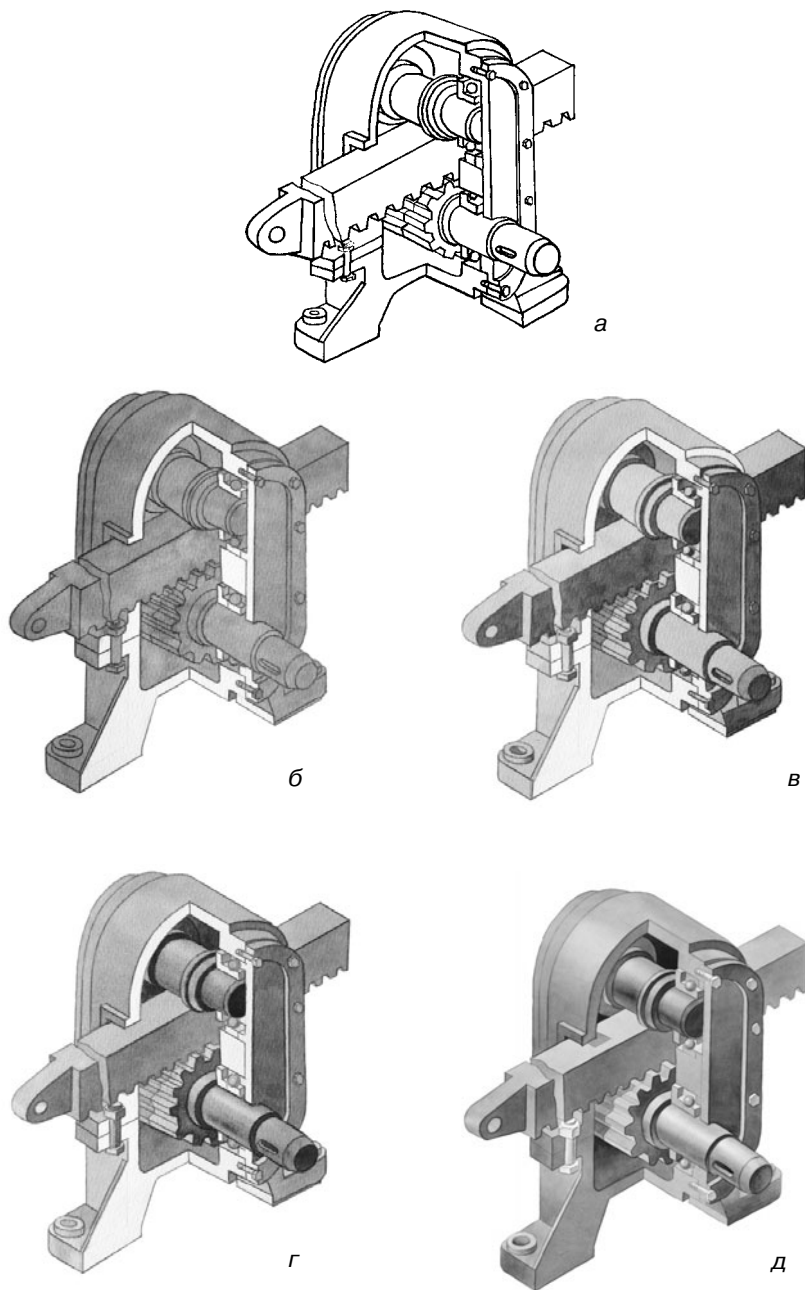


Рис. 81. Этапы нанесения светотени способом отмывки при рисовании сборочной единицы (см. цв. вкл.)

## Вопросы для повторения

1. Назовите известные вам области применения отмывки.
2. В чём заключается сущность способа отмывки?
3. Какова последовательность выполнения отмывки?
4. Какие материалы используются для отмывки?
5. Как должен выполняться подготовительный рисунок для отмывки?
6. Как нужно подготовить бумагу перед нанесением слоёв акварели, туши?
7. Как правильно составить раствор акварели, туши для нанесения на бумагу?

## Практическое задание

Нарисуйте очерки многогранника, геометрического тела вращения с линейчатой поверхностью (цилиндр, конус), тела вращения с криволинейной поверхностью (шар, тор-лимон, яблоко, кольцо, произвольная поверхность типа «ваза»). Тонкими линиями нанесите границы зон освещённости. Нанесите светотень способом отмывки акварелью или тушью.

Формат А3. Материалы: простой графитный карандаш, акварель, тушь.

**Примеры выполненных заданий см. рис. 2б, 61б, г, 74а-г, 76а-в.**

## Лекция 6

### Рисование изображений, нанесённых на поверхность предмета. Способ вспомогательной сетки

1. Способ вспомогательной сетки при рисовании с натуры и по воображению.
2. Рисование изображений на развёртываемых поверхностях.
3. Рисование изображений на не развёртываемых поверхностях.

#### Способ вспомогательной сетки при рисовании с натуры и по воображению

При рисовании каких-либо изображений или рельефов на поверхностях предметов при выполнении их технических рисунков можно использовать сам предмет, объект рисования. Тогда, как правило, при рисовании с натуры, рисовальщик

использует «способ» «срисовывания», наблюдая непосредственно, как изображение «обёртывается» по той или иной поверхности предмета, и старается возможно точнее передать этот эффект на своём рисунке (рис. 82а, б).



а



б

Рис. 82. Нанесение изображений на поверхности предметов. Способ «срисовывания». Сосуды культур доколумбовой эпохи Америки (см. цв. вкл.)



Рис. 83. Нанесение вспомогательной сетки на поверхность предмета при рисовании с натуры. Фотографии кувшина

Второй способ переноса изображений, расположенных на поверхности предмета, на его технический рисунок, заключается в использовании вспомогательной сетки, наносимой на поверхность предмета. Сетку можно нарисовать на поверхности предмета каким-либо мягким, хорошо стирающимся материалом — мелом, углём, ретушью (рис. 83б, в). Линии сетки должны делить поверхность по основным её элементам и направлениям (на рис. 83а, б — по меридианам, параллелям, экватору). На техническом рисунке предмета наносится аналогичная сетка — изображение натуральной, с учётом соответствующих искажений (рис. 84). Заметим, что для удобства, линии параллелей на рис. 83б, в — 84 проведены по верхней и нижней границе пояса изображений на поверхности предмета, линии меридианов делят поверхность по плоскости симметрии предмета —

пополам, затем ещё пополам — на  $\frac{1}{4}$ , и ещё пополам — на  $\frac{1}{8}$  части. Определяя на глаз характерные точки пересечения контуров изображения на натуральном предмете с линиями сетки, на техническом рисунке находим эти точки на соответствующих линиях сетки и по ним рисуем всё изображение в целом. Способ вспомогательной сетки более трудоёмкий, чем простое «срисовывание», но и более точный, и позволяет избежать многих ошибок и небрежностей.

Отметим ещё одно пожелание. Как сориентировать предмет при рисовании с натуры? Располагать предмет так, что мы на рисунке увидим его «профиль», как на фотографии рис. 83б не следует. Такое «фронтальное» изображение не обладает всеми качествами наглядности, о которых говорилось выше. Кроме того, и это особенно важно, при данном положении предмета невозможно правиль-



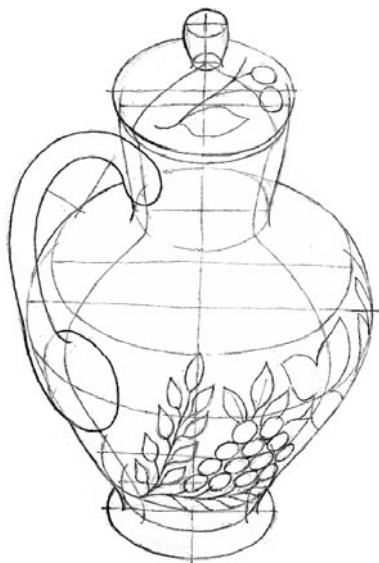


Рис. 84. Нанесение вспомогательной сетки на техническом рисунке кувшина при рисовании с натуры

но ориентировать меридианы сетки параллельно координатным плоскостям при рисовании в аксонометрии. Следует выбрать такой поворот, «ракурс», когда плоскость симметрии предмета (и его соответствующих меридианов) параллельна либо координатной плоскости  $zOy$  (рис 83в), либо  $zOx$  (рис 83а). На рис. 83в хорошо читается пространственная форма «носика» кувшина, но не видна конструкция крепления ручки к корпусу. На рис. 83а «носик» не виден, зато все детали ручки хорошо просматриваются. Как было уже отмечено выше, на одном наглядном изображении отразить максимально удачно все элементы сложных предметов часто не возможно, приходится выбирать наилучшее положение пред-

мета, или рисовать несколько его изображений «с разных сторон», разных «точек зрения».

Изображения, нанесённые на поверхность предмета, могут быть не симметричными, и полностью увидеть их можно, только поворачивая предмет перед глазами и меняя таким образом «точку зрения» (рис. 83). Однако целостную картину всей композиции изображений можно получить, только построив развёртку поверхности вместе с очертаниями изображений.

Если технический рисунок выполняется по воображению, скажем, мы рисуем не существующий предмет, то «срисовать» изображения на его поверхности не удастся, более того, композицию этих изображений нужно сначала придумать, а потом «обернуть» по поверхности. В этом случае способ вспомогательной сетки может использоваться в двух вариантах. Первый, простейший, предполагает рисование наглядного изображения предмета и приблизительной (похожей) развёртки его поверхности (рис. 85). Далее рисуется вспомогательная сетка на развёртке и переносится на изображение данной поверхности на техническом рисунке. Линии сетки должны делить поверхность по возможности равномерно и проводиться в соответствии с направлением параллелей, меридианов, образующих и т.п. линий данной поверхности. Затем на развёртке можно нарисовать композицию будущих изображений (на рис. 85 выполнена развёртка  $1/2$  поверхности и нари-



Рис. 85. Вспомогательная сетка на техническом рисунке предмета и развёртке его поверхности (см. цв. вкл.)

сована  $\frac{1}{2}$  часть изображений — видимая). После этого, по точкам пересечения с сеткой, очертания изображений переносятся на технический рисунок.

Если мы хотим построить более точный рисунок, если поверхности предмета сложны для выполнения развёртки, если желательно выдержать более верно пропорциональные соотношения рисунка и размеров предмета, заданных на его чертеже или эскизе в системе проекций, то можно более точно привязать технический рисунок и развёртку к чертежу или эскизу. На рис. 86а вначале построены фронтальная и горизонтальная проекции некоторого цилиндра и тем самым определены разме-

ры остальных изображений — развёртки его поверхности и изометрии. Далее наносится вспомогательная сетка, делящая поверхность по образующим и параллелям. Затем нарисовано изображение на развёртке, построены по точкам его фронтальная и горизонтальная проекции, в заключение изображение перенесено на изометрию поверхности. На рис. 86б аналогичные действия выполнены при рисовании изображения на поверхности тора-лимона. Данную последовательность действий, как наиболее полную и точную, рассмотрим с некоторыми упрощениями, применительно к техническому рисованию, где все построения выполняются от руки.

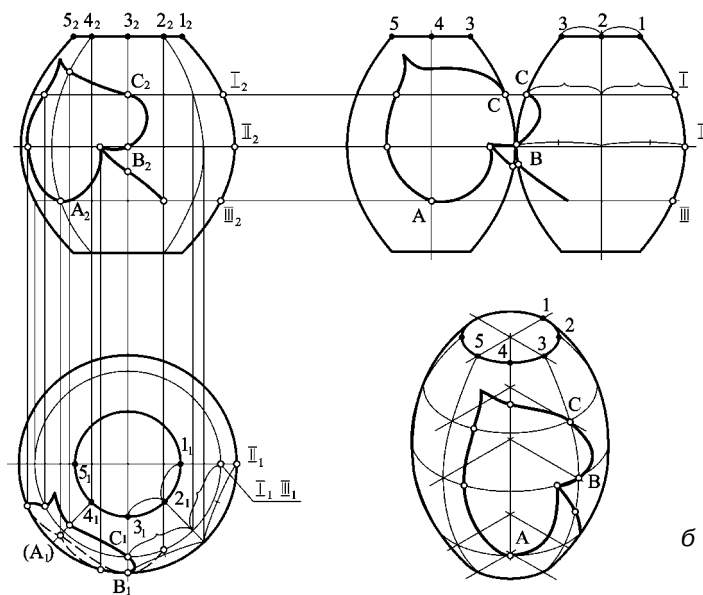
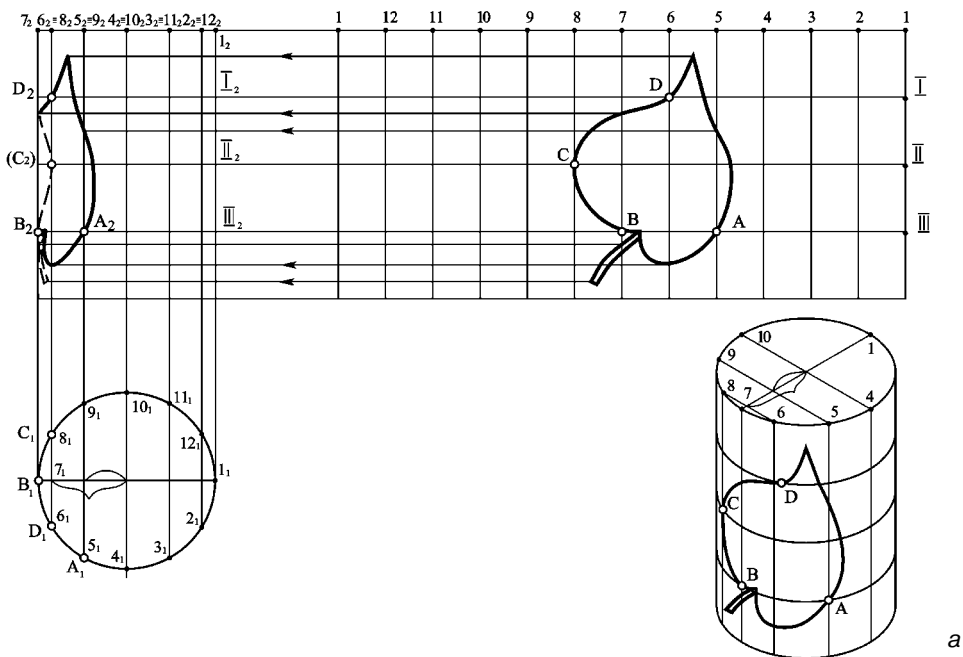


Рис. 86. Вспомогательная сетка на наглядном изображении, развёртке и чертеже в системе двух проекций

## Рисование изображений на развёртываемых поверхностях

Простейшая поверхность, на которой может быть нанесено изображение — плоскость. На рис. 87 очертания трилистника построены на боковой грани пирамиды последовательно — сначала на развёртке, представляющей натуральную величину грани, затем на эскизе пирамиды в системе двух проекций (виде спереди и сверху), затем очертания трилистника перенесены на наглядное изображение (приблизительно изометрическое) пирамиды. Линии вспомогательной сетки делят основания равнобедренной трапеции — грани пирамиды, — пополам, и ещё раз пополам — на  $\frac{1}{4}$  части. Горизонтальная линия сетки

в данном примере одна — она делит высоту трапеции пополам. При более сложном очертании, или при больших его размерах, количество линий сетки в обоих направлениях можно удваивать. Обратим внимание, что при рисовании наглядного изображения весьма желательно придерживаться ориентации предмета относительно осей  $x, y, z$ , заданном на эскизе — виде пирамиды спереди и сверху.

На рис. 88 изображение очертаний листа нанесено на развёртке, эскизе в двух проекциях, и техническом рисунке (изометрическом) цилиндрической поверхности. Развёртка цилиндрической поверхности представляет

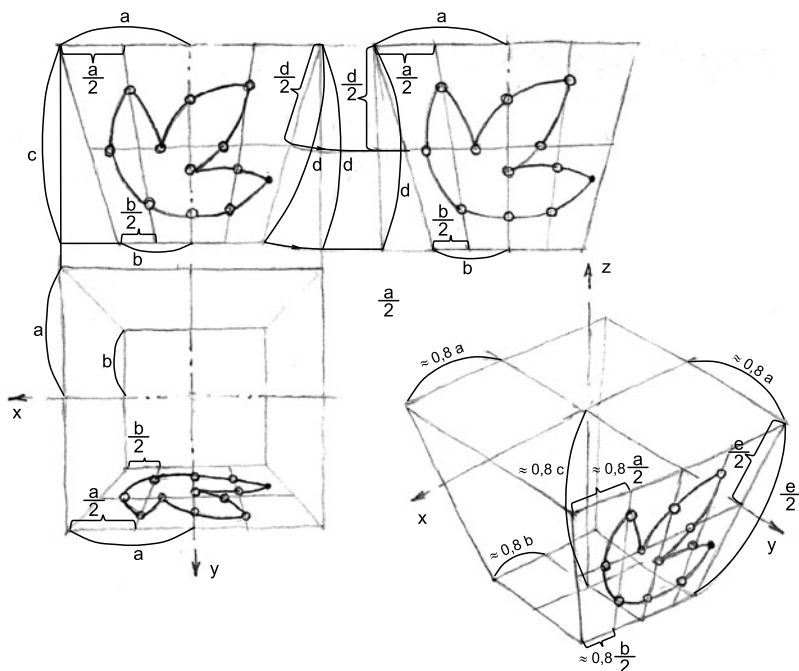


Рис. 87. Рисование изображений на плоскости

собой прямоугольник, высота которого равна высоте цилиндра (или длине его образующей), длина развертки равна длине окружности основания цилиндра. На рис. 88 длина окружности основания на развёртке построена приблизительно. Окружность разделена на восемь равных частей, и отрезки хорд, соединяющих соседние деления, приняты за длины соответствующих дуг окружности. Таким образом, отрезки  $1_1 2_1 = 2_1 3_1 = 3_1 4_1 \dots$  отложены последовательно на развёртке в виде отрезков  $12 = 23 = 34 \dots$  (На рис. 88 построена не полная развёртка цилиндрической поверхности, а только её  $\frac{5}{8}$  часть — та, что будет видна на техническом рисунке при данном положении, ориентации объекта от-

носительно осей  $x, y, z$ .) Заметим, что точки деления окружности основания удобно использовать для проведения вертикальных линий вспомогательной сетки — по образующим цилиндра. Второе направление линии сетки на рис. 88 — параллель цилиндра, делящая поверхность пополам. На техническом рисунке цилиндра образующие 2 и 6 определяются при делении эллипса-изображения окружности основания диаметром, параллельным оси  $x$ . Образующая 4 определится в пересечении эллипса диаметром, параллельным оси  $y$ . Образующие 1 и 5 пройдут через концы большой оси эллипса и будут разграничивать видимую и невидимую части поверхности на рисунке. Образующая 3 совпа-

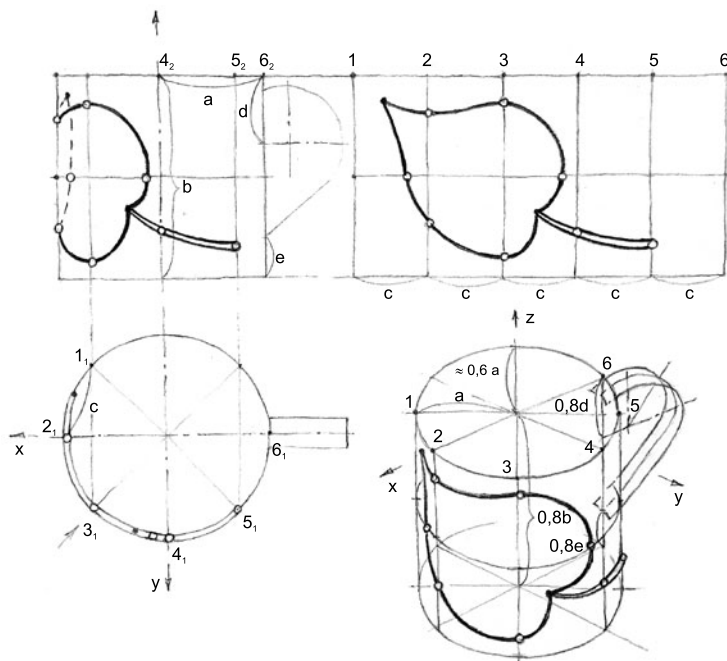


Рис. 88. Рисование изображений на цилиндрической поверхности

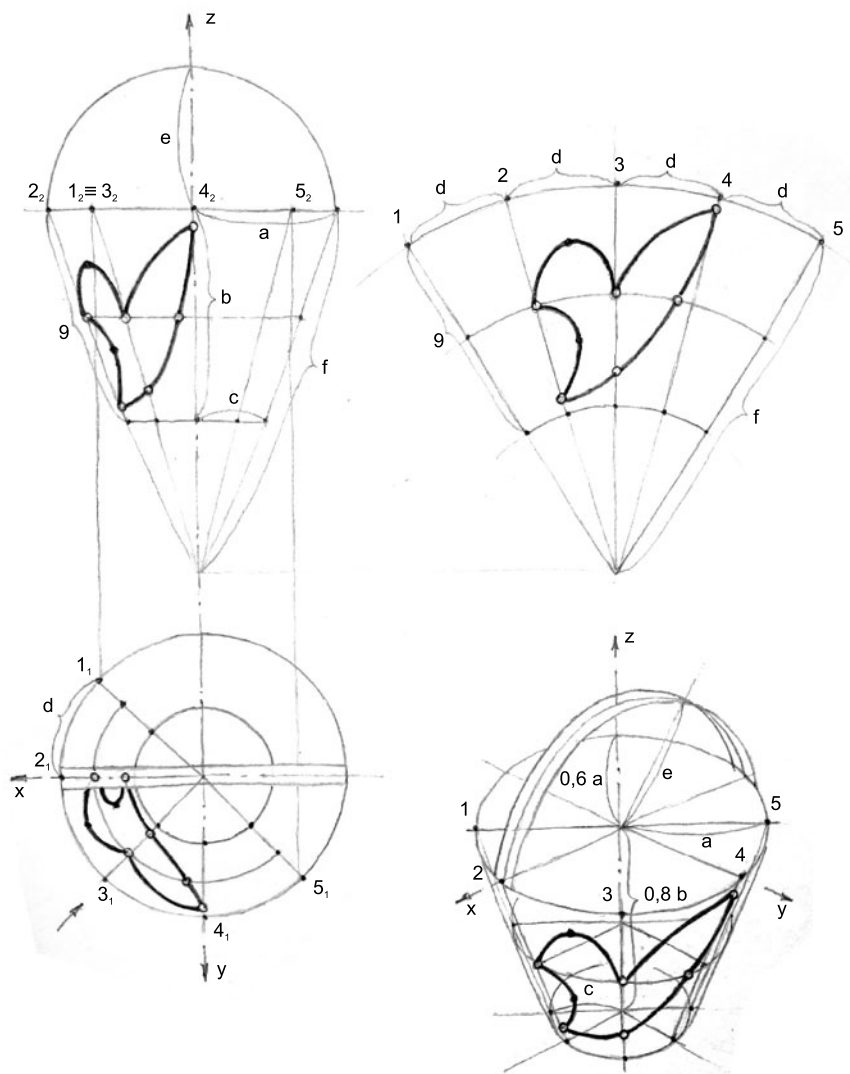


Рис. 89. Рисование изображений на конической поверхности

дает на рисунке с направлением оси цилиндра. «Горизонтальная» линия сетки на рисунке изобразится в виде эллипса, такого же, как эллипсы оснований, и расположенного в середине между ними.

Коническая поверхность развёртывается в виде сектора круга (рис. 89). Радиус круга равен длине образующей конуса. Длина дуги окружности, в которую развёртывается окружность основания конуса, может быть

найдена приблизительно — с помощью длин вписанных хорд, полученных при делении окружности основания на равные части — аналогично предыдущему примеру с цилиндром. Точки деления можно использовать для проведения линий вспомогательной сетки — по образующим, в вершину конуса. Второе направление линий сетки на конической поверхности — по параллелям (на рис. 88 использована одна, средняя параллель). На наглядном изображении — техническом рисунке — положение точек деления на основании конуса, строим, исходя из тех же соображений, как на основании цилиндра. Образующие — линии сетки — на наглядном изображении будут направлены в вершину конуса. Если вершина конуса на рисунке

не построена (рис. 89), то направление образующих можно определить, соединяя отрезками прямых соответствующие точки деления на обеих основаниях (усечённого) конуса. Второе направление сетки — средняя параллель на рис. 89 изобразится в виде эллипса с центром в середине высоты усечённого конуса. Величина большой оси этого эллипса определится в пересечении её направления (горизонтального на рис. 89) с образующими 1 и 5. Напомним, что образующие 1 и 5, проходящие через концы больших осей эллипсов, не являются очерковыми на нашем рисунке. Очерковые образующие будут касаться эллипсов — изображений оснований (и средней параллели) и разделят поверхность на видимую и невидимую части.

## Рисование изображений на не развёртываемых поверхностях

Рассмотрим кратко построение изображений на не развёртываемых (криволинейных) поверхностях вращения. К таким относятся все виды торовых поверхностей, образующихся вращением дуги окружности, а также криволинейные поверхности, образованные вращением других кривых линий. Развернуть подобные поверхности и совместить с плоскостью без искажения, большого количества разрезов, растяжений и сжатия — невозможно, поэтому строят их приближённые развёртки.

Пример нанесения изображения на поверхность тора-лимона показан на рис. 90. Поверхность лимона ограничена двумя параллельными

одинаковыми срезами — по параллелям, и напоминает «бочку». На рис. 90 построены — эскизно — вид спереди и сверху, очень приблизительная развёртка, технический рисунок данной «бочки» в изометрии.

Развёртку для удобства нанесения на неё очертаний изображения лучше выполнить без разрывов, при этом возникающие серьёзные искажения сжатия и растяжения поверхности можно вполне допустить, так как для наших целей приблизительного рисования они существенного значения не имеют.

Развёртку  $1/2$  поверхности «бочки» строим следующим образом. Предварительно на эскизе — виде спере-

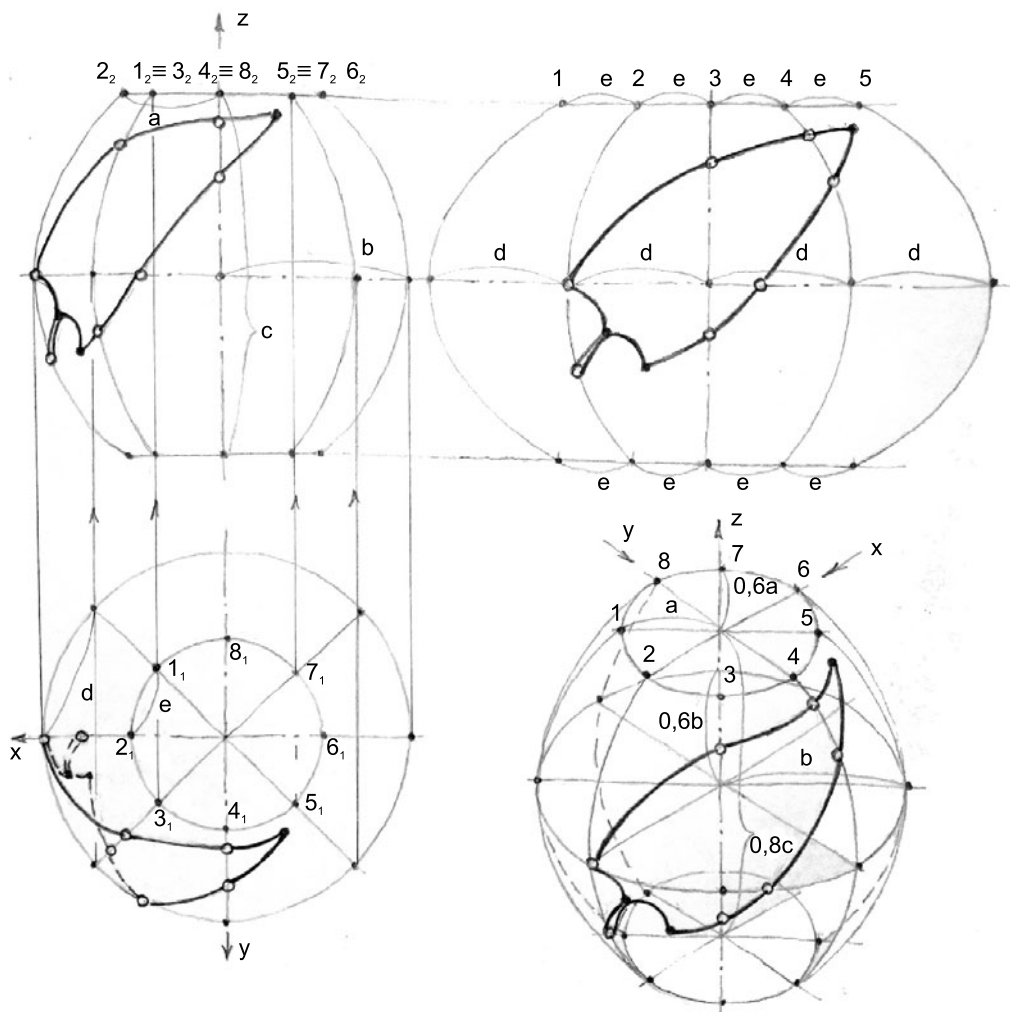


Рис. 90. Рисование изображений на поверхности тора-лимона

ди и сверху, делим поверхность на 8 равных частей меридианами. На виде сверху меридианы проецируются в отрезки прямых и делят на 8 частей параллели («основания» «бочки») и экватор. Меридиан 2 и 6 на виде спереди — очерковые. Меридианы

4 и 8 — совпадают с осью вращения. Меридианы 1 и 3, 5 и 7 проецируются в виде кривых (дуг эллипсов). Высоту развёртки поверхности «бочки» принимаем равной расстоянию между её «основаниями» — срезами (аналогично развёртке цилиндра). Проводим



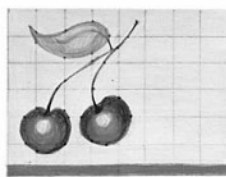
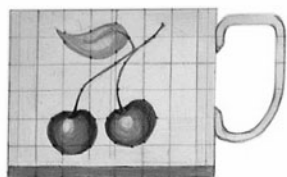
горизонтальные линии связи от «оснований» на виде спереди — вправо — они ограничат развёртку сверху и снизу. Будем считать, что «основания» «бочки», как и основания цилиндра, развернутся в параллельные прямые линии. Экватор развернётся у нас тоже в прямую — проведём от его проекции на виде спереди вправо ещё одну параллельную линию. Далее проведём вертикальную ось симметрии будущей развёртки — с ней совпадёт изображение на развёртке меридиана 3. Разворачиваем  $1/2$  экватора симметрично от меридиана 3 вправо и влево. Для этого откладываем по две хорды, приблизительно равные  $1/8$  длины окружности экватора (размер  $d$ ) вправо и влево. Отмечаем полученные точки на развёртке экватора. Разворачиваем по  $1/2$  части верхнего и нижнего «основания» «бочки». Откладываем от меридиана 3 на развёртке вверху и внизу по две хорды, приблизительно равные  $1/8$  длины окружности «оснований» вправо и влево (размер  $e$ ). Отмечаем полученные на развёртке «оснований» точки. Теперь можно провести линии развёрнутых меридианов — они же линии вспомогательной сетки на развёртке. Заметим, что крайний правый и крайний левый меридиан наиболее изогнуты, искажены — в этом районе поверхность на развёртке растянута. Центральный (3-й) меридиан сильно сокращён, превратился в отрезок, равный хорде его дуги, — здесь поверхность на развёртке сжата.

Наглядное изображение «бочки» строим описанным выше способом

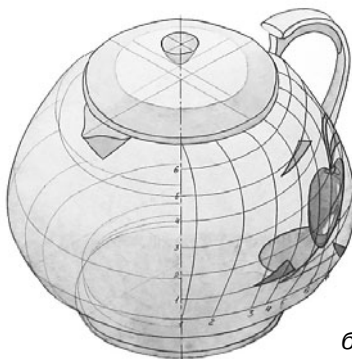
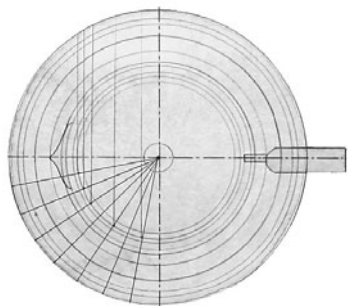
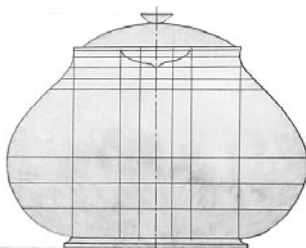
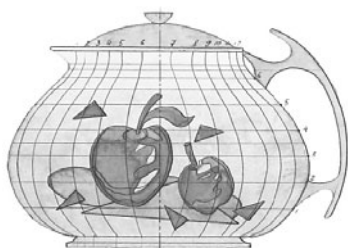
сечений, где изображения вспомогательных сечений — экватора и срезов-«оснований» «бочки» — помогают провести плавные очерковые линии поверхности тора-лимона на нашем техническом рисунке. Изображения экватора и срезов на рисунке представят одно (горизонтальное) направление линий вспомогательной сетки. Второе направление сетки составят изображения меридианов 1—8, которые можно построить через соответствующие точки деления на эллипсах — изображениях окружностей экватора и «оснований». Отметим, что меридианы 1 и 5, проходящие через концы больших осей эллипсов, не являются контурными, очерковыми, и видны выше экватора, а ниже — не видимы. Очерковые линии слева и справа — плавные кривые, касающиеся эллипсов-сечений лимона, и делящие его поверхность на видимую и невидимую.

При нанесении контуров изображения на поверхность «бочки» заметим, что на эскизе её проекций на виде сверху часть контуров изображения, расположенная под экватором, будет не видна, выше — видна. На наглядном изображении «бочки» — техническом рисунке — часть контуров изображения, расположенная под экватором будет искажаться более значительно, чем верхняя, что соответствует высокой «точке зрения» и «лучам зрения», скользящим по нижней поверхности «бочки» под более острым углом, чем по верхней.

Примеры нанесения изображений на поверхности предметов представлены на рис. 91а, б.



а



б

Рис. 91. Нанесение изображений на поверхности предметов способом вспомогательной сетки (см. цв. вкл.)

## Вопросы для повторения

1. Что называется развёрткой поверхности?
2. Какие вы знаете развёртываемые и не развёртываемые поверхности?
3. Как построить развёртку поверхности?
4. Какие фигуры представляют развёртки многогранника, цилиндра, конуса, тора?
5. В чём заключается сущность способа вспомогательной сетки, применяемой для построения очертаний рисунка, нанесённого на ту или иную поверхность предмета?
6. Как построить вспомогательную сетку на поверхностях: многогранника, цилиндра, конуса, тора?
7. Какие точки рисунка, нанесённого на поверхности предмета (или на развёртке этой поверхности), нужно использовать для построения этого рисунка на наглядном изображении данного предмета? Какие точки называются опорными, а какие дополнительными, вспомогательными?

## Практическое задание

Нарисуйте технический рисунок бытового предмета с нанесённым на его поверхность изображением — рисунком, рельефом. Для этого выберите какой-либо подходящий домашний предмет, либо спроектируйте его самостоятельно.

В работе должны быть представлены: 1) развёртка поверхности предмета, на которой нанесён рисунок — т.е. натуральный, истинный вид данного рисунка; 2) наглядное изображение — технический рисунок предмета с нанесённым на его поверхность рисунком; 3) возможно (по желанию) добавить в работе проекции предмета с нанесённым на его поверхность рисунком. Линии построений и линии вспомогательной сетки на всех изображениях сохраните.

Формат работы А3. Материалы: простые и цветные карандаши, акварель, тушь, гуашь.

**Примеры выполненных заданий см. рис. 85, 92а, б.**

# Лекция 7

## Рисование моделей и технических деталей. Применение разрезов. Выявление фактуры поверхностей

1. Рисование моделей. Правила выполнения разрезов.
2. Рисование технических деталей. Выявление фактуры поверхностей и материала.

### Рисование моделей. Правила выполнения разрезов

Модель (от французского *modele*, итальянского *modello* — образец, воспроизведение предмета) представляет собой подобие какого-либо объекта — бытового предмета, технической детали, механизма и т.п. В моделях часто упрощают сложные и иногда не совсем геометрически ясные поверхности реальных изделий, плавные и нечёткие линии пересечения поверхностей заменяют чётко видимыми, для выявления внутренней поверхности отверстий, углублений, полостей, не видимых снаружи, модели могут быть разрезаны (разбираться на части), чтобы легче было рассмотреть конструкцию изделия, состоящего из нескольких элементов. Всё это позволяет использовать модели в учебных целях, например, при рисовании, прежде, чем начинать рисовать настоящие технические детали, сборочные единицы такими, какими они реально получаются в процессе

производства. Наши модели представляют собой подобие неких технических деталей, весьма упрощённое.

На рис. 92а-г последовательность рисования модели с натуры приблизительно следующая. Сначала — осмотр модели (на рис. 92а дана фотография данной модели), затем геометрический анализ составляющих её поверхностей и линий их пересечения, конструктивного их взаимоположения — рис. 92б. Здесь же выбирается наиболее выгодное положение модели для рисования — «точка зрения». Положение модели должно давать возможность отразить на рисунке наиболее полно конструкцию, пространственное положение элементов, из поверхности. Желательно избежать наложения изображений отдельных элементов друг на друга, добиться «просматриваемости» отверстий, углублений «до дна». При этом необходимо ориентировать плоскости

симметрии, оси поверхностей вращения, грани и плоские элементы модели параллельно координатным осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и координатным плоскостям  $xOy$ ,  $xOz$ ,  $zOy$  с тем, чтобы при рисовании изображения этих элементов были направлены по аксонометрическим осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и параллельно соответствующим плоскостям — тогда мы будем знать, как рисовать отдельные геометрические фигуры в аксономе-

трии (приблизительно в изометрии в нашем примере). На рис. 92 продольная плоскость симметрии модели выбрана параллельно плоскости  $xOz$ , поперечная — параллельно  $zOy$ . Тогда все плоские элементы модели становятся параллельны координатным плоскостям, а оси цилиндрических элементов — параллельны осям  $y$  и  $z$ . Основания цилиндров и полуцилиндров — окружности и полуокружно-

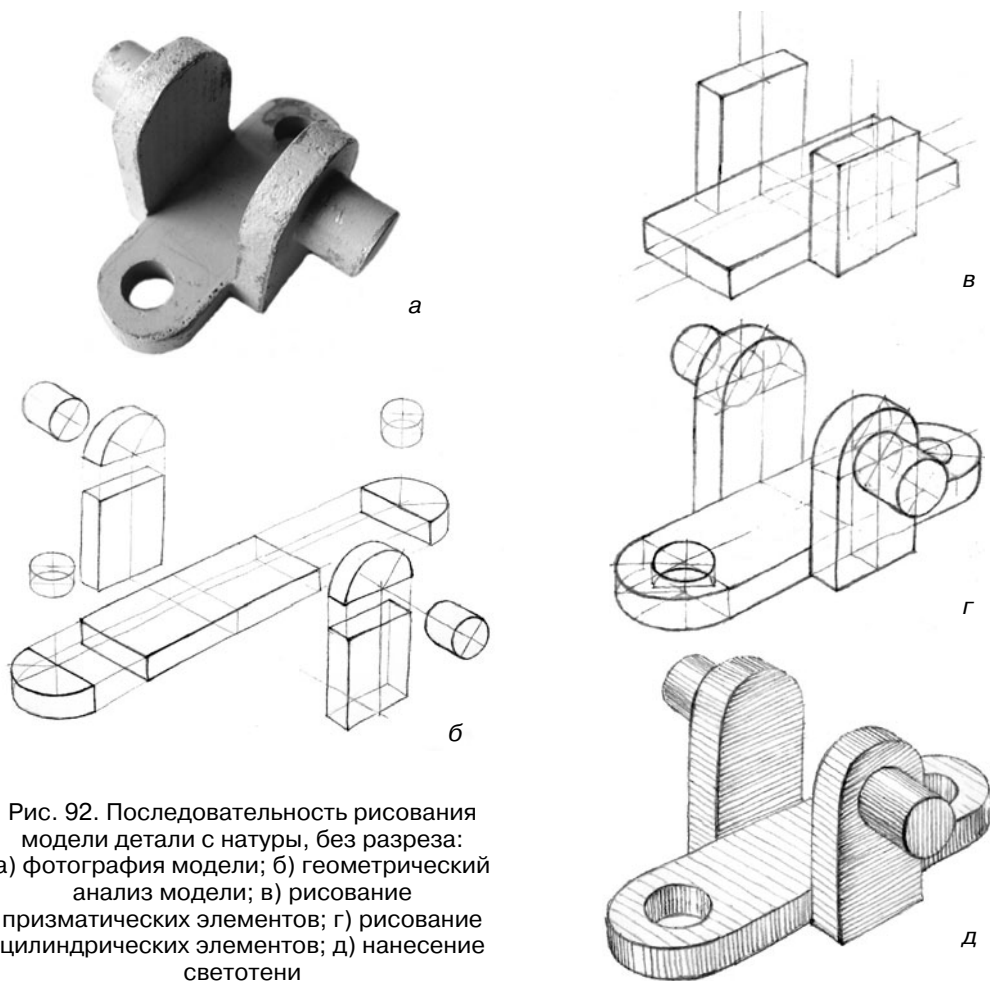


Рис. 92. Последовательность рисования модели детали с натуры, без разреза:  
 а) фотография модели; б) геометрический анализ модели; в) рисование призматических элементов; г) рисование цилиндрических элементов; д) нанесение светотени

сти — изобразятся на рисунке в виде знакомых нам эллипсов и полуэллипсов с известным наклоном и соотношением величин больших и малых осей.

Второй этап — рисование аксонометрических осей, основных призматических элементов модели — рис. 92в.

Третий этап — рисование цилиндрических элементов, отверстий и завершение рисунка в тонких линиях — рис. 92г.

Четвёртый этап — нанесение светотени — рис. 92д. Напомним, что падающие тени на технических рисунках, как правило, не изображают — каждый геометрический элемент предмета оттеняется изолированно, «сам по себе», по всем изученным ранее закономерностям распределения светотени на тех или иных поверхностях.

Обратим внимание, что фотография (рис. 92а) — центральная проек-

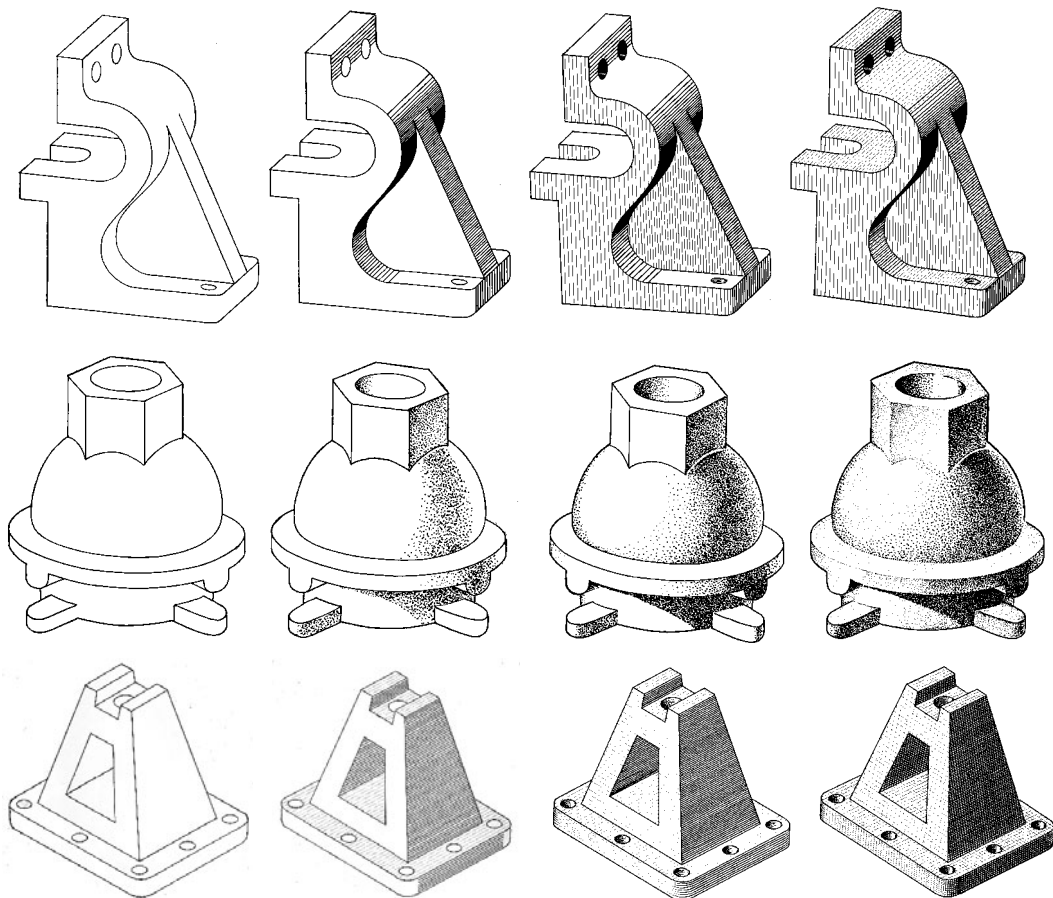


Рис. 93. Этапы рисования моделей

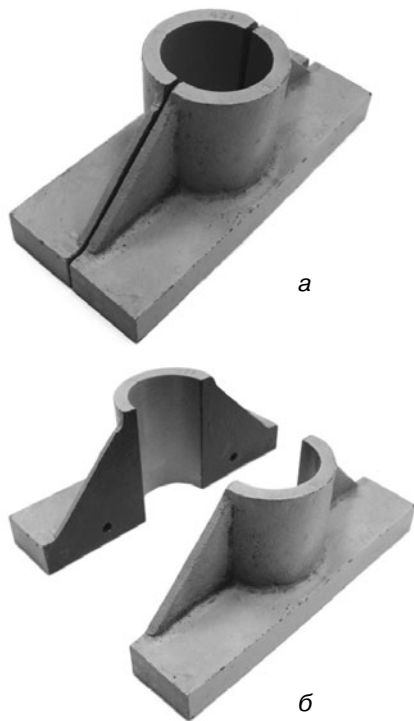


Рис. 94. Образование разреза одной секущей плоскостью. Фотографии модели

ция предмета, технический рисунок (рис. 92б) — аксонометрическая проекция. Сравните их по степени искажения геометрических форм и зрительному восприятию.

На рис. 93 показаны примеры поэтапного рисования моделей.

На рис. 92 одно из цилиндрических симметричных отверстий «просматривается» «до дна», «насквозь» — видна часть нижнего основания отверстия. Можно считать данное изображение достаточно наглядным. На рис. 94а, б модель имеет глубокое сквозное центральное цилиндриче-

ское отверстие, «заглянуть на дно» которого при рисовании данной модели можно только при взгляде сверху, при этом внутренняя и наружная поверхность модели сильно исказится. Для выявления внутреннего устройства предмета в таких случаях применяют **разрезы** (на наглядных изображениях их называют также «вырезами», т.к. они образуются, как правило, не одной секущей плоскостью).

**Разрез** — это изображение предмета, мысленно рассечённого одной или несколькими секущими плоскостями. На разрезах показывают то, что получилось в секущих плоскостях (фигуры сечений), и те очертания предмета, которые стали видны после мысленного удаления отсечённой части.

На рис. 94б видно, что при рассечении модели одной секущей плоскостью (пополам) и отбрасывании половины (передней), на оставшейся половине хорошо просматривается «до дна» центральное отверстие, но зато почти полностью потеряны очертания наружных поверхностей. Рисунок такой, «оставшийся» после мысленного рассечения половинки модели, очевидно, не будет достаточно информативным. Такие разрезы — одной секущей плоскостью — применяются на чертежах и эскизах предметов, где представлено одновременно по несколько их изображений «с разных сторон» — в системе проекций, и недостатки изображения наружных поверхностей на разрезах компенсируются другими изображениями или условностями



Рис. 95. Образование разреза двумя секущими плоскостями. Фотографии моделей

(соединением вида и разреза на одном изображении).

Секущие плоскости при выполнении разрезов проводят через плоскости симметрии предмета, через оси отверстий, имеющих поверхности вращения, с целью избежания различных искажений и получения, как говорят, «нормальных сечений».

На рис. 95а-г модели имеют «непросматривающиеся» отверстия или углубления. Чтобы можно было увидеть их контуры (с одной «точки зрения», при рисовании наглядного изображения), на моделях выпол-

нены разрезы двумя секущими плоскостями. Заметим, что секущие плоскости в данных примерах проходят по плоскостям симметрии моделей, пересекаются с осями отверстий, и составляют между собой прямые углы. После удаления «вырезанной» «четверти» модели становятся видными внутренние очертания, и недостаточная часть наружных поверхностей. Такой принцип выполнения разрезов получил наибольшее применение в наглядных изображениях (перспективных, аксонометрических, технических рисунках).



Рассмотрим последовательность рисования модели с натуры с применением разреза на рис. 96а-з.

Первый этап. Модель нужно осмотреть с разных сторон — иногда существенные элементы могут быть упущены, если модель не перевернуть или не заглянуть внутрь (рис. 96а). В данной учебной модели «заглянуть внутрь» помогает продольный разрез самой модели (рис. 96б). Однако напомним, что выполнять такой «половинчатый» разрез на рисунке модели нецелесообразно — рисунок будет ненаглядным. Нужно строить «вырез» двумя плоскостями для выявления и внутренних, и наружных поверхностей.

Второй этап. Проводим геометрический анализ составляющих модель поверхностей (рис. 96в). Ориентируем модель по координатным осям. Продольная плоскость симметрии параллельна  $xOz$ , поперечная —  $zOy$ .

Третий этап. Рисуем очертания основных геометрических элементов, составляющих конструкцию модели: усечённого цилиндра в основании и усечённого конуса над ним (рис. 96г).

Четвёртый этап. Рисуем остальные элементы — отверстия и вырезы (рис. 96д). Для большей уверенности, а так же для построения будущего разреза, прорисовываем не только видимые, но и невидимые контуры, оси отверстий и вырезов, центры их оснований.

Пятый этап. Рассекаем мысленно поверхности модели двумя секущими плоскостями, по двум плоскостям

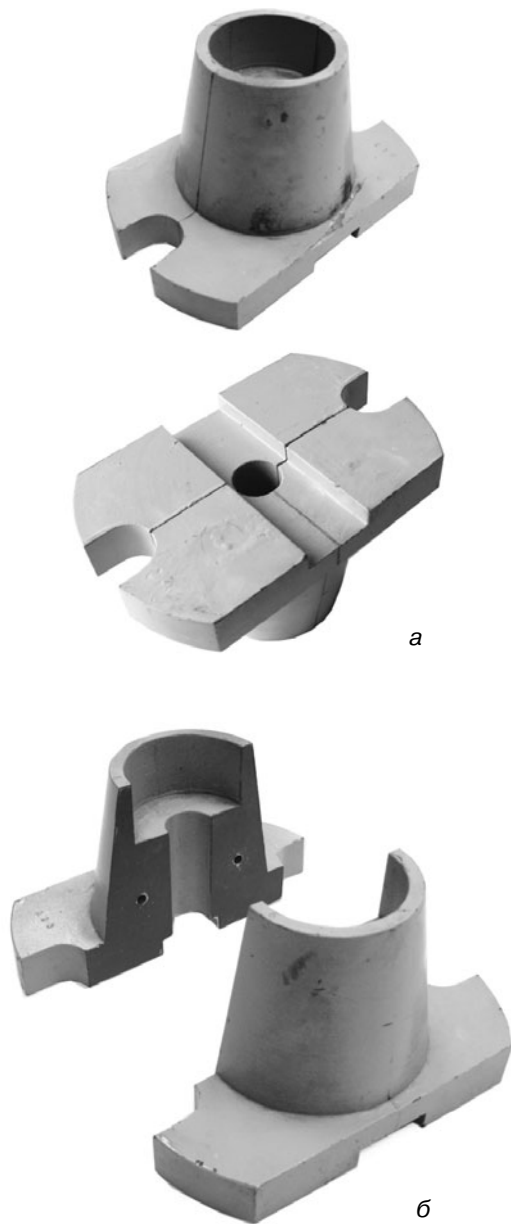
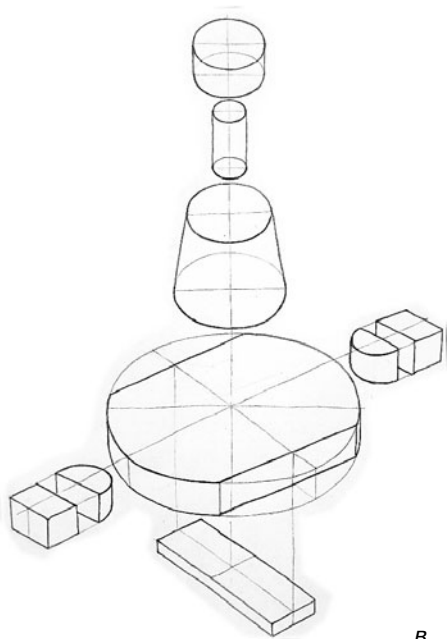
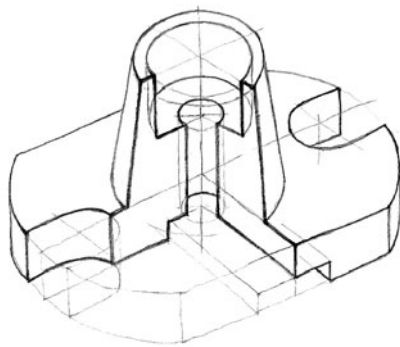


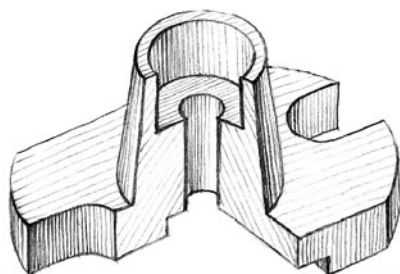
Рис. 96. Последовательность рисования модели с применением разреза поверхностей



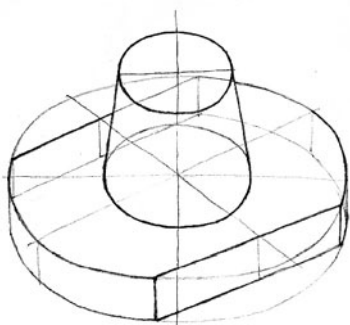
В



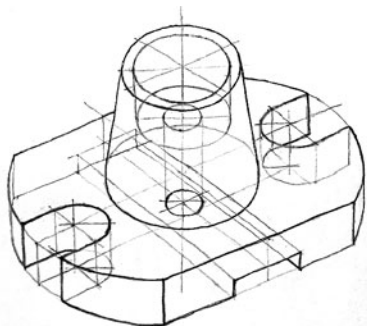
е



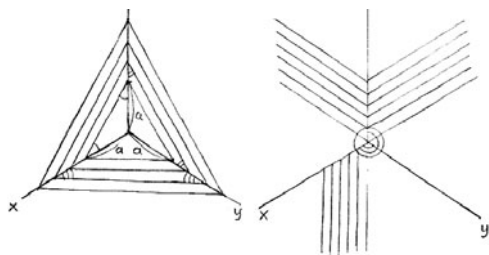
Ж



Г



Д



З

симметрии. Плоскости пересекаются между собой на оси центрального отверстия. Строим фигуры сечений на нашем рисунке (рис. 96е). Фигуру сечения, образованную продольной плоскостью, можно представить непосредственно по модели — на ней данное сечение уже выполнено. Второе сечение плоскостью, параллельной  $zOy$ , воображаем и строим

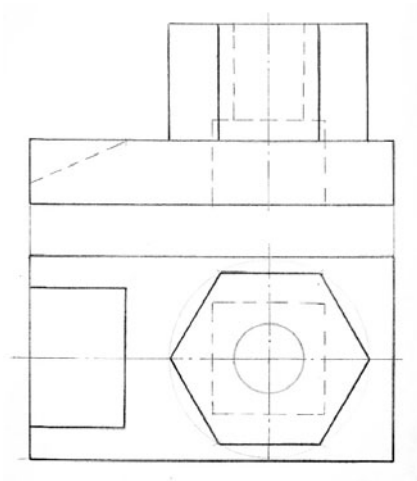
постепенно, например, сверху вниз, представляя, какие линии получились бы, если бы мы реально «пилили» модель пилой в этой плоскости. В данном случае необходимо вспомнить соответствующие темы из курса начертательной геометрии «пересечение поверхностей плоскостью» и черчения «построение разрезов». При отсутствии данных знаний, придётся напрягать воображение, и, может быть, при рисовании с натуры нарисовать предполагаемую линию сечения прямо на поверхности модели, чтобы лучше представить, как она выглядит.

Шестой этап. Удаляем лишние «невидимые» очертания, в том числе очертания «отброшенной» части модели (рис. 96ж). Наносим светотень на оставшиеся поверхности. Выделяем фигуры сечения. Если светотень наносилась способами штриховки или шраффировки, фигуры сечения выделяются особой наклонной штриховкой, направленной в каждой фигуре в свою, противоположную другой фигуре, сторону. На рис. 96з показан пример построения штриховки в изометрии для фигур сечения, расположенных параллельно каждой из координатных плоскостей. В плоскости  $xOz$ : откладываем от точки  $O$  на направлениях осей  $x$  и  $z$  одинаковые отрезки (размер  $a$  на рис. 96з). Соединяем полученные точки прямой линией. Параллельно этой прямой проводим линии штриховки в этой плоскости, тонкие, и через равные интервалы. В плоскости  $zOy$ : откладываем от точки  $O$  равные отрезки на

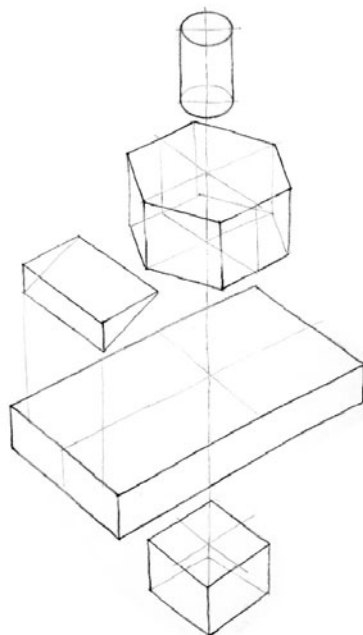
осях  $z$  и  $y$  (размер  $a$  на рис. 96з), соединяем полученные точки, штрихуем фигуру сечения в этой плоскости параллельно данному направлению, тонкими линиями, интервал должен соответствовать интервалу штриховки, выбранному в плоскости  $xOz$ . Если фигура сечения расположена параллельно плоскости  $xOy$ , равные отрезки откладываем на осях  $x$  и  $y$ , получаем горизонтальное направление штриховки в этой плоскости. Можно выбрать и противоположное (но так же равнонаклонённое к осям), направление штриховки: в плоскости  $xOz$  параллельно оси  $y$  (равнонаклонённой к  $x$  и  $z$ ), в плоскости  $zOy$  параллельно оси  $x$  (равнонаклонённой к  $z$  и  $y$ ), в плоскости  $xOy$  — параллельно оси  $z$ . Интервалы и толщину штриховки во всех плоскостях для изображения одного предмета следует выполнять одинаковыми.

Другие способы выделения фигур сечения: тоном, цветом с учётом освещения — (рис. 30а, 75б), или без учёта освещения (рис. 29в), цветом, разным для фигур сечения с учётом освещения (рис. 101д), смешанные — штриховка и цвет (рис. 29б), штриховка и тон (рис. 31).

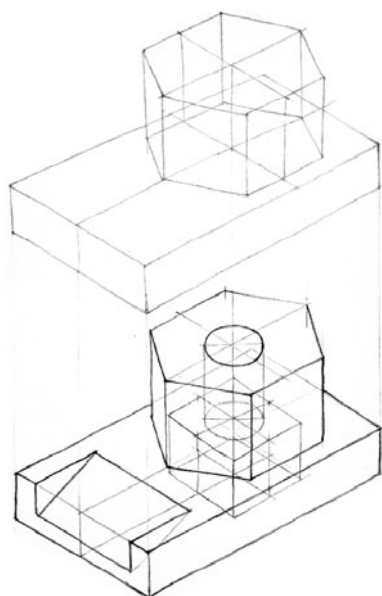
Рисование моделей (как и других объектов) может быть выполнено и по словесному их описанию, и по воображению, и по чертежу. Этапы рисования моделей по чертежу приблизительно те же, что и при рисовании с натуры — рис. 97а-е. В этом случае, при отсутствии натурального объекта рисования, нужно проводить геометрический анализ его поверхно-



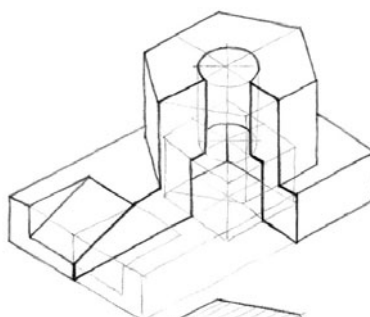
*а*



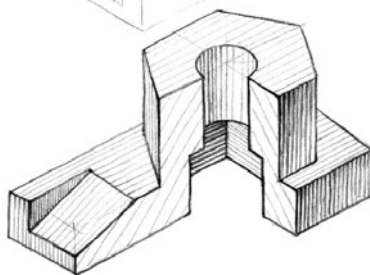
*б*



*в*

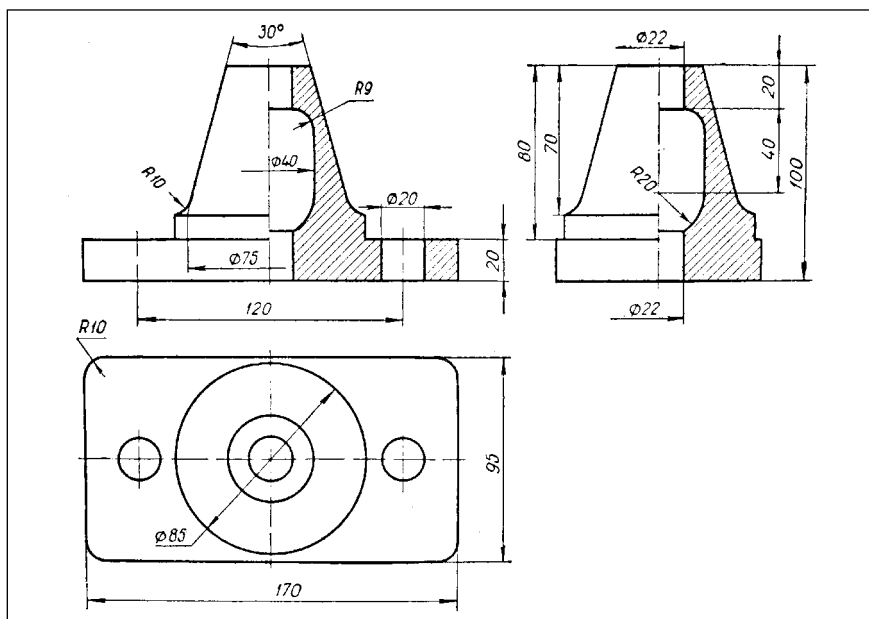
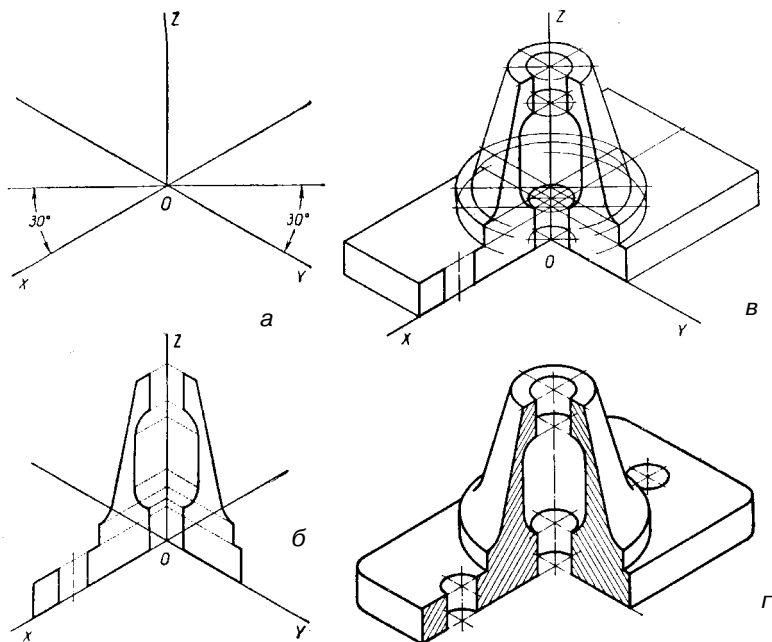


*г*



*е*

Рис. 97. Последовательность рисования модели с применением разреза по её чертежу



Д

Рис. 98. Последовательность рисования модели с применением разреза и первоначальным построением фигур сечений

стей, используя знания и навыки чтения проекционного чертежа. Отметим также, что во избежание путаницы и возможных ошибок, желательно при рисовании предмета, заданного на чертеже во вполне определённом положении относительно осей проекций  $x, y, z$ , сохранить эту же ориентацию предмета относительно аксонометрических осей  $x, y, z$ . На рис. 97а видим, что продольная (и единственная) ось симметрии модели на её эскизном чертеже параллельна координатной грани  $xOz$ , плоскость основания параллельна координатной грани  $xOy$ , ось цилиндрического отверстия параллельна координатной

оси  $z$ . Такая же ориентация модели выбрана при рисовании её на рис. 97б, в, г, д, е.

На рис. 98а-г показан способ построения наглядного изображения модели с применением разреза, при котором сначала рисуются фигуры сечений в соответствующем «ракурсе», а затем к фигурам сечений «пристраиваются» остальные очертания модели. Данный способ особенно удобен, если на чертеже модели (рис. 98д) необходимые фигуры сечений уже построены. Однако, строить наглядное изображение в такой последовательности несколько сложнее, требуются определённые навыки, практика.

## **Рисование технических деталей. Выявление фактуры поверхностей и материала**

Рисование технических деталей происходит в той же последовательности и по тем же правилам, что и рисование моделей. Но в рисунках технических деталей нужно учитывать и отображать помимо конструктивных и геометрических характеристик детали ещё ряд особенностей. В отличие от моделей, довольно абстрактно представляющих сочетание некоторых геометрических форм, и не более того, детали созданы для работы в конкретных механизмах и в определённых условиях. Детали — изделия, являющиеся результатом производственных процессов, разнообразных технологий, изготавливаются из различных материалов. В процессе изготовления детали проходят ряд

этапов: литьё,ковка или штамповка, обработка режущими инструментами, закалка, окраска и т.д. Следы многоэтапных технологий изготовления часто хорошо видны на поверхностях деталей. Рассмотрим некоторые специфические особенности деталей и способы их передачи средствами технического рисунка.

### **Фактура поверхностей.**

Эта характеристика детали зависит от материала, из которого она изготовлена, от вида обработки, которой подвергалась та или иная поверхность детали, от покрытия (никелирование, хромирование, окраска и т.п.). Иногда разные поверхности одной детали обработаны достаточно хорошо, имеют приблизительно

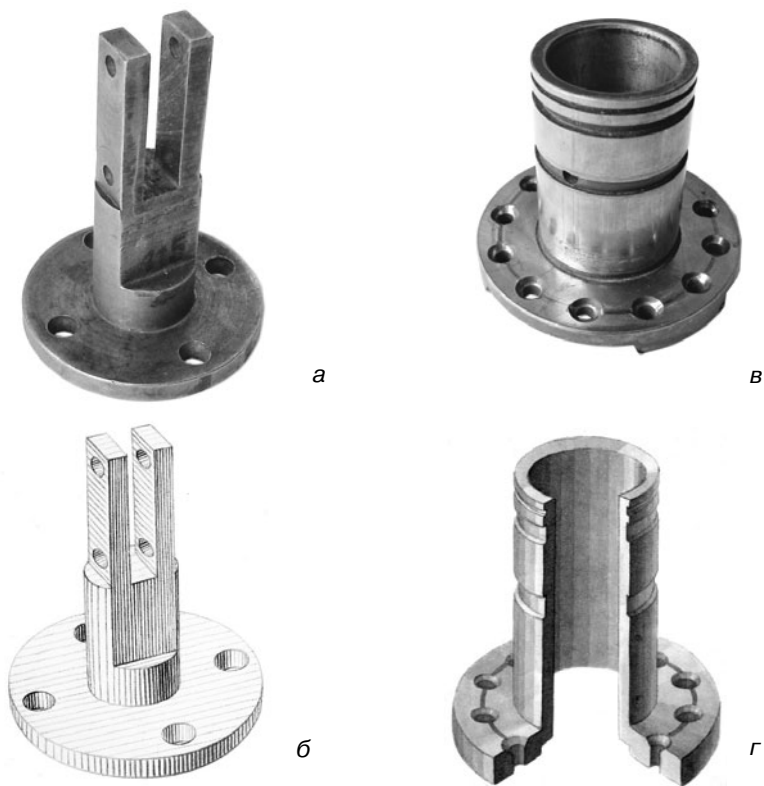


Рис. 99. Рисование деталей, обработанных на металлорежущих станках:  
а, в) фотографии деталей  
б, г) рисунки деталей

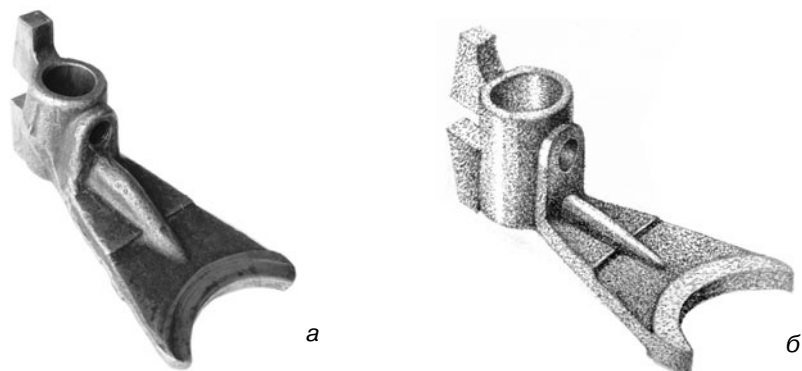


Рис. 100. Рисование деталей с литыми поверхностями: а) фотография детали;  
б) рисунок детали

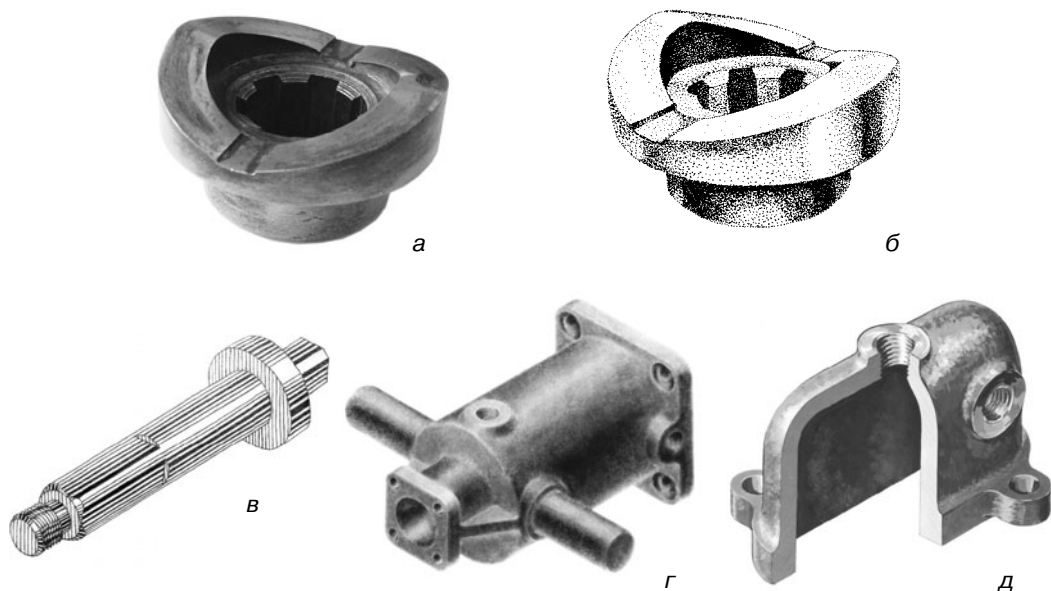


Рис. 101. Способы выявления фактуры поверхностей: а) фотография детали

одинаковую «шероховатость», как говорят производители, — то есть фактуру. Линии пересечения поверхностей также могут чётко просматриваться — рис. 99а, б. Выявить данные параметры на рисунке можно наиболее просто, выбрав способ нанесения светотени, например, — штриховку (рис. 99б), позволяющую хорошо передать равномерную и достаточно гладкую фактуру поверхностей с четкими их пересечениями. На одной и той же детали можно увидеть и разные по качеству обработки, фактуре, поверхности, от матово-тёмных до отполированных, блестящих — рис. 99в, г. Однако совмещать на рисунке разные способы оттенения поверхностей, как уже отмечалось выше, не рекомендуется.

Шлифованные, полированные, «зеркальные» поверхности на техническом рисунке весьма удачно передаёт отмывка (рис. 99г). Если большинство поверхностей детали не обрабатывались после отливки,ковки, не «зачищались», то фактура их наиболее грубая, неровная, зернистая. Передать литые и кованные шероховатые поверхности в рисунке помогает точечный способ нанесения светотени — рис. 100а, б, 104а, б.

Заметим, что данные рекомендации к применению способов оттенения для выявления фактуры поверхностей не являются обязательными. Точечный способ, например, неплохо передаёт «чистые», хорошо обработанные, но кривые поверхности — рис. 101а, б, «блестящие» по-



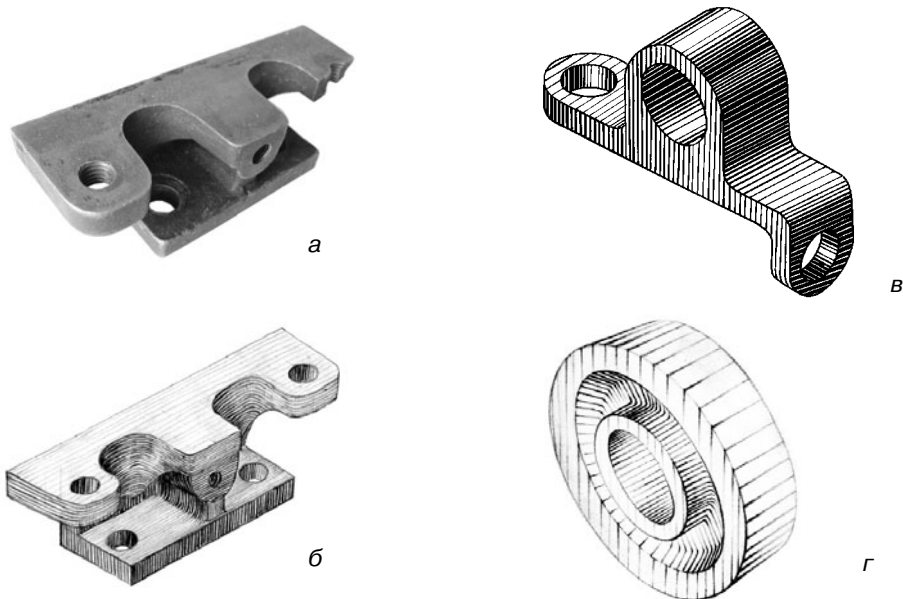


Рис. 102. Выявление плавных переходов поверхностей способом штриховки:  
а) фотография детали

верхности вращения с рефлексамии и бликами довольно легко отобразить на рисунке способом штриховки — рис. 101в, шероховатую, матовую поверхность литых деталей — способом тамповки — рис. 101г, или кистью — гуашью — рис 101д.

Плавные пересечения (переходы) поверхностей.

Плавные переходы одной поверхности детали в другую встречаются как в хорошо обработанных деталях, так и в литых деталях. Изгибы цилиндрических поверхностей можно передавать параллельной штриховкой — рис. 102а, б, в. Переходы конической поверхности в другие также выявить несложно изгибом сходящейся — в вершине конуса — штриховки —

при её переходе в штриховку другой поверхности (рис. 102г). Сложнее штриховать поверхности, имеющие изгиб в разных направлениях. Для выявления криволинейных поверхностей типа сферических, торовых и т.п. способ штриховки не даёт хороших результатов. Следует применять шраффировку — рис. 103а, б. Наиболее кривые поверхности, изогнутые в разных направлениях, которые часто встречаются в литых деталях, удобно выявлять точечным способом (и заодно зернистую фактуру этих поверхностей) — рис. 104а, б. Для передачи в рисунке плавных переходов одной поверхности в другую можно использовать также другие способы: тушёвку, тамповку, акварель, гуашь.

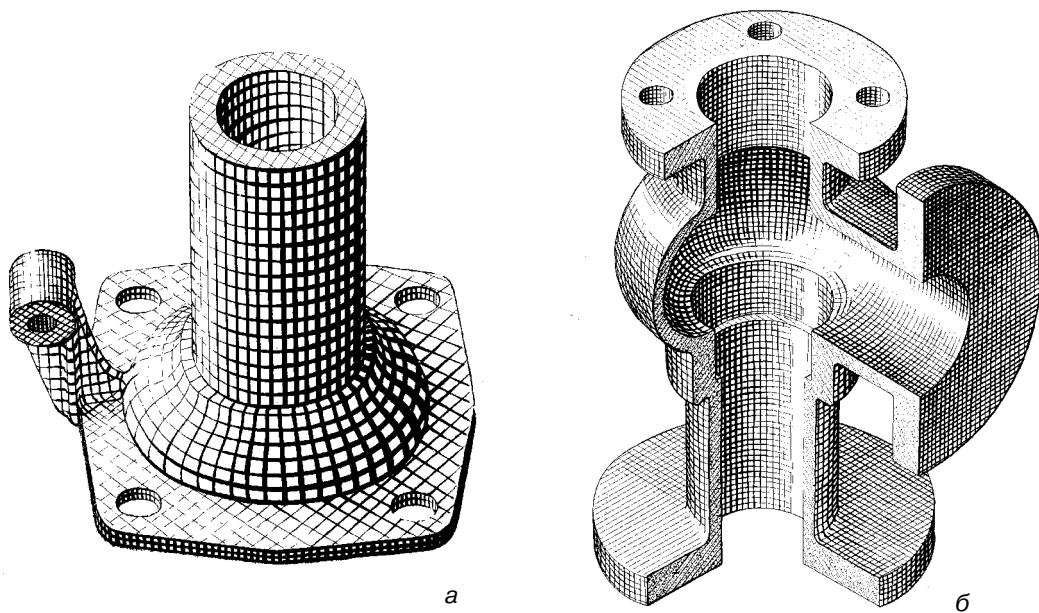


Рис. 103. Выявление плавных переходов поверхностей способом шрафировки

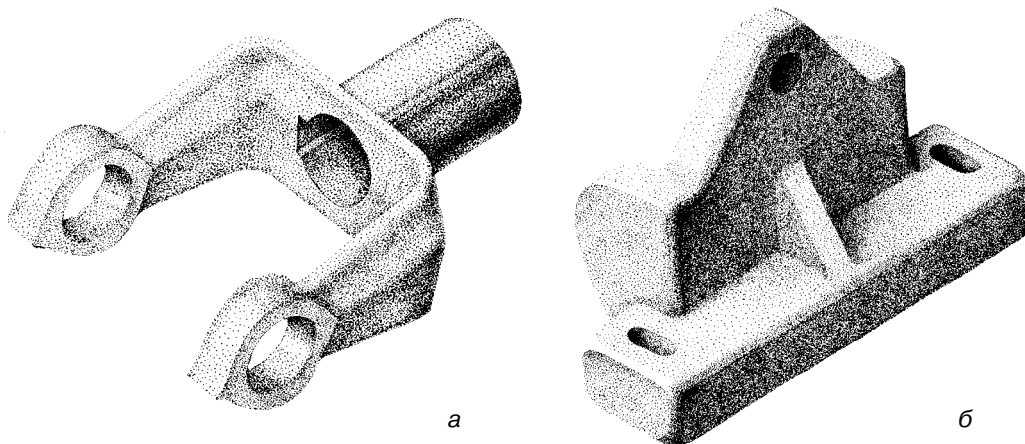


Рис. 104. Выявление плавных переходов поверхностей и зернистой фактуры поверхностей точечным способом



Рис. 105. Выявление материала и покрытия тоном, цветом: а, в, д) фотографии деталей (см. цв. вкл.)

Материал детали, цветные покрытия.

Чтобы сделать «портрет» детали ещё более достоверным, можно выполнить технический рисунок в цвете, соответствующем цвету его поверхностей, материала. Например, цветными точками (рис. 105а, б), цветной там-

повкой (рис. 105в, г). Можно использовать не только однотонную, но и многоцветную технику, передать цветные рефлексy, чтобы сделать рисунок живописнее и мягче (рис. 105д, е, ж).

Последовательность рисования деталей примерно такова, как показана на рис. 106а-к.

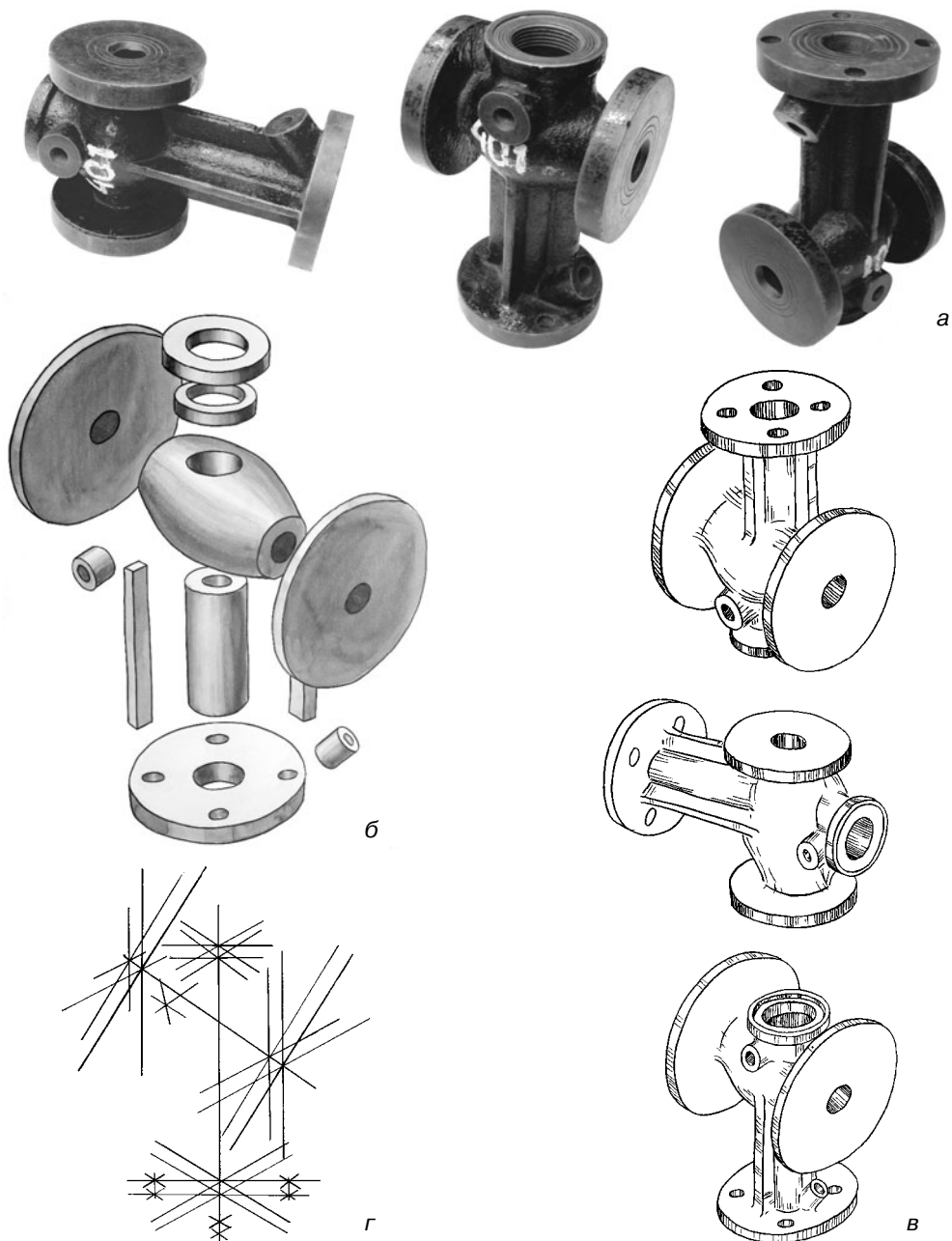


Рис. 106. Этапы рисования детали с натуры без применения разреза и с разрезом:  
а) фотографии детали

Первый этап. Сначала деталь нужно внимательно осмотреть, определить возможные дефекты, неточности изготовления, например, смещение осей отверстий относительно их конструктивного местоположения, раковины — дефекты отливки (например, см. рис. 105в), обломы и сколы (см. рис. 102а). Данные недостатки и дефекты отражать на рисунке не следует. Весьма важно на первом этапе осмотреть деталь со всех сторон, заглянуть по возможности во внутренние полости, выбрать положение и ориентацию детали относительно осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  для последующего рисования (рис. 106а).

Второй этап. Проанализировать геометрические и конструктивные характеристики детали. Определить виды поверхностей всех частей детали, включая поверхностей внутренних полостей, отверстий, углублений (рис. 106б). Расчленив мысленно деталь на простейшие геометрические тела. В некоторых случаях, при неясном виде поверхности, упростить её, и принять за известную геометрическую.

Третий этап. Если деталь достаточно сложна, выполнить наброски, эскизы, порисовать деталь в разных положениях (рис. 106в). Уточнить наиболее выгодное положение детали и её ориентацию относительно координатных осей. Определить, следует ли выполнять разрез.

Четвёртый этап. Начинать технический рисунок с проведения направлений аксонометрических осей, осей поверхностей вращения, симме-

трии детали (рис. 106г). На этом этапе определяется также масштаб изображения, основные пропорции, композиция на листе.

Пятый этап. Рисуются очертания основных, составляющих конструкцию детали элементов (рис. 106д). Проверяются пропорции, уточняется взаимное положение элементов. Намечаются линии пересечения поверхностей.

Шестой этап. Прорисовываются контуры более мелких элементов (рис. 106е). Уточняются и дополняются линии пересечения поверхностей. В случае плавного перехода поверхностей одна в другую, вместо линии пересечения можно наметить тонкими линиями границы каждой поверхности, а плавный переход выявить при нанесении светотени, тоном.

Седьмой этап. Наносится светотень (рис. 106ж). Способ нанесения светотени выбирается с учётом фактуры и геометрии поверхностей.

На рис. 106г-ж показаны этапы рисования детали без выполнения разреза. Данная деталь имеет достаточно сложные наружные поверхности с многочисленными взаимными пересечениями, и этот вариант технического рисунка оправдан. Однако внутренние поверхности у детали также достаточно многообразны, и выявить внутреннюю конструкцию можно, только выполнив разрез. Если решено рисовать деталь с разрезом, то вместо седьмого этапа рис. 106ж, пока не нанесена светотень, следует строить разрез.

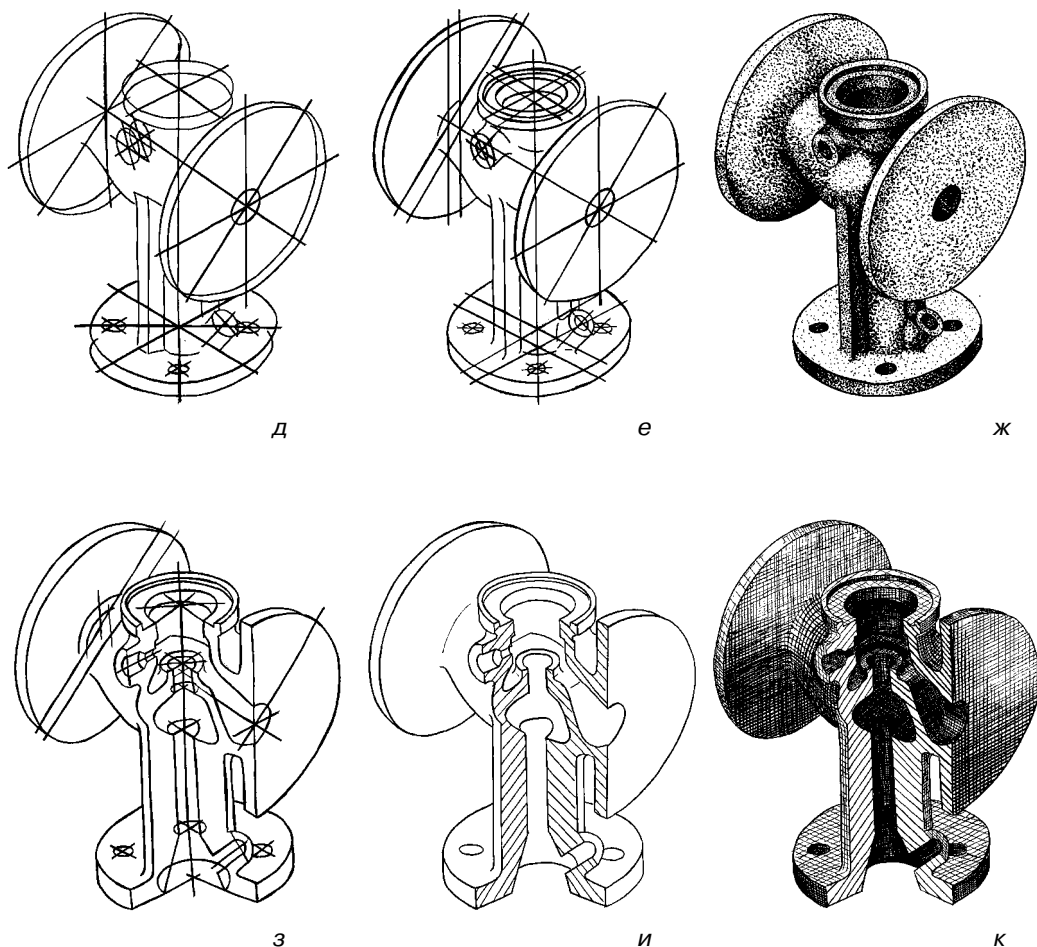


Рис. 106. Этапы рисования детали с натуры без применения разреза и с разрезом

Седьмой этап. Построение разреза (рис. 106з). Наносятся очертания фигур сечения. Удаляются контуры мысленно отсечённой, «вырезанной» части детали на рисунке.

Восьмой этап. Фигуры сечения штрихуются, или выделяются другим способом (рис. 106и). Убираются

линии построений, рисунок подготавливается к нанесению светотени.

Девятый этап. Наносится светотень (рис. 106к). Напомним, что внутренние поверхности, на которые обычно попадает меньше света, должны быть на рисунке темнее наружных.

Этапов рисования относительно простых деталей может быть меньше — рис. 107а-е, 108а-д, 109а-е.

Последовательность рисования детали по её чертежу в целом такая же, как и с натуры. Но вместо осмотра реальной детали, приходится читать чертёж и представлять по нему конструкцию и поверхности детали, мысленно расчленять её на

простейшие геометрические тела (рис. 110а-в).

В заключение приведём примеры более сложных разрезов на рисунках. Разрезы могут быть образованы тремя секущими плоскостями, и не только для выявления внутренней конструкции предмета (рис. 111а-в), но и для наилучшего отображения наружной поверхности (рис. 112).

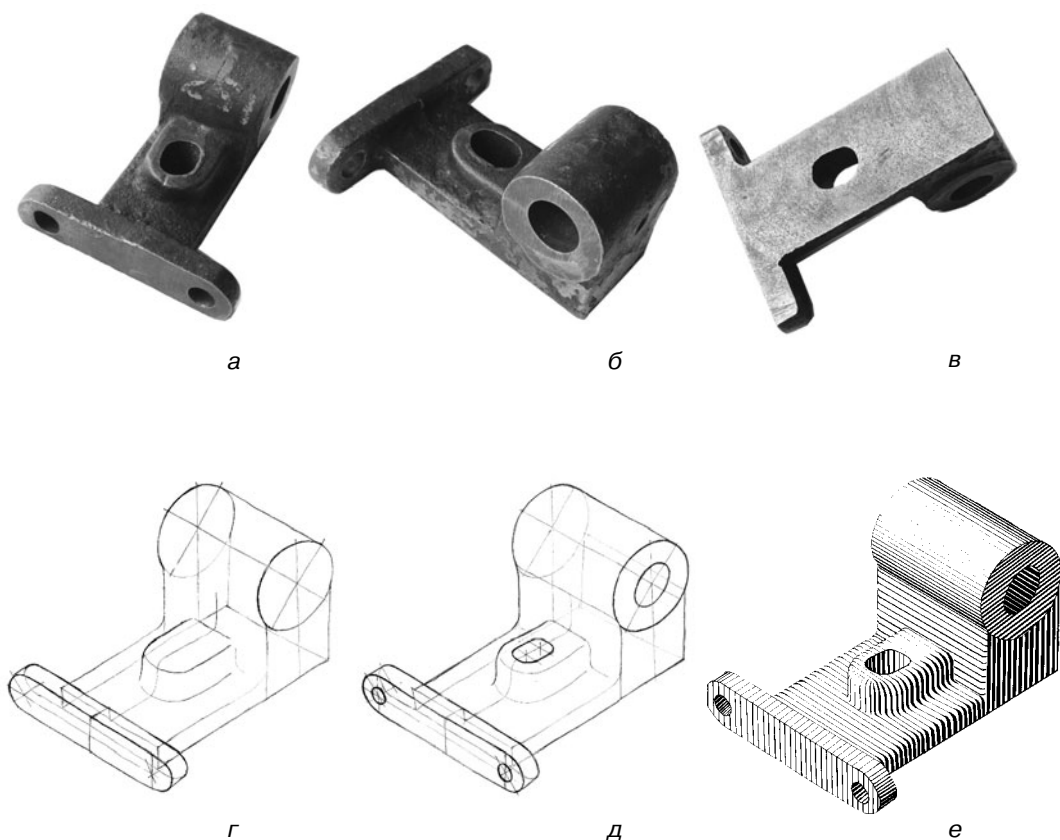
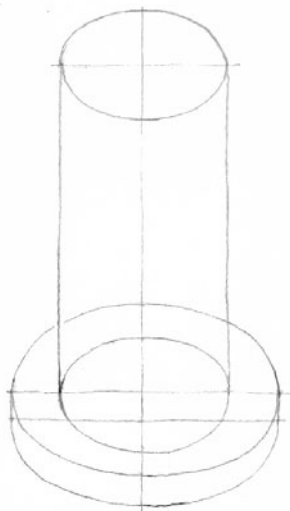


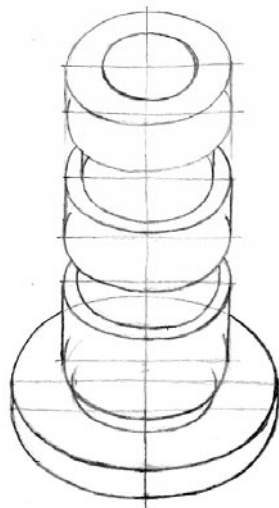
Рис. 107. Этапы рисования детали с натуры: а, б, в) фотографии



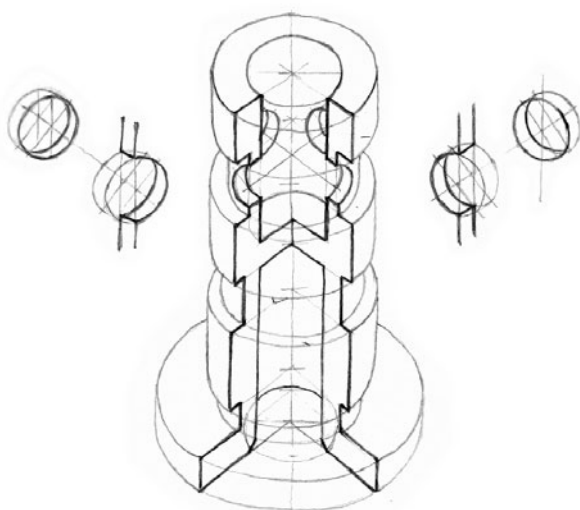
а



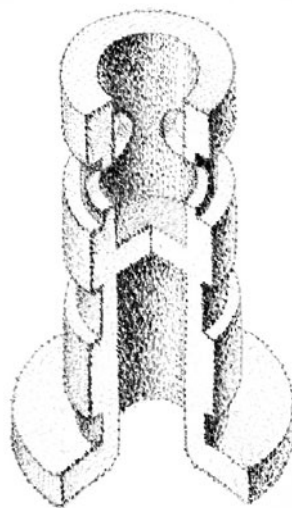
б



в



г



д

Рис. 108. Этапы рисования детали с натуры: а) фотография детали



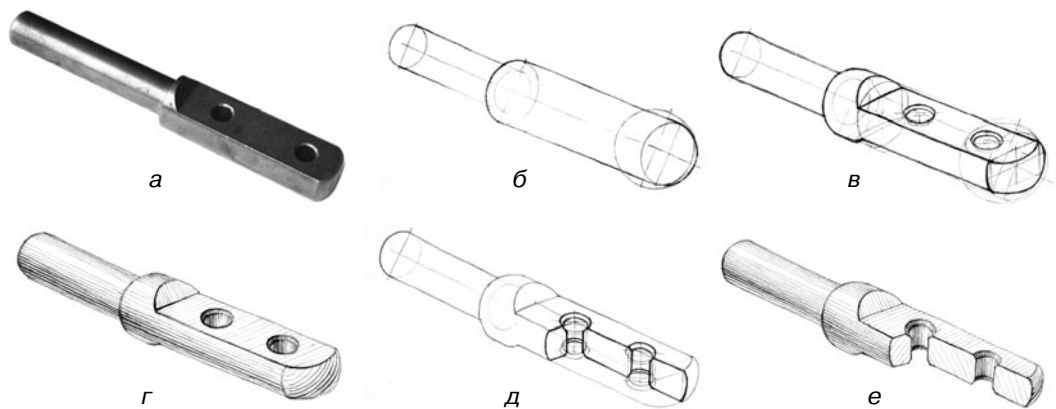


Рис. 109. Этапы рисования детали с натуры: а) фотография детали

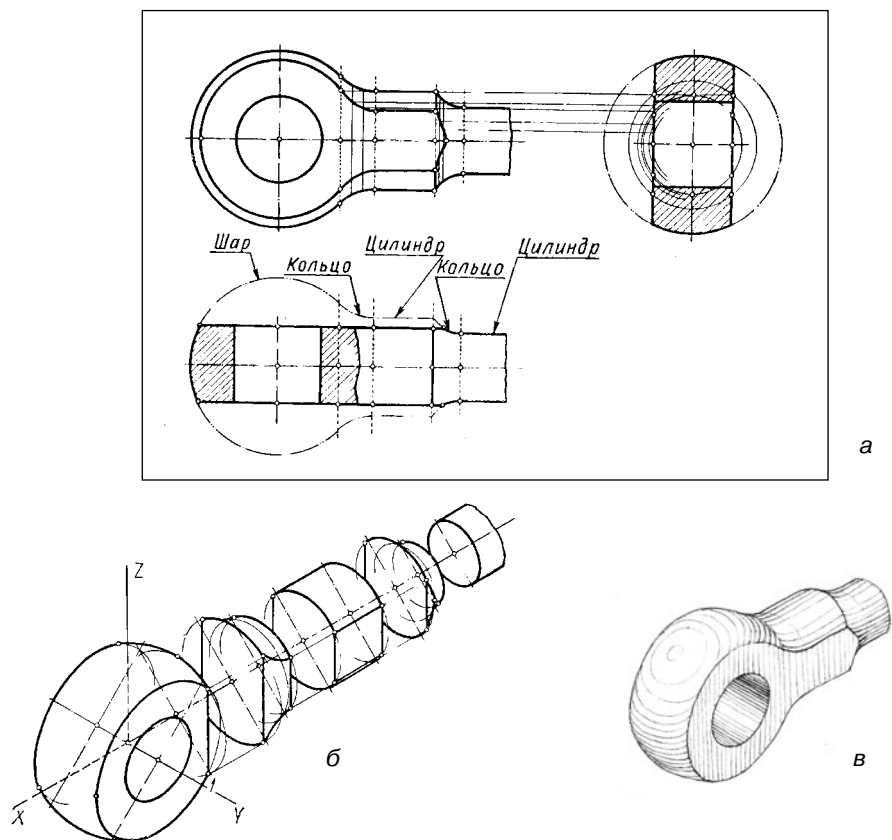


Рис. 110. Этапы рисования детали по её чертежу

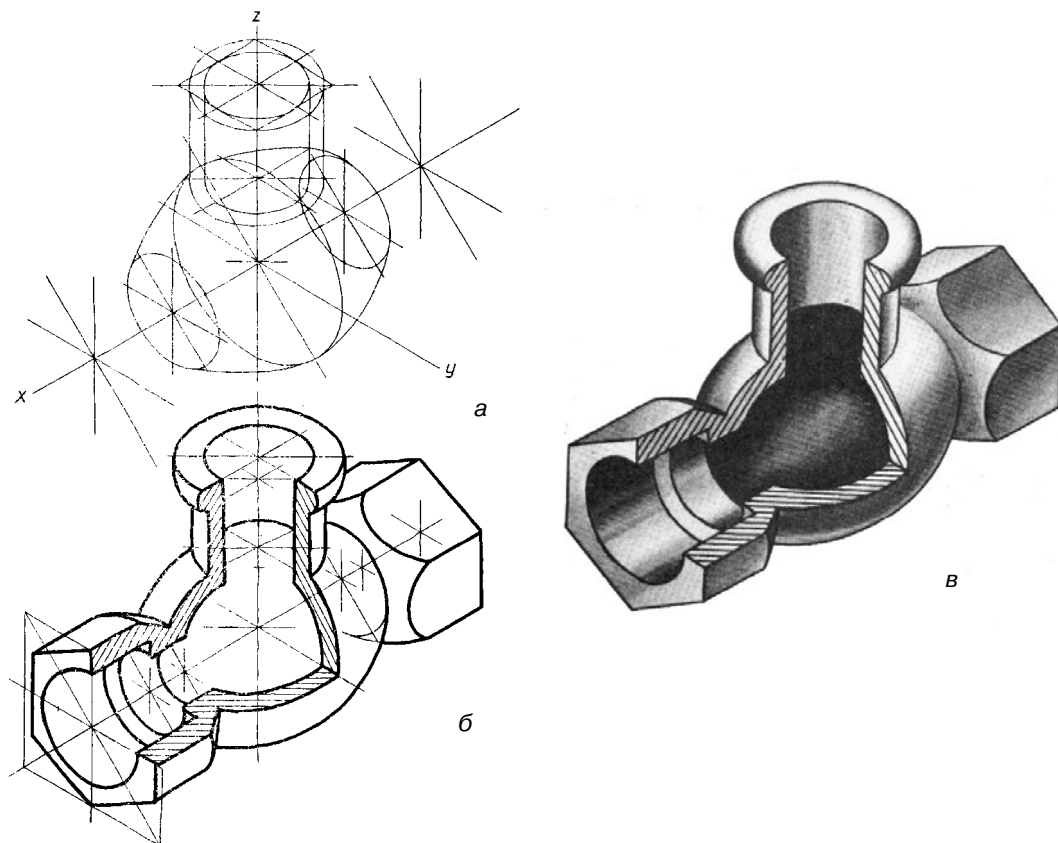


Рис. 111. Этапы рисования детали с применением разреза, образованного тремя секущими плоскостями

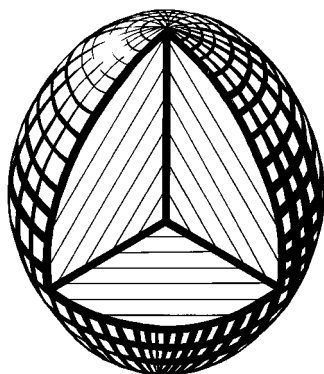


Рис. 112. Разрез с целью выявления наружной поверхности предмета

## Вопросы для повторения

1. В чём заключаются отличия между моделью и реальным объектом, технической деталью?
2. В чём заключаются отличия фотографии детали или модели, от её технического рисунка?
3. Какова последовательность рисования моделей, деталей?
4. Как нужно ориентировать модели и детали относительно натуральных координатных осей в пространстве, и изображения их элементов относительно аксонометрических осей на техническом рисунке?
5. Как и зачем проводится геометрический анализ поверхностей и конструкции моделей и деталей, как эта предварительная работа помогает при рисовании?
6. Как использовать плоскости симметрии, оси поверхностей вращения моделей, деталей, при их рисовании?
7. В каких случаях целесообразно применять разрезы на рисунках моделей и деталей, а когда они ухудшают наглядность изображений?
8. Что называется разрезом, цель его выполнения, правила и условности?
9. Сколько секущих плоскостей применяется для выполнения разреза («выреза») на наглядных изображениях, каковы правила их проведения (задания)?
10. Каковы условности выявления фигур сечения на разрезах в техническом рисунке?
11. Какими средствами на техническом рисунке передаются фактура поверхности, материал технической детали?
12. Какими способами на техническом рисунке передаются плавные переходы поверхностей детали?

## Практическое задание

Нарисуйте технические рисунки с натуры двух технических деталей. На одном рисунке деталь должна быть нарисована без разреза, на втором с разрезом.

Способы нанесения светотени выберете с целью наилучшего выявления фактуры поверхностей деталей и материала, из которого они изготовлены. Выявите плавные переходы поверхностей деталей (если таковые имеются).

Формат работы А3. Используйте по желанию простые и цветные карандаши, акварель, тушь, гуашь. Возможно применение фломастеров и гелиевых ручек.

**Примеры выполненных заданий см. рис. 25б, 75б, 99б, г, 100б, 101б, 102б, г, 103а, б, 104а, б, 105б, г, е, ж.**

# Лекция 8

## Рисование резьбы, резьбовых элементов и соединений деталей. Выявление составных частей изделия

1. Рисование резьбы и резьбовых элементов деталей.
2. Выявление составных частей изделия. Рисование соединений деталей и сборочных единиц.

### Рисование резьбы и резьбовых элементов деталей

Резьба — довольно сложная винтовая поверхность, нарезается на стержне (наружная) и в отверстие (внутренняя) двух деталей и предназначена для соединения, «свинчивания» этих деталей. Резьбовые соединения широко применяются, так как надёжно соединяют детали и позволяют легко собирать и разбирать изделие без его повреждения. Большинство деталей имеют те или иные резьбовые элементы, поэтому, не освоив способы и приёмы рисования резьбы, невозможно научиться правильно изображать разнообразные, в том числе резьбовые, поверхности деталей.

Прежде чем рисовать резьбу, следует представить основные параметры резьбы, по которым различные виды резьбы хотя бы «на глаз», без точных измерений, отличаются между собой. Прежде всего, рассматривая различные резьбы, замечаем, что у них разный «профиль».

***Профиль резьбы** — плоская геометрическая фигура, образующаяся при пересечении выступов и канавок резьбы плоскостью, проходящей через ось поверхности вращения, на которой нарезана резьба.*

Профиль резьбы можно увидеть и определить, если, например, стержень с резьбой расположить на светлом фоне так, что ось вращения поверхности, на которой нарезана резьба (чаще всего цилиндрической — «**цилиндрические резьбы**», но иногда и конической — «**конические резьбы**») параллельна плоскости фона, рисунка, или перпендикулярна проецирующим лучам, «лучам зрения». В таком положении резьбового стержня на рис. 113а ясно виден **треугольный профиль** резьбы, на рис. 114а — **прямоугольный профиль**, на рис. 115а — **трапециевидный профиль**. Бывают и другие профили — полукруглый, в виде неравнобедрен-

ной трапеции, в виде треугольника со скруглённой вершиной, но эти профили встречаются реже. Ещё раз отметим, что профиль резьбы хорошо «читается» только в указанном выше «фронтальном» положении резьбовой детали, при рисовании же её ось вращения мы ориентируем параллельно координатным осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , а не плоскости рисунка. В этом положении, в этом «ракурсе» и при такой «точке зрения» профиль резьбы можно определить, «угадать» по некоторым признакам, но истинный вид выступа и канавки — недоступен обозрению — рис. 113б, рис. 114б, рис. 115б.

**Наибольший диаметр резьбы** — диаметр цилиндрической (реже конической) поверхности, касающейся выступов резьбы на стержне, или впадин, если резьба в отверстии.

**Наименьший диаметр резьбы** — диаметр цилиндрической (конической) поверхности, касающейся впадин резьбы на стержне, или выступов резьбы в отверстии.

**Шаг резьбы** — расстояние между соседними выступами или впадинами профиля резьбы, измеренное вдоль оси резьбы.

Сравнивая резьбы одинакового профиля, нарезанные на поверхностях приблизительно одинакового диаметра (рис. 113 и рис. 116), можно заметить, что на одних деталях витки резьбы расположены чаще, интервалы между ними меньше — это резьбы, имеющие относительно диаметра **«мелкий шаг»** (рис. 116). На других деталях, при том же диаметре, расстояние между витками больше,

винтовая канавка глубже, профиль крупнее и яснее виден (рис. 113). Здесь **«крупный шаг»** резьбы.

**Направление нарезки** — направление винтовой поверхности резьбы.

Винтовая поверхность (выступ, канавка резьбы) может нарезать-ся при вращении режущего инструмента (резца) по часовой стрелке и одновременном равномерном удалении его от торца детали вдоль её оси (рис. 114). Эта резьба **правая**. При свинчивании двух деталей с такой резьбой, мы вращаем, например, гайку, по часовой стрелке, и она навинчивается на стержень, болт, и соединение скрепляется, «затягивается». Правую резьбу имеют почти все крепёжные детали и детали, соединяющиеся с помощью резьбы. Но иногда направление нарезки изменяют. Если режущий инструмент вращается против часовой стрелки при одновременном осевом перемещении от торца детали, получается **левая** резьба (рис. 115). При свинчивании двух деталей с левой резьбой гайку нужно вращать против часовой стрелки. Левую резьбу применяют значительно реже, и большей частью для передачи, преобразования движения — вращательного в поступательное, — чем для соединения деталей. Направление нарезки нетрудно определить, посмотрев на торец резьбового элемента детали и представив, в каком направлении вращается при удалении от торца резьбовая канавка или выступ — по часовой стрелке рис. 114б, или против часовой стрелки — рис. 115б.

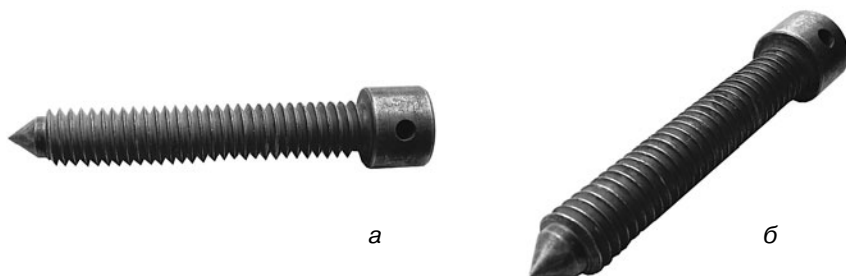


Рис. 113. Треугольная резьба. Фотографии

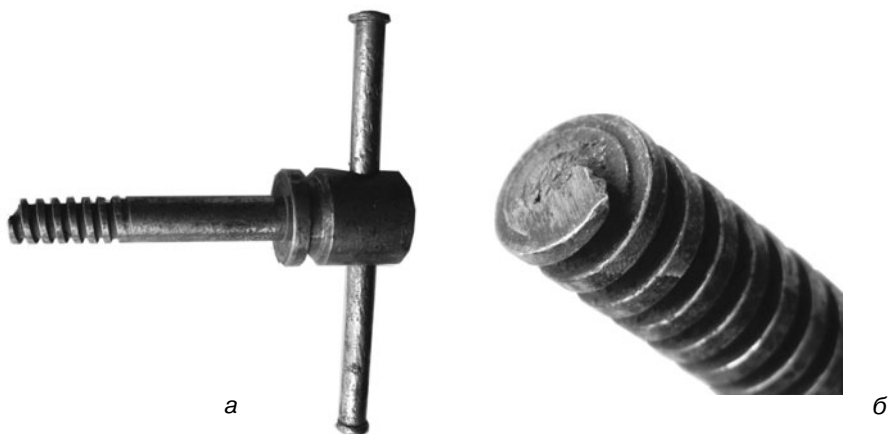


Рис. 114. Прямоугольная резьба. Фотографии

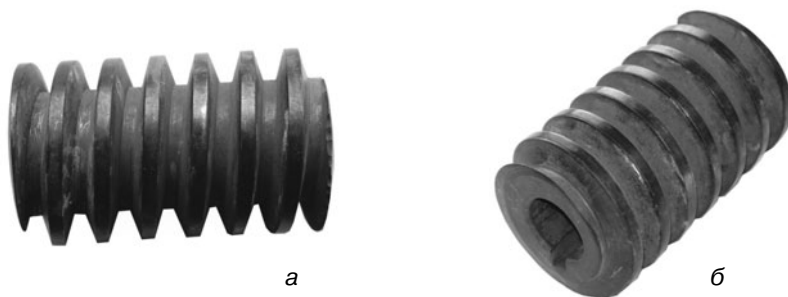


Рис. 115. Трапецевидная резьба. Фотографии

**Расположение резьбовой поверхности** — резьба может быть нарезана на стержне (наружная резьба) или в отверстии (внутренняя резьба).

Заметим, что, поскольку в резьбовом соединении участвуют две детали — одна с наружной, другая с внутренней резьбой, обе эти резьбы должны иметь одинаковые параметры: в отверстии и на стержне — одинаковый профиль, шаг, диаметр, направление нарезки, и другие технические параметры, не рассматривающиеся здесь и не имеющие столь важного значения при рисовании резьбы (ход резьбы, угол профиля, внутренний диаметр, соответствие стандарту и т.п.). Резьба в отверстии просматривается хуже, чем на стержне (рис. 117б), но имеет все те же элементы, что и на стержне.

Элементами резьбовых поверхностей деталей являются:

**Фаска** — коническая поверхность, выполняемая в начале резьбы на торце детали.

Фаску изготавливают для удобства нарезания резьбы и лучшего центрирования стержня и отверстия при свинчивании резьбовых деталей (рис. 116б). Иногда фаска отсутствует (рис. 114), и резьба начинается непосредственно от плоского торцевого среза.

**Сбег резьбы** — участок неполного профиля, образующийся в окончании резьбы при постепенном выводе режущего инструмента (резца) из материала детали.

При сбега резьбы глубина канавки уменьшается и затем канавка исче-

зает и переходит в гладкую поверхность (рис. 114а, рис. 116в).

**Проточка** — кольцевая канавка, углубление в окончании резьбы.

Проточка выполняется с целью ликвидации сбега резьбы (рис. 113, 124).

**Нарезанная часть** — длина нарезки резьбы, включающая фаску (если она есть), проточку (если она есть), и исключая сбега (если резьбовая поверхность плавно переходит в гладкую).

Часто стержень имеет нарезанную часть только на некотором протяжении своей длины (рис. 116а, в). В редких случаях резьба нарезается на всей длине стержня (рис. 115). Резьба в отверстии чаще нарезается на всей длине отверстия (детали типа «гаек» — рис. 117б).

Рассмотрим последовательность рисования треугольной резьбы, как наиболее простой, на примере резьбы на стержне, где наиболее ясно видны элементы резьбы — рис. 118а-г. Ориентация частично нарезанного стержня принята такой, как на рис. 116 — ось вращения цилиндрической поверхности с резьбой параллельна координатной оси  $x$ . Заметим, что треугольный профиль резьбы в этом случае не просматривается, но «угадывается» очертаниями винтовой линии выступов резьбы (канавка тоже не видна) и светотеневым эффектом, присущим треугольной резьбе. Рисовать можно в следующей последовательности:

Первый этап. Нарисовать очертания цилиндра, на котором нанесена



Рис. 116. Фаска, сбеги, длина нарезанной части. Фотографии

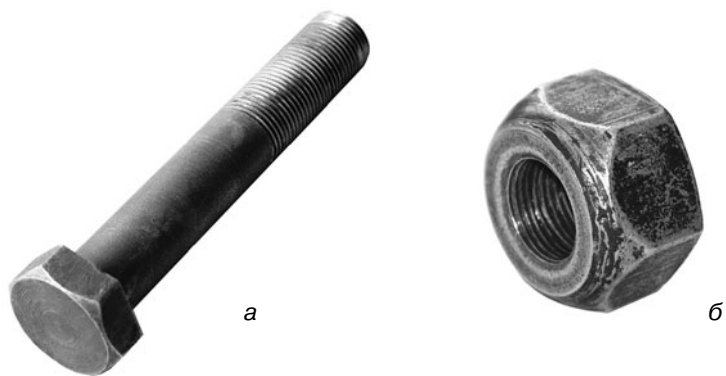


Рис. 117. Фаски на шестигранных поверхностях головок болтов и гайках. Фотографии

резьба. На контурных образующих цилиндра наметить величину шага резьбы. Для упрощения, на рис. 118а принята за начало винтовой линии выступов резьбы точка пересечения большой оси эллипса, изображающего торцевой срез, с верхней контурной образующей цилиндра. За половину оборота по поверхности цилиндра (видимой), винтовая линия переместится вдоль оси цилиндра

от его торца на величину, равную  $\frac{1}{2}$  величины шага данной резьбы (размер  $\frac{1}{2} t$  на рис. 118а). Отмечаем этот размер в виде величины половины шага ( $\frac{1}{2} t$ ) на нижней контурной образующей. Обернувшись вокруг задней невидимой половины цилиндра, винтовая линия коснётся верхней контурной образующей через интервал, равный величине полного шага (размер  $t$  на рис. 118а). Повер-



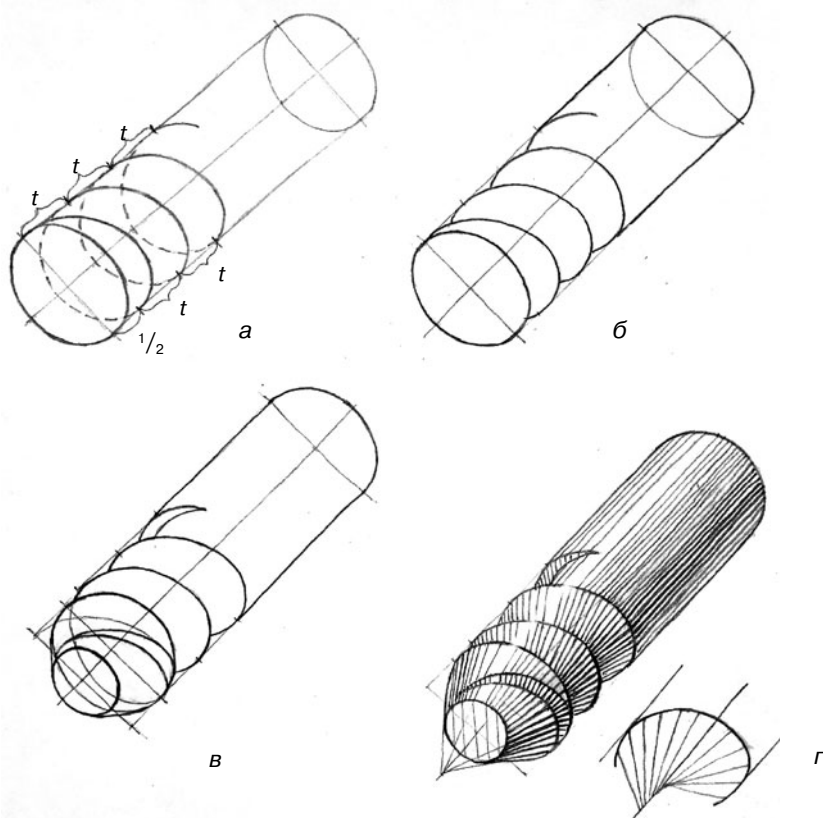


Рис. 118. Этапы рисования цилиндрической винтовой линии и винтовой поверхности на стержне

нувшись ещё на половину оборота по видимой поверхности цилиндра, винтовая линия коснётся нижней контурной его образующей в точке, отстоящей от предыдущей опять на величину шага ( $t$ ), и так далее — точки касания следующих витков к контурным образующим отстоят друг от друга на величину заданного шага винтовой линии. Заметим, что винтовая линия и соответствующая ей резьба в данном случае будет

правая, нормальная, наиболее часто применяемая. Чтобы получить левую винтовую линию, нужно, при той же разметке шагов на контурных образующих, «раскручивать» винтовую линию в противоположном направлении — сначала от исходной точки по задней поверхности цилиндра в деление  $\frac{1}{2} t$ , затем по видимой до касания с верхней образующей в делении  $t$ , и т.д. Касание винтовой линии к образующим в обоих случа-

ях должно быть плавным, кривизна и интервал всех витков — одинаковыми. Сбег резьбы изобразим обрывом винтовой линии на видимой поверхности цилиндра.

Второй этап. Заметим, что, хотя мы и не видим всей глубины канавки резьбы в данном ракурсе, но всё же эта канавка прорезает контурные образующие цилиндра (см. рис. 113б, 116б, в). На нашем рисунке добиться этого эффекта несложно, стерев отрезки контурных образующих между точками касания к ним витков винтовой линии — рис. 118б. Однако теперь мы видим, что в начале резьбы торец цилиндра, изображённый эллипсом соответственно размерам его основания, представляется неестественно большим, и сейчас непонятно, как канавка резьбы прорезает его — не виден, как говорят, «заход резьбы».

Третий этап. Чтобы сделать более естественным впечатление от начала резьбы, нарисуем на торце детали коническую фаску (рис. 118в), соответствующую фаске на детали с аналогичной треугольной резьбой на рис. 116б. Уменьшим первоначальный торцевой диаметр стержня — построим на месте прежнего эллипса меньший, на расстоянии шага резьбы от его центра построим новый эллипс, изображающий второе основание усечённого конуса — второе основание фаски, отодвинутое вдоль оси от первого, и равное основанию цилиндра. «Прорежем» образовавшуюся коническую поверхность контурами канавки, сохраняющей винтовой характер, и прорезающей затем основ-

ную цилиндрическую часть стержня. Рисовать эти очертания чисто теоретически весьма сложно, — нужно иметь солидную базовую подготовку по начертательной геометрии, — поэтому в нашем случае лучше рисовать с натуры или фотографии — см. рис. 116б. Контурные сбег резьбы на рис. 118в тоже необходимо дополнить: к очертанию постепенно исчезающей винтовой линии, изображающей выступ резьбового профиля, добавляем линию предшествующего выступа, постепенно сближающегося с последним — канавка уменьшается по глубине, а шаг резьбы остаётся тем же, поэтому между витками образуется и становится всё шире гладкая первоначальная цилиндрическая поверхность, пока канавка не закончится, и эта поверхность не сольётся с поверхностью основного цилиндра (см. рис. 118в). Если фаска в начале резьбы отсутствует, «заход резьбы» непосредственно с плоского торца для различного профиля резьбы нужно рисовать с натуры, внимательно рассматривая пересекающиеся поверхности (рис. 114б), либо упрощать рисунок, если резьба и резьбовые элементы достаточно мелкие (рис. 119а-в, рис. 120а-в).

Четвёртый этап. Нанесение светотени (рис. 118г) можно начинать сначала на исходной цилиндрической поверхности (параллельной штриховкой, например, по известным правилам, или другим способом), на конической поверхности фаски (сходящейся в вершину штриховкой или иным способом). Видимые участки

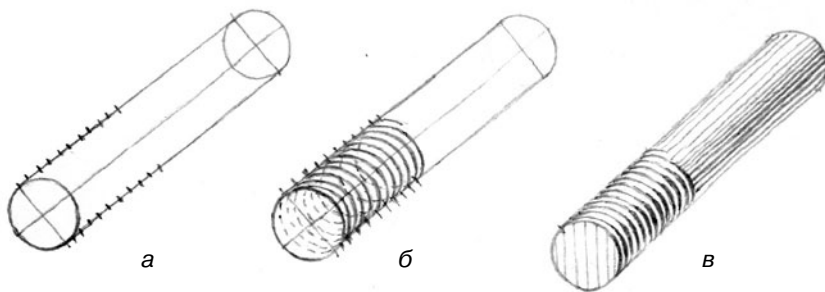


Рис. 119. Упрощённый способ рисования мелкой резьбы на стержне

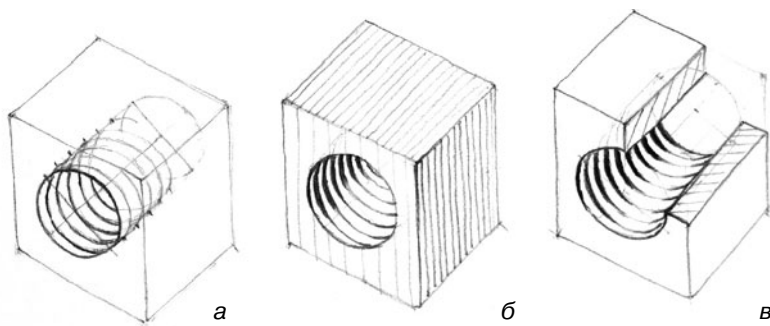


Рис. 120. Упрощённый способ рисования резьбы в отверстии

винтовой поверхности, образованной треугольной резьбой, можно штриховать с допустимым упрощением как конические поверхности с постоянно смещающейся вершиной. В заключение можно подчеркнуть утолщением линий теневые части непосредственно винтовой линии — очерка резьбовых выступов.

Если резьба мелкая — с мелким шагом и небольшого диаметра (рис. 119а-в), рисовать можно упрощённо — сначала винтовую линию (рис. 119а, б), затем светотень (рис. 119в) без подробной прорисовки фаски, сбega, резьбовой канавки. Светотень на цилиндрической, гладкой,

не нарезанной части наносим обычным образом, как принято для цилиндра — штриховкой вдоль образующих, или другим способом аналогично. Светотень на резьбовой части можно выявить просто утолщением самой винтовой линии в затенённых её местах. Если витки винтовой линии расположены часто, данный способ обеспечит достаточно ясный образ светотени на резьбе.

Упрощённый способ рисования мелкой резьбы в отверстии показан на рис. 120а-в. После разметки шага и нанесения очертаний винтовой линии на внутренней поверхности цилиндра — отверстия (рис. 120а), све-

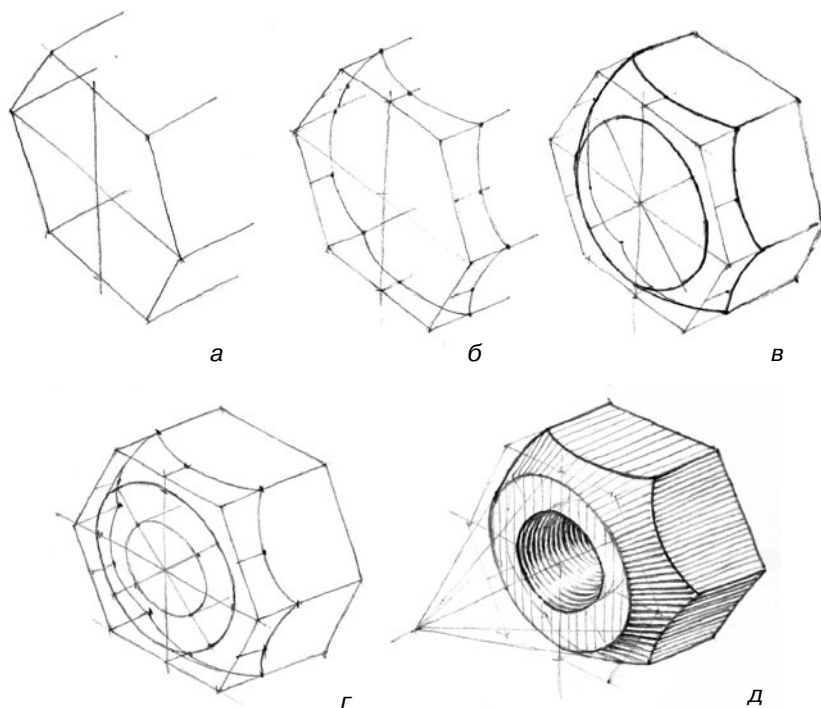


Рис. 121. Этапы рисования конических фасок на шестигранных поверхностях

тотень рисуется тоже утолщением линий резьбы (рис. 120б). Чтобы показать на рисунке полностью резьбовое отверстие «до дна», можно применить четвертной «вырез» (рис. 120в).

Резьбовые детали, помимо собственно резьбовых элементов, как правило, имеют ещё весьма важные и характерные элементы, служащие для удержания детали рукой или инструментом при завинчивании или отвинчивании. Это могут быть правильные гранёные призматические поверхности (на гайке или головке болта) — рис. 117 — для завинчивания гаечным или разводным ключом (рис. 130). На торце головок вин-

тов прорезают канавки для отвёрток (рис. 127а-г). На круглых гайках иногда выполняют призматические пазы для захвата специальным ключом (рис. 127л, м). Если резьбовая деталь завинчивается и отвинчивается вручную, на круглой внешней поверхности может быть расположено несколько полукруглых выступов — «буртиков», как их называют (рис. 127н, о), или различного вида насечка, накатка, рифление, — чтобы не проскальзывала рука. А для того, чтобы не поранить руки при завинчивании об острые углы гранёных поверхностей, на них довольно часто срезают конические фаски (рис. 117). Коническая

поверхность фаски пересекает грани правильной призмы по одинаковым кривым линиям — гиперболам, вершины которых расположены в середине каждой грани на одинаковом удалении от торца (основания) призмы. Гиперболы ограничены точками пересечения с рёбрами призмы, и эти точки также находятся на одинаковом расстоянии от торца, но несколько дальше, чем вершины.

Рассмотрим упрощённый способ рисования фасок на шестигранных поверхностях (рис. 121а-д).

Первый этап. Рисуем правильную шестигранную призму — рис. 121а.

Второй этап. Проводим средние линии в каждой грани от торца, от сторон шестиугольника основания призмы (рис. 121б). Откладываем на средних линиях от торца одинаковые небольшие отрезки — это будут вершины гипербол. Откладываем на рёбрах призмы от торца одинаковые отрезки побольше — получим изображение точек пересечения гипербол с рёбрами. Соединяем построенные точки плавными кривыми линиями и получаем изображение гипербол.

Третий этап. Рисуем эллипс — изображение окружности, по которой коническая поверхность пересекает плоскость торца (рис. 121в). Центр эллипса находится в центре шестиугольника. Эллипс должен вписаться в шестиугольник так, чтобы его линия проходила на небольшом расстоянии от сторон шестиугольника (в некоторых случаях возможно касание эллипса и шестиугольника, и даже пересечение). Проводим прямые, касательные к эллипсу

и ближайшим гиперболам — это будут образующие конической поверхности, они определяют видимые и невидимые участки гипербол.

Четвёртый этап. Можно нарисовать остальные очертания детали. На рис. 121г построены контуры отверстия в гайке.

Пятый этап. Рисуем резьбу, наносим светотень — рис. 121д. При нанесении светотени на конической поверхности фаски следует помнить, что вершина конуса расположена на оси шестигранника, и проверять направление штриховки и зон освещённости с помощью этой точки.

Выявить профиль резьбы на рисунке можно только с помощью разреза. Для этого резьба, сам рисунок должны быть достаточно крупными.

Этапы рисования треугольной резьбы на стержне с выявлением профиля показаны на рис. 122а-г.

Первый этап. Рисуем очертания детали, на которой нарезана резьба, в виде первоначально гладкого наружного цилиндра, конической фаски на его торце, цилиндрического сквозного отверстия (чтобы разрез был оправдан ещё и выявлением отверстия) — рис. 122а.

Второй этап. Строим очертания фигур сечения четвертного выреза (рис. 122б).

Третий этап. Рисуем профиль резьбы в вертикальной и горизонтальной фигурах сечения (рис. 122в). Для этого проводим в обеих фигурах сечения на одинаковом расстоянии от линии сечения наружного цилиндра («диаметра выступов резьбы», наи-

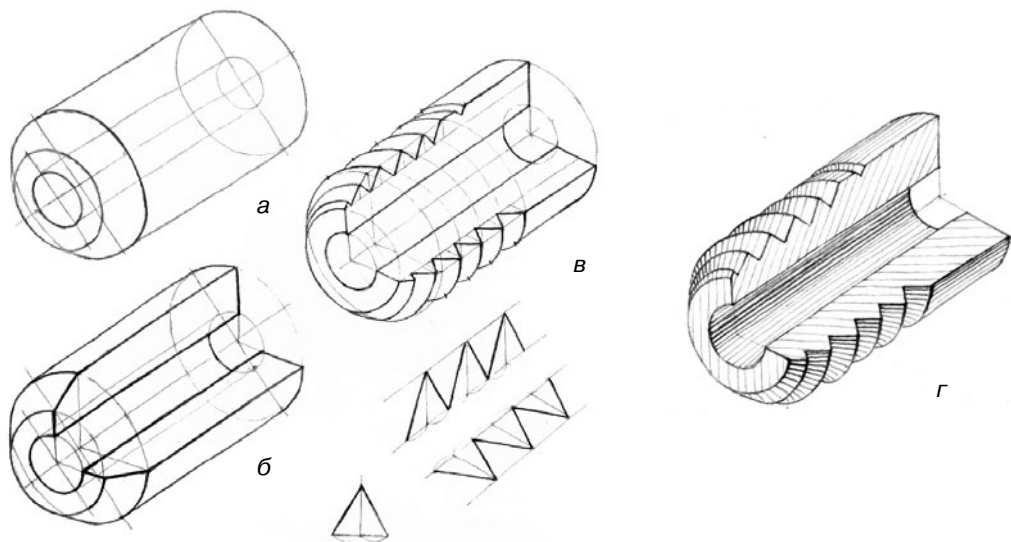


Рис. 122. Этапы рисования треугольной резьбы на стержне с выявлением профиля на разрезе

большого диаметра резьбы) тонкие параллельные линии «диаметра впадин», наименьшего диаметра резьбы — на них расположатся основания треугольников профиля. Размечаем шаг винтовой линии выступов на контурных образующих наружного цилиндра, и рисуем наружную винтовую линию. В точках её пересечения с линиями сечений наружного цилиндра — вершины треугольников профиля. Считаем треугольники профиля — равнобедренными. Строим основания треугольников, они располагаются на линиях «диаметра впадин». Если из вершины каждого треугольника провести его высоту (в вертикальной плоскости она параллельна оси  $z$ , в горизонтальной оси  $y$ ), то основание треугольника разделится высотой пополам. Исходя из этого, строим основания треу-

гольников профиля. Рисуем и обводим профиль резьбы в каждой фигуре сечения. Обводим оставшиеся, не «вырезанные» участки винтовой линии выступов — вершин профиля. Винтовые линии впадин в данном ракурсе не видны.

Четвёртый этап. Стираем ненужные линии построения, выделяем фигуры сечения, наносим светотень — рис. 122г.

Рисование треугольной резьбы в отверстии с выявлением профиля на разрезе происходит в той же последовательности — рис. 123а-в. Заметим (рис. 123б), что в отверстии нужно построить винтовую линию выступов, которая оборачивается по поверхности цилиндра «наименьшего диаметра резьбы», а винтовая линия впадин резьбы в отверстии — «наибольшего диаметра» — не видна.

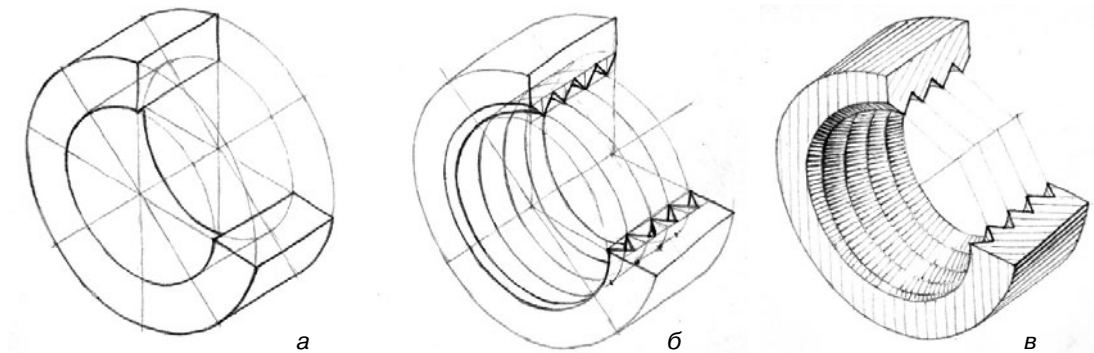


Рис. 123. Этапы рисования треугольной резьбы в отверстии с выявлением профиля в разрезе

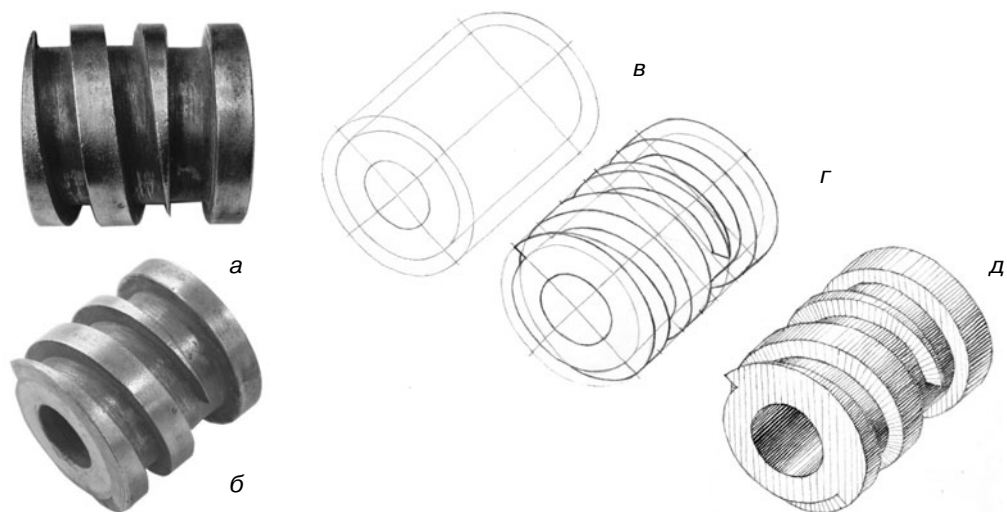


Рис. 124. Этапы рисования прямоугольной резьбы на стержне: а, б) фотографии детали

Пример рисования прямоугольной резьбы показан на рис. 124а-д. Фаска в начале резьбы на этой детали отсутствует, и хорошо виден срез резьбы перпендикулярной оси цилиндра торцевой плоскостью. В конце резьбы выполнена проточка, и сбег ликвидирован — окончание резьбы представлено также плоским срезом. Заметим, что при крупном шаге и относительно большом внутреннем диаметре впа-

дин данной резьбы, одна из винтовых линий, ограничивающих контуры канавки (дальняя, правая) будет просматриваться на рисунке, поэтому её следует построить, «обернув» по цилиндру «внутреннего диаметра» (рис. 124г). На «наружном диаметре» ограничивают выступы резьбы по две винтовых линии. Нанесение светотени на прямоугольной резьбе отличается тем, что выступы и впа-

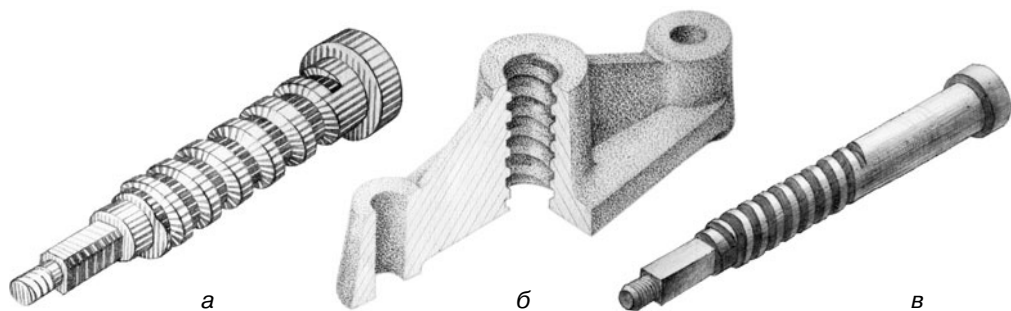


Рис. 125. Рисунки деталей с прямоугольной резьбой

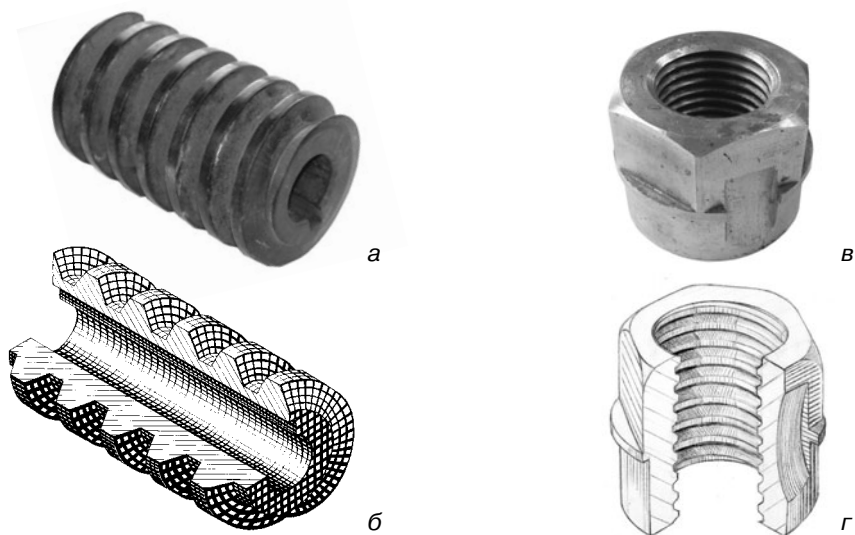


Рис. 126. Рисунки деталей с трапецевидной резьбой: а, в) фотографии деталей

дины штрихуются как цилиндрические поверхности, а боковые стенки, собственно винтовые поверхности, профиля — по типу конических поверхностей — рис. 124д. Примеры рисования прямоугольной резьбы представлены на рис. 125а-в.

Резьба с трапецевидным профилем рисуется приблизительно в той же последовательности, что и прямоугольная — см. рис. 126а-г.

Примеры рисования крепёжных резьбовых деталей представлены на рис. 127 (а-к — стандартные крепёжные детали, л-о — специальные гайки).

Примеры рисования резьбы с применением различных способов нанесения светотени показаны на рис. 128а-е. На рис. 129а-г можно видеть этапы рисования детали с резьбой средствами компьютерной графики.



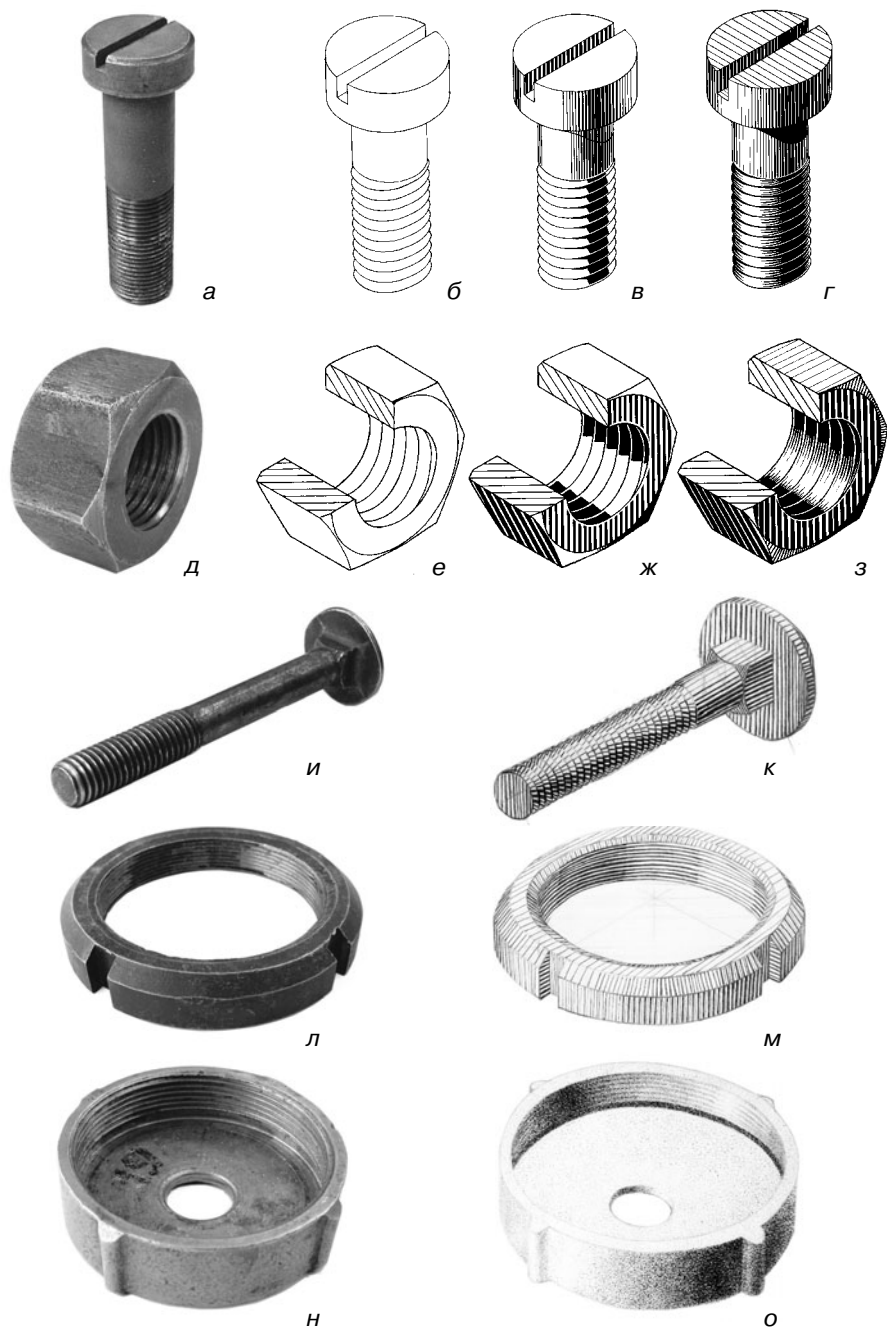
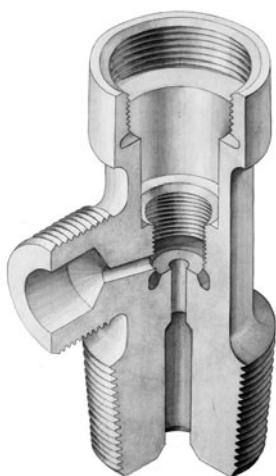
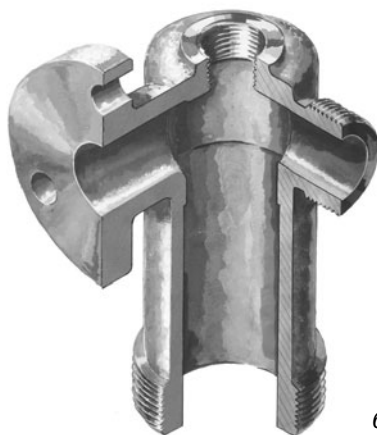


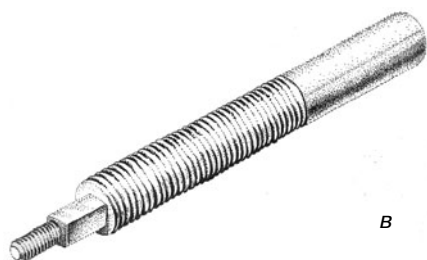
Рис. 127. Рисование крепёжных резьбовых деталей: а, д, и, л, н) фотографии деталей



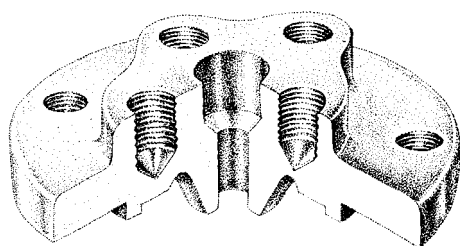
а



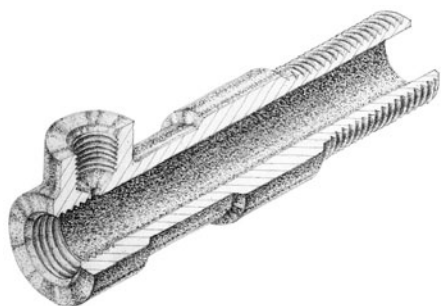
б



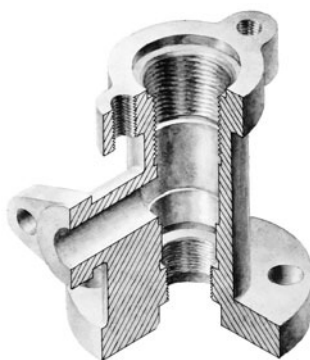
в



г



д



е

Рис. 128. Рисунки деталей с резьбой

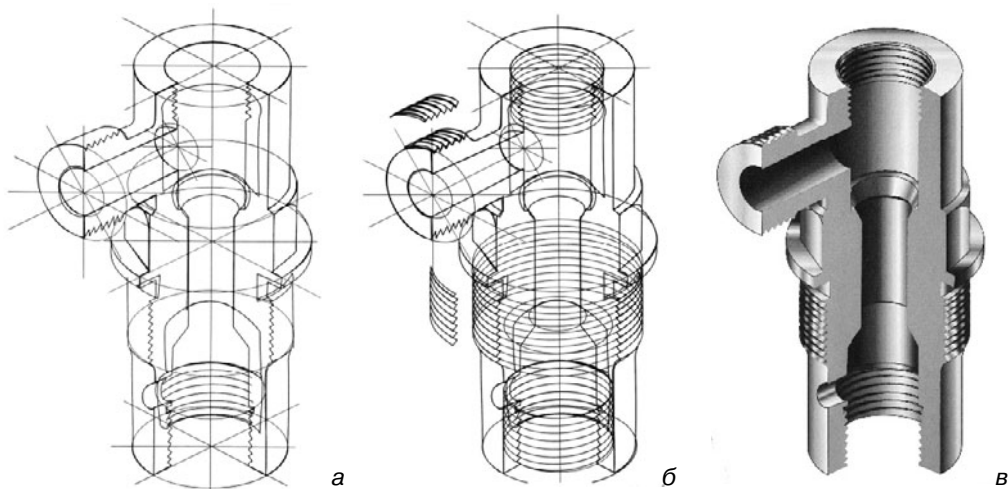


Рис. 129. Этапы рисования детали с резьбой средствами компьютерной графики

### **Выявление составных частей изделия. Рисование соединений деталей и сборочных единиц**

Рисование изделий, состоящих из нескольких частей, иногда может иметь цель передать только внешний вид предмета (рис. 130). В таких случаях определить характер соединения частей и даже их количество по рисунку бывает сложно. Чтобы выявить на рисунке составные части, способы их соединения, границы и конструкцию, применяют разрезы всего изделия в целом в собранном виде. На рис. 131а, б, например, проявилась конструкция невидимой снаружи части крышки и каким образом она закрывает отверстие кувшина. Для лучшего выявления на рисунке границ составных частей, фигуры сечения каждой составной части штрихуют с интервалом, отличающимся

от интервала штриховки сечения соседней детали, или в противоположную сторону. При этом более крупные фигуры сечения больших деталей штрихуются с большим интервалом, меньшие фигуры сечения меньших деталей — с меньшим интервалом (рис. 131б). Толщина линий штриховки во всех случаях должна быть одинаковой — штриховка выполняется тонкими линиями. Помимо штриховки, фигуры сечений могут отделяться у соседних деталей разным цветом, тоном — соответственно материалу деталей — рис. 133а-в.

Изделие, собранное из нескольких составных частей на предприятии, называется сборочной единицей. Технические рисунки несложных

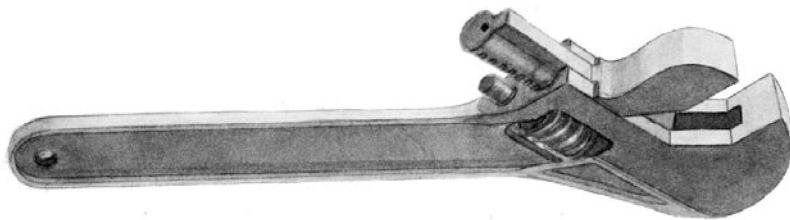


Рис. 130. Рисунок изделия, состоящего из отдельных частей. Разводной ключ

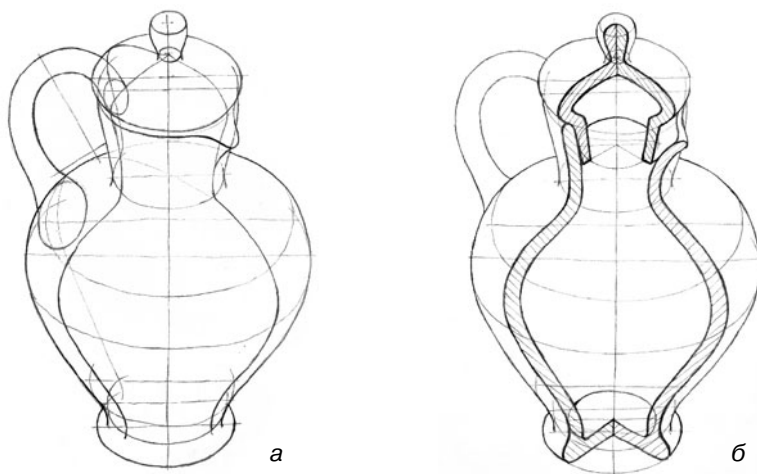


Рис. 131. Рисование изделия, состоящего из отдельных частей

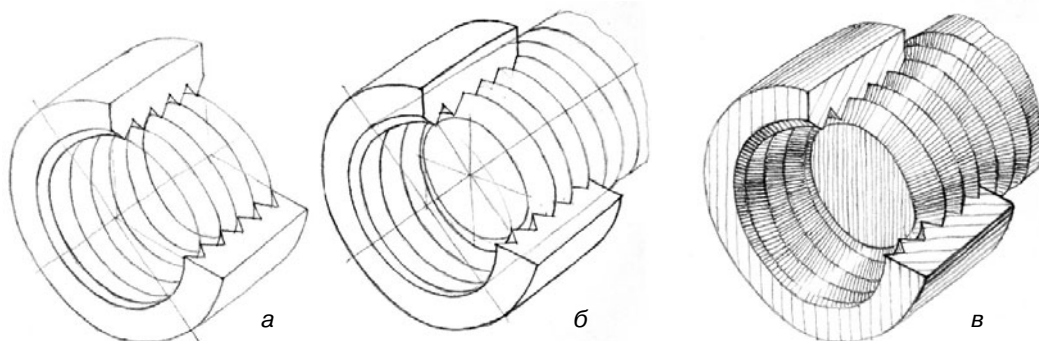
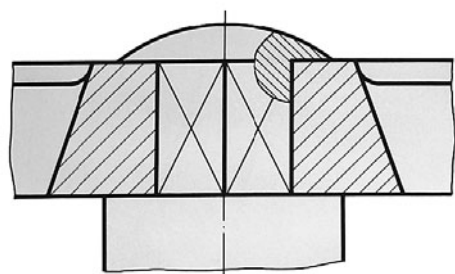


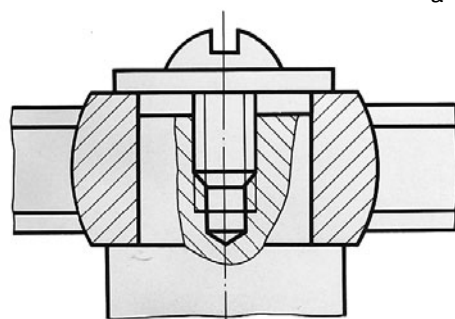
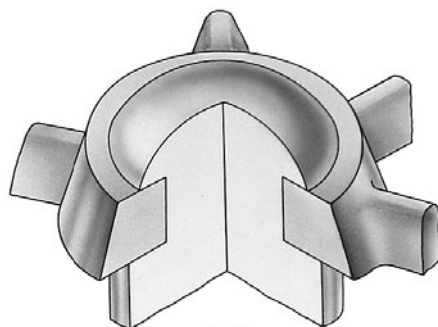
Рис. 132. Этапы рисования резьбового соединения

## КРЕПЛЕНИЕ МАХОВИКОВ НА ШПИНДЕЛЕ



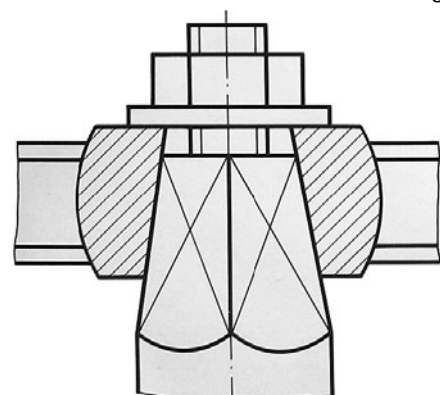
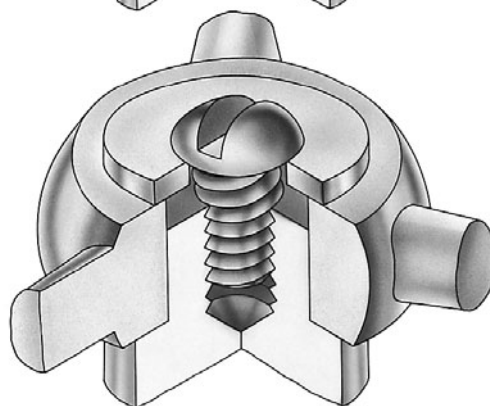
ПРИ ПОМОЩИ РАСКЛЕПКИ ШПИНДЕЛЯ  
(ДЛЯ АРМАТУРЫ МАЛЫХ ПРОХОДОВ)

*a*



ПРИ ПОМОЩИ ВИНТА С ШАЙБОЙ

*б*



ПРИ ПОМОЩИ ГАЙКИ С ШАЙБОЙ

*в*

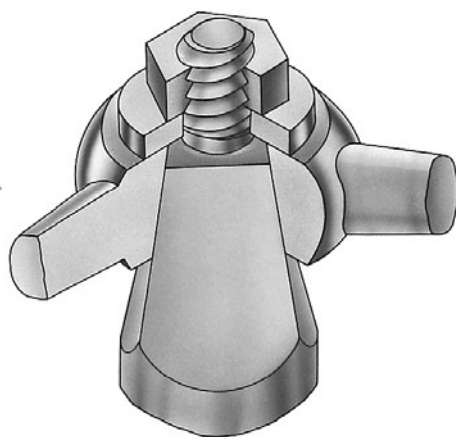


Рис. 133. Чертежи и рисунки соединений деталей

## КРАН ПРОБКОВЫЙ

изделий могут быть выполнены без разреза. Для выявления внутренней конструкции, принципа действия более сложных изделий, способов соединения их деталей — разрез необходим — рис. 134, 135.

Чаще всего детали в изделии соединяются с помощью резьбы. Пример рисования резьбового соединения показан на рис. 132а-в. Последовательность здесь следующая. Сначала рисуется деталь с внутренней резьбой — в отверстии (рис. 132а). Чтобы увидеть частично ввинченный в это отверстие резьбовой стержень, деталь с отверстием разрезана. Одновременно разрез позволяет показать профиль резьбы. Далее рисуется ввинченный на некоторую глубину стержень. Если стержень не имеет отверстий, углублений, которые желательно выявить, то стержень, как правило, рисуют неразрезанным, хотя охватывающие его детали разрезаются (см. рис. 133б, в, 134). Таким образом, стержень «закрывает» собой часть отверстия. Заметим, что на стержне частично видна не закрытая фигурами сечения детали с отверстием винтовая линия, обёртывающаяся по наружному, наибольшему диаметру резьбы — по наружному диаметру стержня — винтовая линия выступов стержня. В отверстии просматривается не закрытая стержнем часть винтовой линии, обёртывающаяся по внутреннему диаметру резьбы — это винтовая линия выступов резьбового отверстия. В заключение рисунка наносится светотень (рис. 132в).

Примеры рисунков резьбовых соединений показаны на рис. 133б, в.

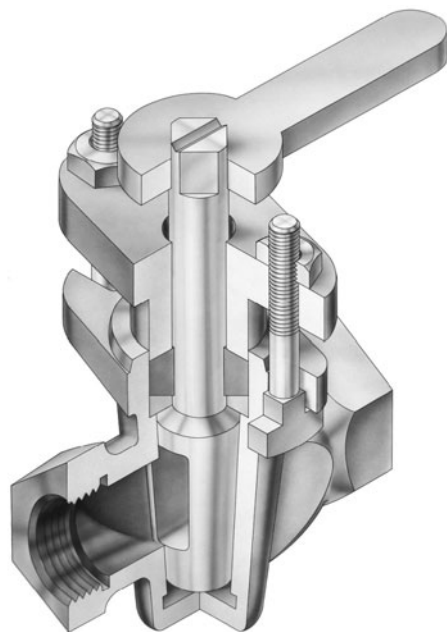
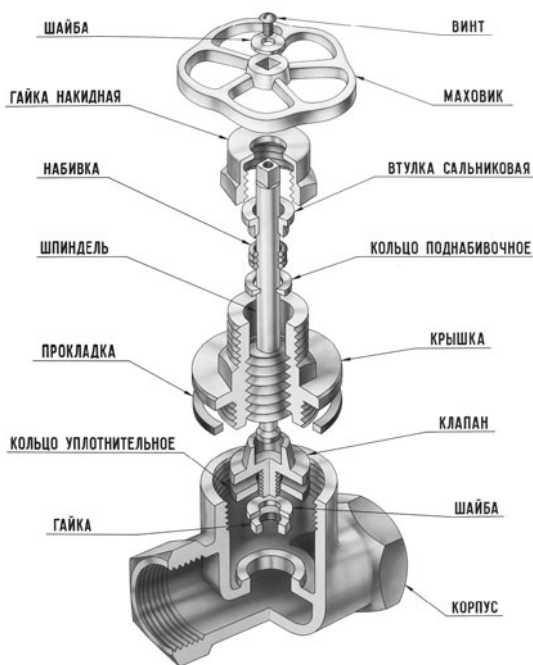


Рис. 134. Различные виды соединений деталей в пробковом кране (см. цв. вкл.)

Помимо резьбовых, в изделии могут применяться другие виды соединений. На рис. 133а показано соединение с помощью расклёпки — неразъёмное. На рис. 134 крышка крана присоединяется к корпусу при помощи резьбовых крепёжных деталей — закладных болтов и гаек, ручка (ключ) надевается на гранёный выступ пробки и не закреплена, коническая часть пробки плотно прижимается к стенкам отверстия корпуса — эти детали «притёрты» для обеспечения герметичности соединения, а цилиндрическая часть пробки свободно проходит в несколько большее по диаметру отверстие крыш-

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СБОРКИ ВЕНТИЛЯ



## ВЕНТИЛЬ

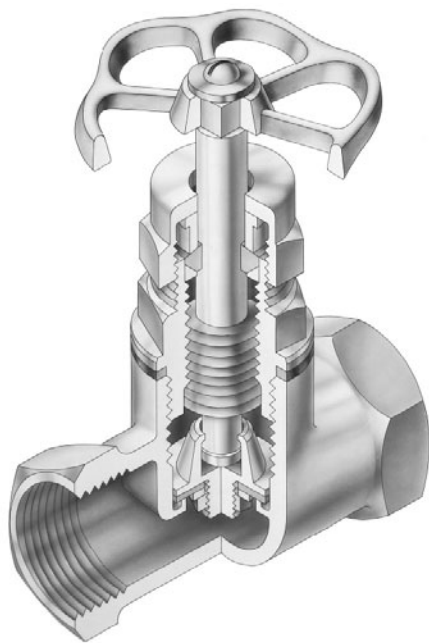


Рис. 135. Последовательность сборки вентиля и рабочее положение его составных частей после сборки

ки — здесь соединение «с зазором», чтобы не препятствовать вращению пробки.

Кроме общей конструкции сборочной единицы, на технических рисунках часто показывают и последовательность сборки (разборки) изделия. Для этого рисунок изделия в собранном виде сопровождают рисунком его составных частей в порядке последовательного их соединения друг с другом (рис. 135).

Последовательность рисования сборочной единицы представлена у Н.Н.Ростовцева четырьмя этапами (рис. 136а-г). Сначала нужно изучить

составляющие изделие детали и порядок их соединения (рис. 136а), затем наметить рисунок изделия в собранном виде как сочетание геометрических форм (рис. 136б), после этого можно строить разрезы и прорисовывать элементы изделия подробнее (рис. 136в), на завершающем этапе наносится светотень и выделяются фигуры сечений (рис. 136г). Заметим, что на последнем этапе рис. 136г при нанесении светотени корпуса изделия смешались два способа — штриховка и точечный, что нарушает целостность восприятия рисунка. Более гармоничным является применение еди-

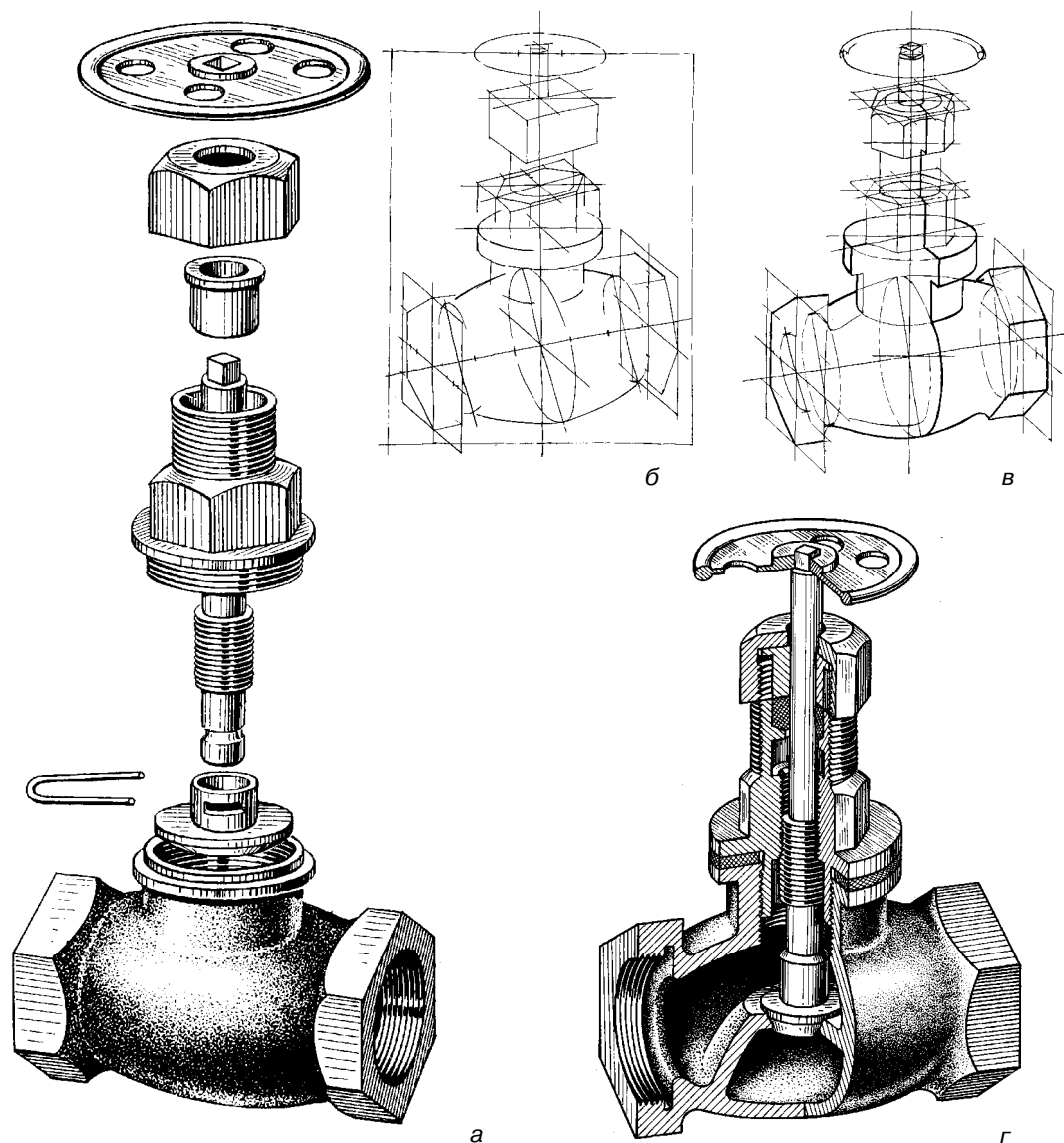


Рис. 136. Этапы рисования вентиля

ного способа для нанесения светотени на всех частях и поверхностях изделия, например, на рис. 137б способом тушёвки графитным карандашом

одинаково успешно показаны и обработанные, «блестящие» поверхности, и литые, шероховатые наружные поверхности с плавными переходами.



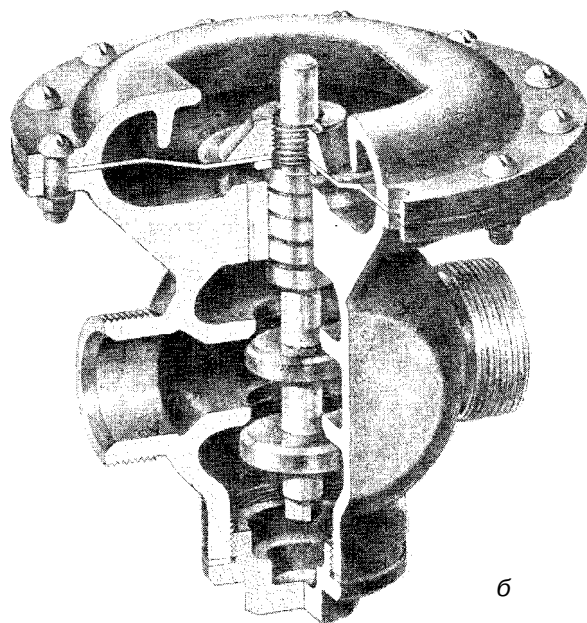
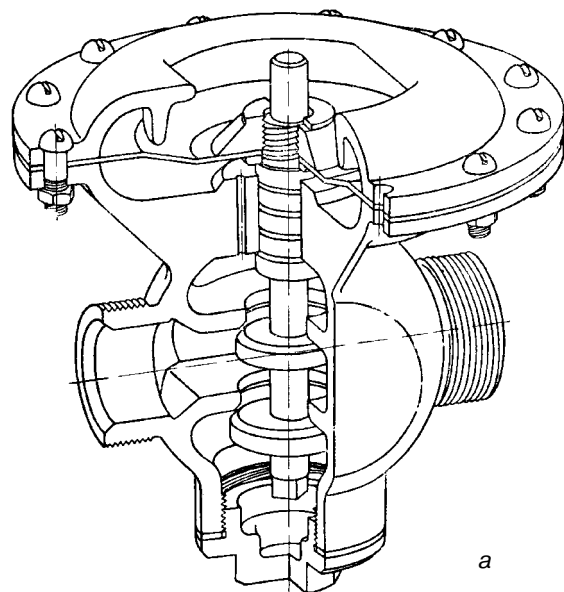


Рис. 137. Этапы рисования клапана

## Вопросы для повторения

1. Какие соединения деталей вы знаете?
2. Какие соединения называются разъёмными, и неразъёмными?
3. Как образуется винтовая линия на цилиндрической поверхности?
4. Как образуется винтовая поверхность, поверхность резьбы?
5. Какие вы знаете виды резьбы?
6. Что называется резьбой на стержне, и резьбой в отверстии?
7. Что называется наибольшим и наименьшим диаметром резьбы, профилем резьбы, шагом, направлением нарезки резьбы?
8. Как на техническом рисунке нарисовать цилиндрическую винтовую линию?
9. Как на техническом рисунке показать резьбу с мелким и крупным шагом?
10. Как на техническом рисунке выявить профиль резьбы?
11. Как нанести светотень на резьбовой поверхности?
12. Что называется сборочной единицей?
13. Какими способами на техническом рисунке выявляют составные части изделия?

## Практическое задание

Нарисуйте с натуры или по чертежу две детали с резьбой. Детали должны иметь резьбу на стержне (наружную) и резьбу в отверстии (внутреннюю). Если резьбы имеют достаточно крупный шаг и диаметр, выявите профиль резьбы с помощью разреза.

Формат работы А3. Используйте по желанию простые и цветные карандаши, акварель, тушь, гуашь. Возможно применение фломастеров и гелиевых ручек.

**Примеры выполненных заданий см. рис. 126б, г, 127к, м, о, 128а, в, г, д, е.**

## Источники иллюстраций

- Аргументы и факты. Газета. 12—18 ноября 2008 г. — рис. 19б
- Боголюбов С.К. Черчение. М., 1985 — рис. 9а
- Брилинг Н.С. Черчение. М., 1989 — рис. 5б
- Волковский Д.Н. и др. Боевые корабли мира. Иллюстрированная энциклопедия. СПб., 1995 — рис. 4, 18б, 72
- Информационный плакат на улице Авиаконструктора Яковлева, г. Москва, 2012—2013 гг. — рис. 32б
- Квятковский И.А. Океан и корабль. Л., 1972 — рис. 9б
- Константинов А.В. Авторские рисунки 2011—2014 гг. — рис. 7а-в, 8а-в, 10а-г, 37а-д, 38а, б, 39а-г, 40, 41а, б, 42, 43а-г, 44а-г, 45а, б, 46а-в, 47а-в, 48, 49а, 50а-г, 51а-г, 52а-г, 56а-д, 60а-д, 66а-д, 68а, 78а-з, 84, 87, 88, 89, 90, 92б-д, 96в-з, 97а-е, 108б-д, 109б-е, 110в, 118а-г, 119а-в, 120а-в, 121а-д, 122а-г, 123а-в, 124в-д, 126б, д, 131, 132а-в
- Константинов А.В. Авторские фотографии 2011—2014 гг. — рис. 54а-в, 55а, б, 59а, б, 64а-в, 83, 92а, 94, 95, 96а, б, 99а, в, 100а, 101а, 102а, 105а, в, д, 106а, 107а-в, 108а, 109а, 113а, б, 114а, б, 115а, б, 116а-в, 117а, б, 124а, б, 126а, в, 127а, д, и, л, н
- Константинов А.В. Аксонометрия. Курс лекций. Авторские рисунки 2004—2005 гг. М., 2005 — рис. 53а, б, 62, 65, 86а, б
- Константинов А.В. Плакаты, выполненные художниками объединения «Союзчприбор» по эскизам А.В. Константинова, 1989 г. — рис. 133а-в, 134, 135а, б
- Короев Ю.И. Начертательная геометрия. М., 2001 — рис. 18а
- Кублицкий Г. Фритьоф Нансен. М., 1967 — рис. 36б
- Курти О. Постройка моделей судов. Л., 1977 — рис. 17а, 20а, 28б
- Мартиндейл Эндрю. Готика. М., 2001 — рис. 14
- Мебель от производителя. Журнал. Ноябрь — декабрь. — М., 2007 — рис. 35б
- Мемуары мессира Д'Артаньяна. М., 1995 / — Колон: 1700 — рис. 16
- Основы теории проектирования костюма. М., 1988 — рис. 35а
- Поляков А.С. Линейный крейсер «Hood». Хабаровск, 1998 — рис. 32а
- Порсин Ю.Я. Аксонометрические изображения машиностроительных деталей. М., 1963 — рис. 1а, 6б, 33а, 68в, 98а-д, 110а, б
- Практические, курсовые, дипломные работы студентов художественно-графического факультета МГПИ/МППУ 1960—2015 гг. — рис. 1б, 2а, б, 3а, 19а, 21а, 22, 23, 24б, 25а, б, 27а, 29а-г, 30а, б, 31, 33б, 37е, ж, 39д, е, 43д, е, 44д, 49б, в, 51д-ж, 52д, е, 57, 58, 61, 63, 67а, б, 68б, г, 70, 71в, г, 73, 74, 75а-г, 76, 79а-е, 80, 81, 82, 85, 91, 93, 99б, г, 100б, 101б-д, 102б-г, 103, 104, 105в, г, е, ж, 106б-к, 107г-е, 112, 126, 127б, в, г, е, ж, з, к, л, о, 128, 129, 130
- Ройтман И.А., Владимирова Я.В. Черчение. М., 2007 — рис. 3б
- Ростовцев Н.Н., Соловьёв С.А. Техническое рисование. М., 1979 — рис. 12, 15, 69, 111, 136а-г

- Рух Ж.Ж.* История Рыцарства. М., 2001 — рис. 24а
- Рыбаков Б.А.* Киевская Русь и Русские княжества 12—13 вв. М., 1993 — рис. 21б, 26б
- Рыбаков Б.А.* Язычество древних славян. М., 1994 — рис. 26а
- Сабанеев Л.П.* Рыбы России. М., 1911 — рис. 28а
- Символ Власти.* М., 2007 — рис. 36а
- Суворов Н.С., Иванов В.П., Фёдоров В.П.* Современные боевые корабли. М., 1978 — рис. 5а
- Сулига С.* Линкоры типа «Нью-Мексико». М.-СПб.: 1996 — рис. 27б
- Тихомиров Н.Я.* Архитектура подмосковных усадеб. М., 1955 — рис. 6а, 11а, 13б, 71а, б, 77
- Упаковка фотоаппарата «Зенит-Е».* Л., 1980 — рис. 35в
- Штенцель А.* История войн на море. СПб., 1916—1919. Т. 2. М., 2002 — рис. 11б, 13а, 17б
- Энциклопедический словарь.* М., 1963 — рис. 20б, 34

## Литература

- Авсисян О.А. Натура и рисование по представлению. М., 1985.
- Анисимов Н.Н., Кузнецов Н.С., Кириллов А.Ф. Черчение и рисование. М., 1989.
- Бабияк В.В. Русский учебный рисунок. СПб., 2004.
- Балягин С.Н. Черчение: справочное пособие. М., 2005.
- Барц А.О. Наброски и зарисовки. М., 1970.
- Боголюбов С.К. Черчение. М., 1989.
- Боголюбов С.К. Инженерная графика. М., 2000.
- Борисов Д.Н., Василенко Е.А., Ляпунов Б.А., Макарова М.Н. Черчение. М., 1987.
- Бриллинг Н.С. Черчение. М., 1989.
- Владимирский Г.А. Наглядные изображения в параллельных проекциях. М., 1960.
- Вышнепольский И.С. Техническое черчение. М., 2009.
- Кириллов А.Ф. Черчение и рисование. М., 1980.
- Константинов А.В. Аксонометрия. Курс лекций. М., 2005.
- Кузин В.С. Наброски и зарисовки. М., 1981.
- Ли Н.Г. Рисунок. Основы учебного академического рисунка. М., 2005.
- Макарова М.Н. Натюрморт и перспектива. М., 2016.
- Макарова М.Н. Начертательная геометрия. М., 2008.
- Макарова М.Н. Перспектива. 3-е изд. М., 2009.
- Макарова М.Н. Практическая перспектива. 3-е изд. М., 2014.
- Макарова М.Н. Рисунок и перспектива. М., 2014.
- Макарова М.Н. Техническая графика: теория и практика. М., 2012.
- Могилевцев В.А. Наброски и учебный рисунок. СПб., 2009.
- Могилевцев В.А. Основы рисунка. СПб., 2007.
- Новосёлов Ю.В. Наброски и зарисовки. М., 2009.
- Порсин Ю.Я. Аксонометрические изображения машиностроительных деталей. Л., 1963.
- Пугачёв А.С., Никольский Я.Б. Техническое рисование. М., 1976.
- Радлов Н.Э. Рисование с натуры. Л., 1978.
- Ростовцев Н.Н. Академический рисунок. М., 1975; 1995.
- Ростовцев Н.Н. История методов обучения рисованию: учебное пособие. М., 1987.
- Ростовцев Н.Н., Соловьёв С.А. Техническое рисование. М., 1979.
- Сапожников В.П. Полный курс рисования/под ред. В.Н. Ларионова. М., 1996.
- Тютюнова Ю.М. Пленэр: наброски, зарисовки, этюды. М., 2012.
- Унковский А.А. Рисунки, наброски. М., 1982.
- Учебный рисунок в Академии художеств/Сост. Д.А. Сафаралиева. М., 1990.
- Учебный рисунок МГАХИ им. В.И. Сурикова /Сост. С.А. Гавриляченко, Ю.А. Грищенко, Г.А. Мазурин. М., 1960.
- Чекмарёв А.А. Начертательная геометрия и черчение. М., 2014.

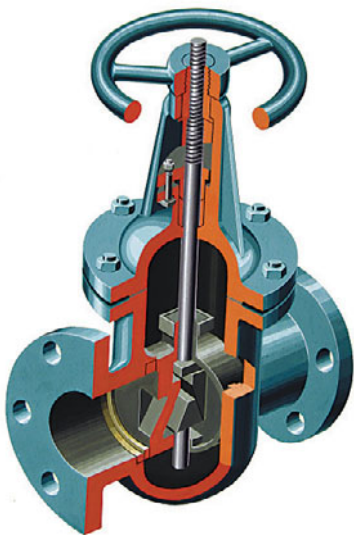


Рис. 1. Технические рисунки технических объектов: б) задвижка — устройство для перекрытия трубопровода (с. 5)



Рис. 4. Корабль викингов. Норвегия. XI в. (с. 8)

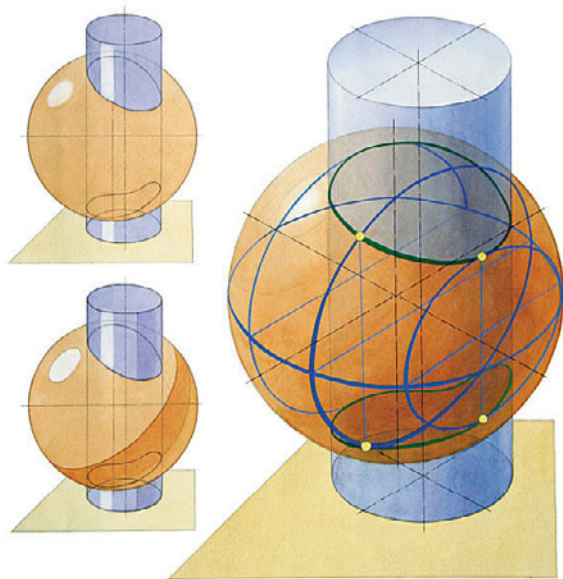


Рис. 2. Технические рисунки нетехнических объектов: а) учебный плакат; б) учебная работа (с. 6)

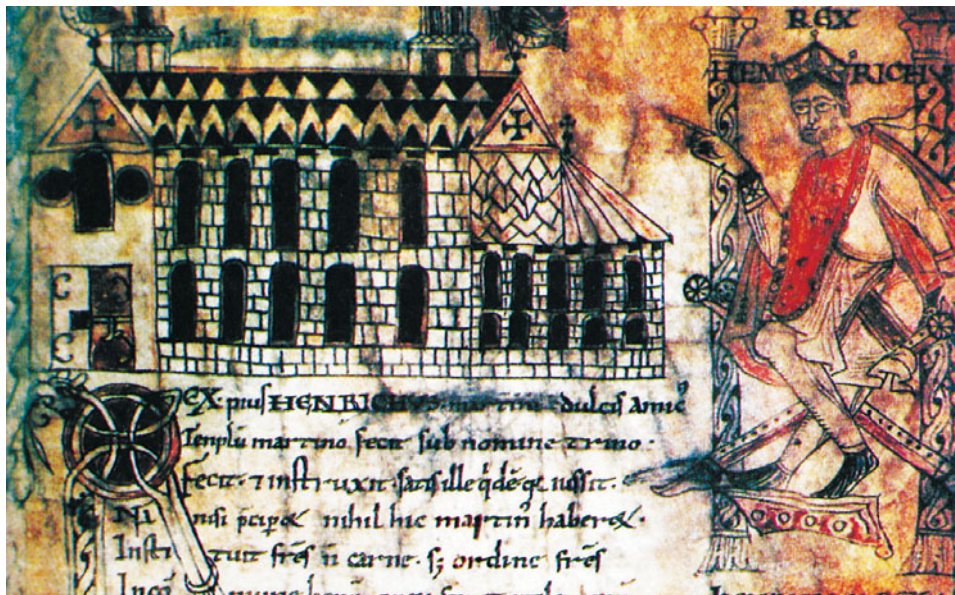


Рис. 14. Исторические технические рисунки. Король Генрих I основывает капеллу св. Мартина. Миниатюра XI в. (с. 18)



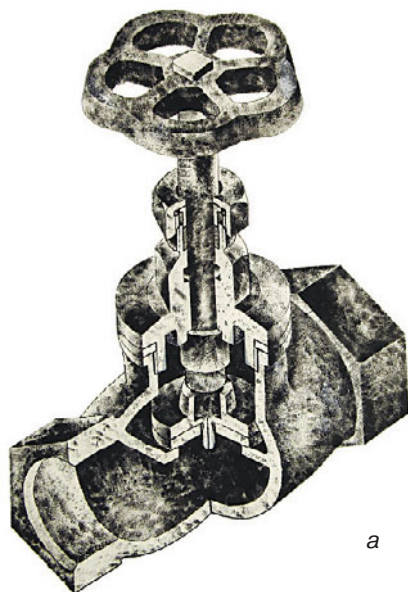
а



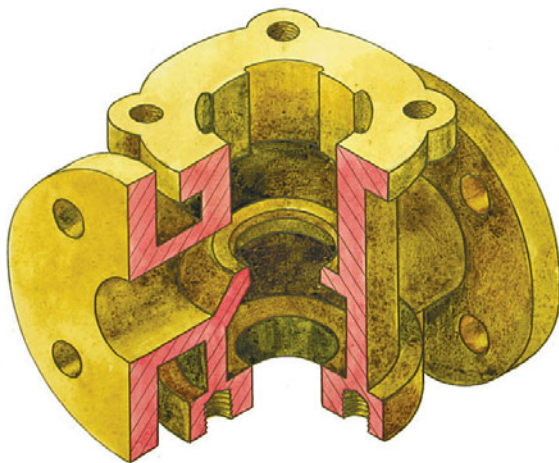
б

Рис. 25. Многоцветная штриховка, тушевка, пуантеле — цветные карандаши:  
а) сосуд доколумбовой культуры Америки; б) рисунок детали (с. 25)

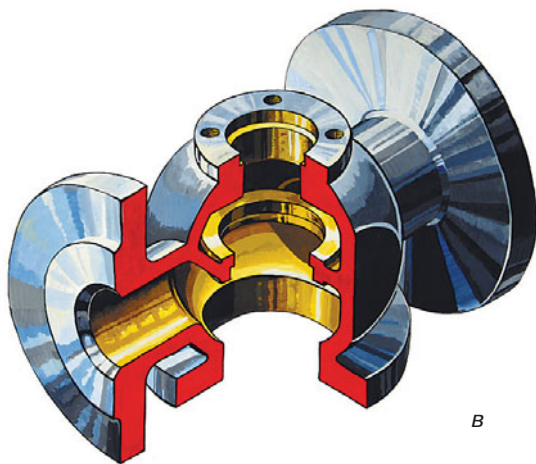




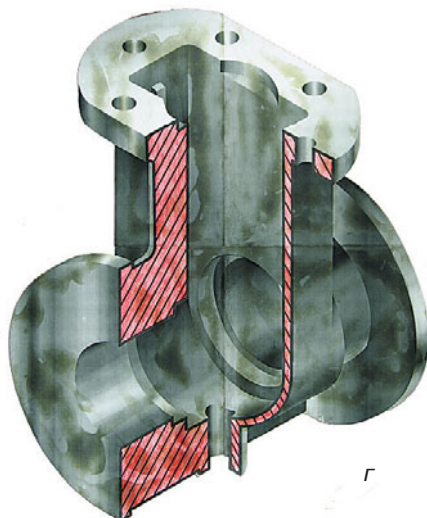
a



б



в



г

Рис. 29. а) тамповка. Устройство вентиля; б) акварель. Корпус вентиля; в) гуашь. Корпус вентиля; г) аппликация. Корпус задвижки (с. 27)



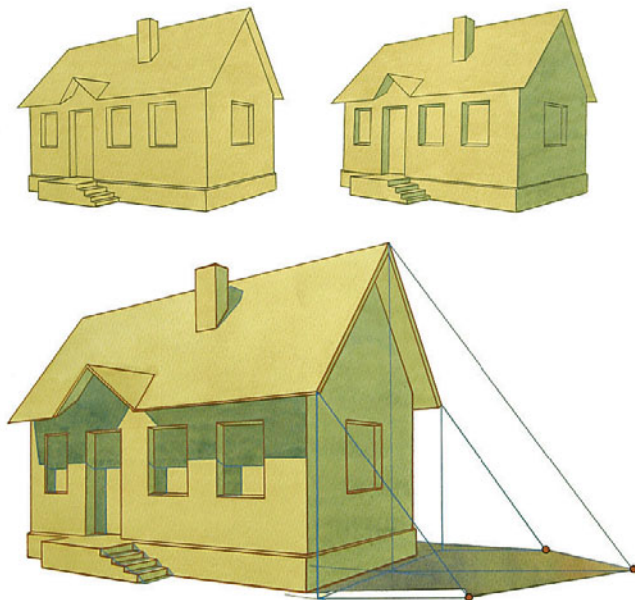


Рис. 30. Этапы выполнения отмытки. Учебный плакат (с. 28)

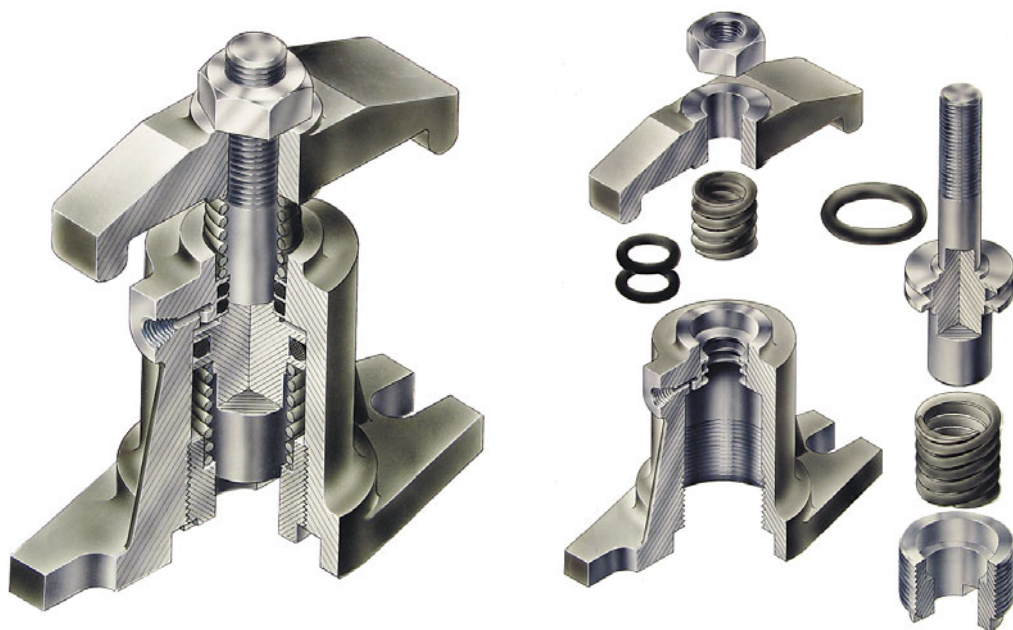
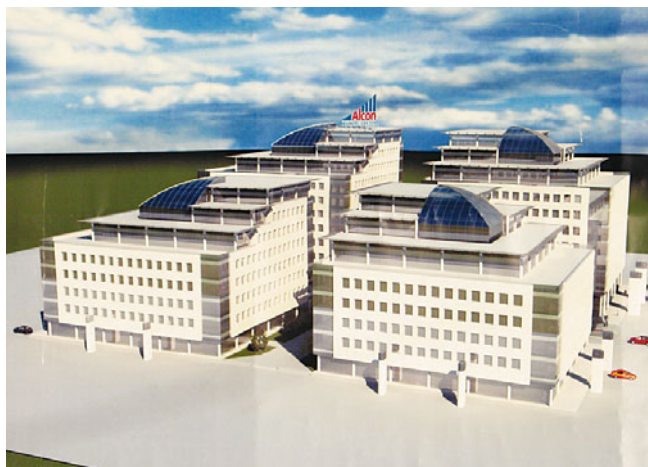


Рис. 31. Аэрография. Детали и устройство клапана (с. 29)



а



б

Рис. 32. Компьютерная графика: а) британский линейный крейсер «Hood» 1940 г.; б) информационный плакат на стройке здания (с. 28)



Рис. 34. Применение технического рисунка в научной литературе. Бабочки. Рисунок из Энциклопедического словаря. 1964 г. (с. 30)



Рис. 61. Распределение светотени на криволинейной поверхности вращения (с. 69)

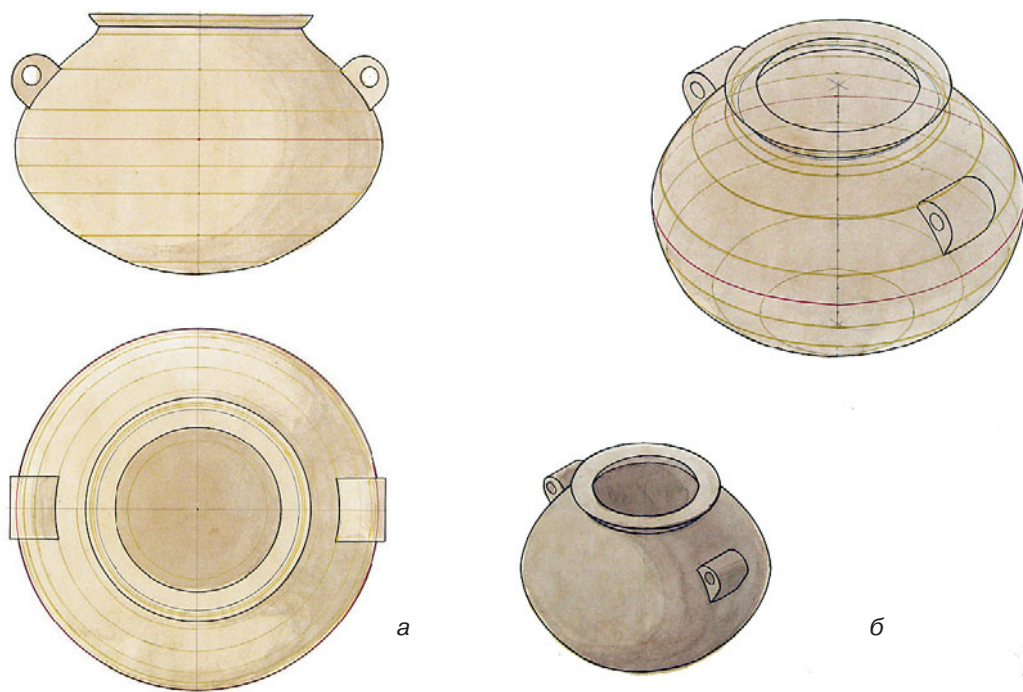


Рис. 63. Рисование древнеегипетской вазы. Способ сечений (с. 71)



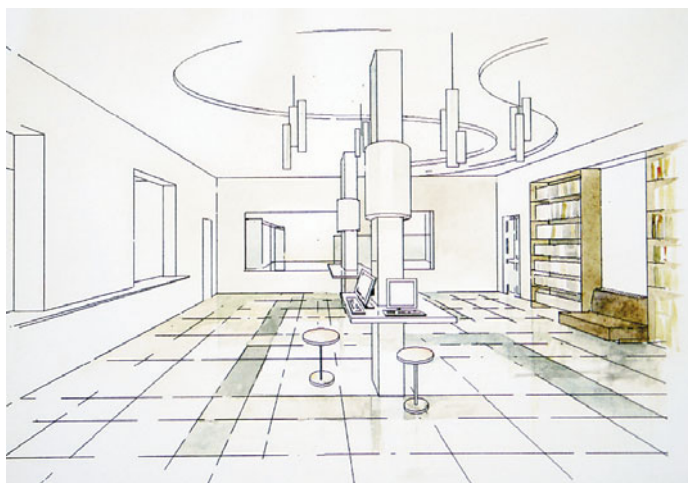


Рис. 71. Способ отмывки в современных архитектурных проектах:  
в) фасад здания; г) интерьер (с. 81)



Рис. 72. Применение отмывки в иллюстрациях исторической литературы.  
Корабельная пушка. XVIII в. (с. 81)

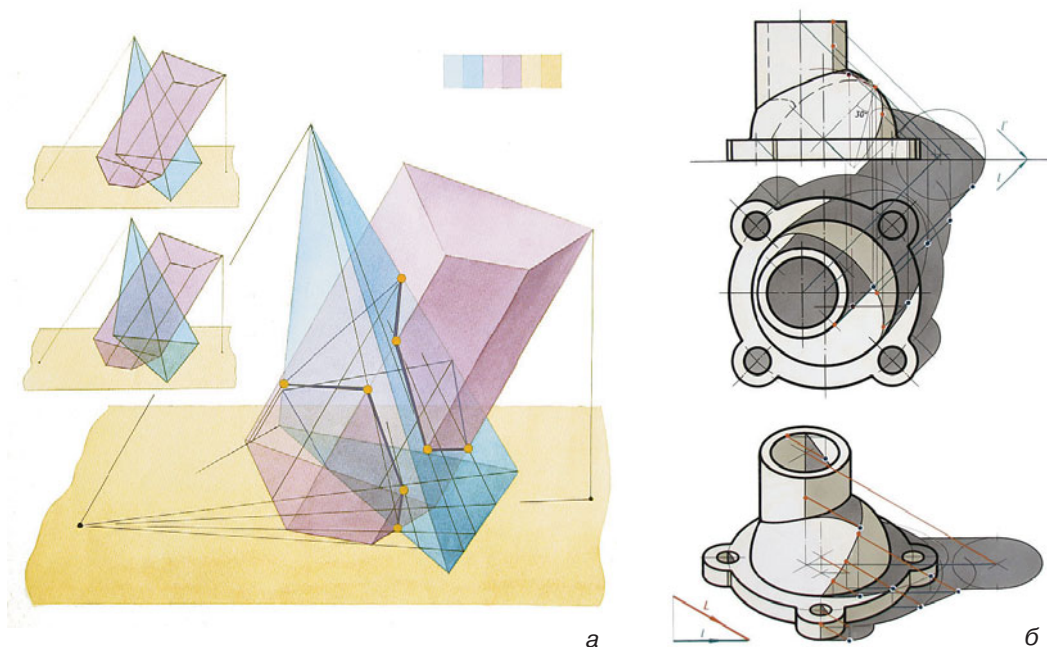


Рис. 73. Способ отмывки в наглядных изображениях на учебных плакатах и чертежах (с. 82)

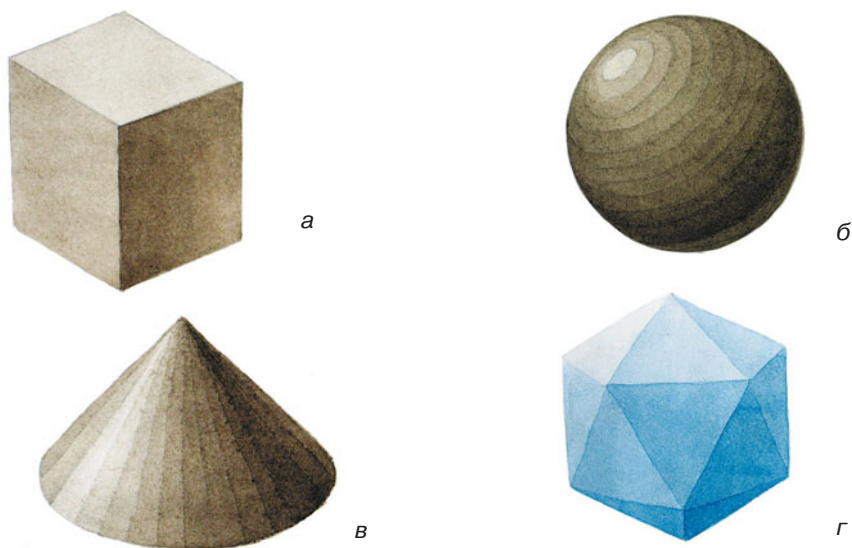


Рис. 74. Нанесение светотени на рисунках геометрических тел способом отмывки:  
а) куб; б) шар; в) конус; г) многогранник (с. 82)

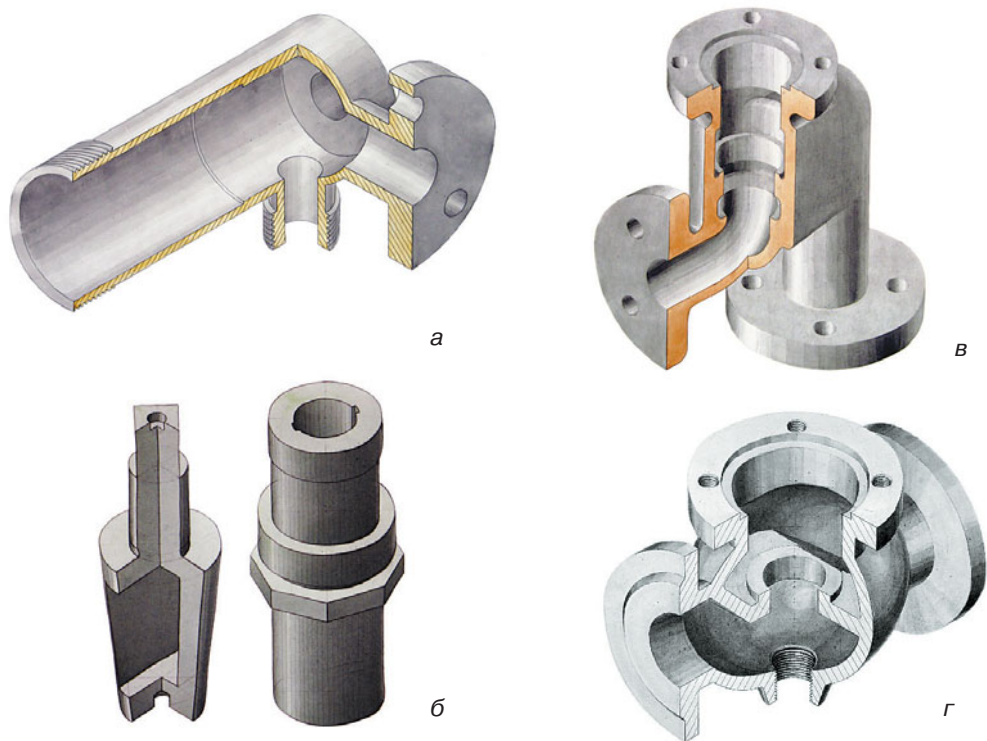


Рис. 75. Нанесение светотени на рисунках технических деталей способом отмывки (с. 83)

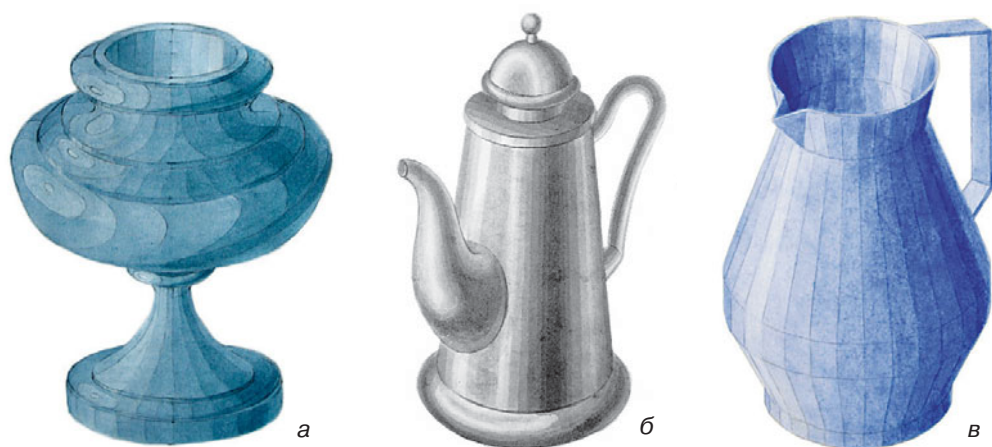


Рис. 76. Светотень на рисунках бытовых предметов. Способ отмывки (с. 83)

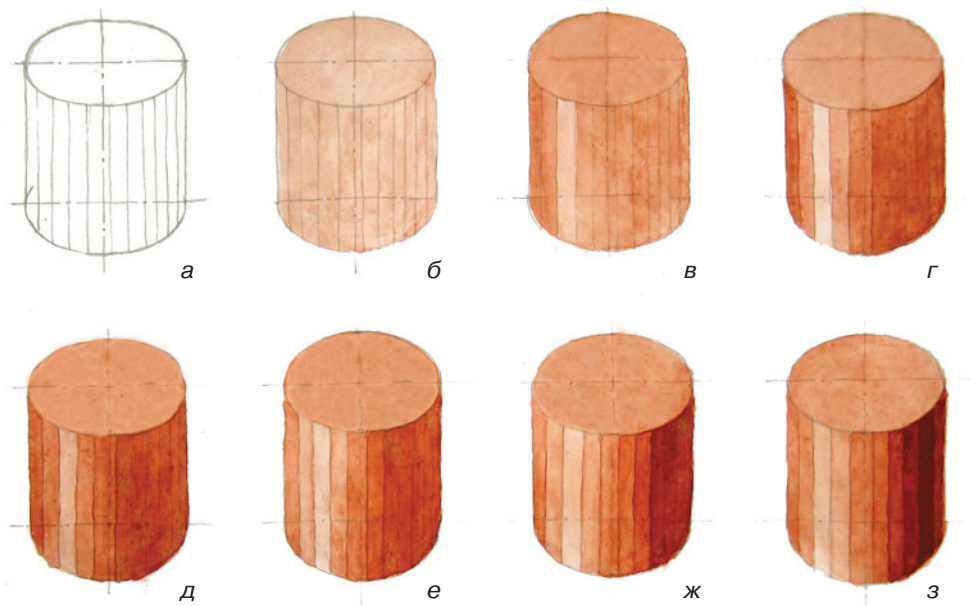


Рис. 78. Этапы выполнения отмывки (с. 85)

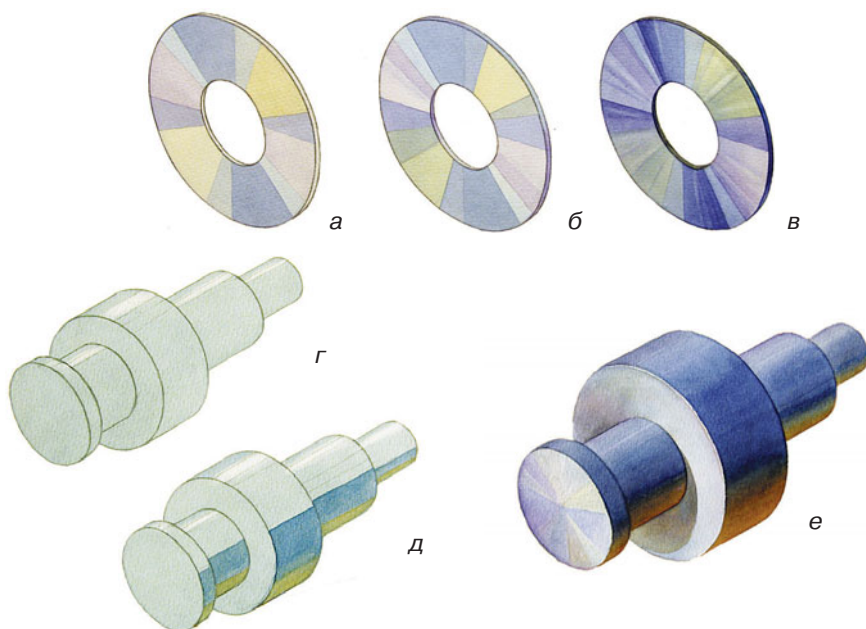


Рис. 79. Цветные рефлексy в отмывке (с. 87)



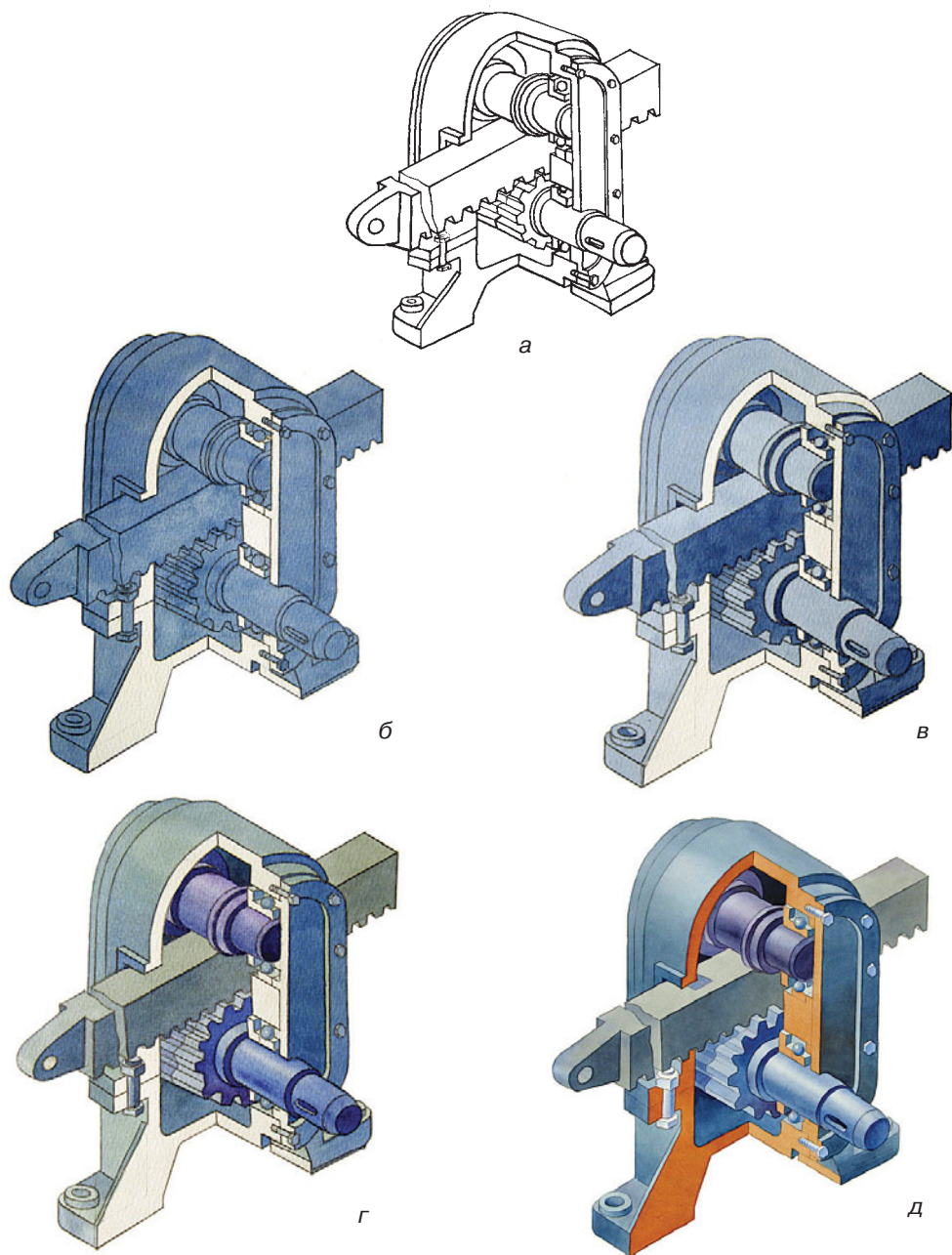


Рис. 81. Этапы нанесения светотени способом отмычки при рисовании сборочной единицы (с. 88)





Рис. 82. Нанесение изображений на поверхности предметов. Способ «срисовывания». Сосуды культур доколумбовой эпохи Америки (с. 90)



Рис. 85. Вспомогательная сетка на техническом рисунке предмета и развёртке его поверхности (с. 93)

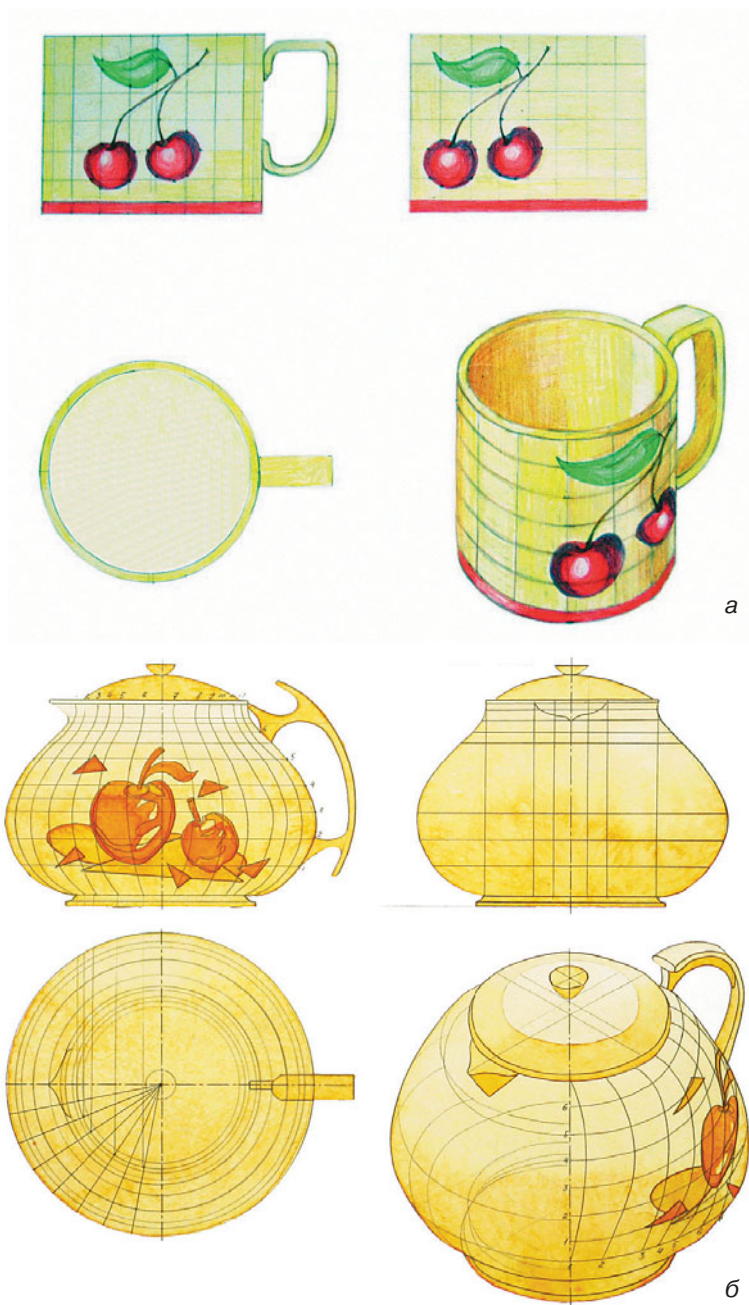


Рис. 91. Нанесение изображений на поверхности предметов способом вспомогательной сетки (с. 101)



а



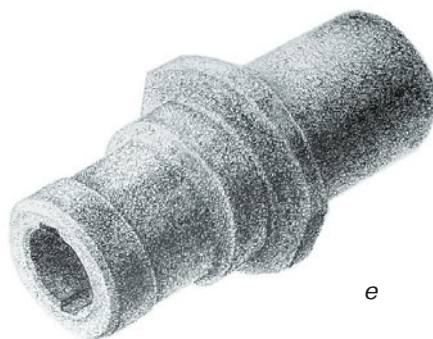
б



д



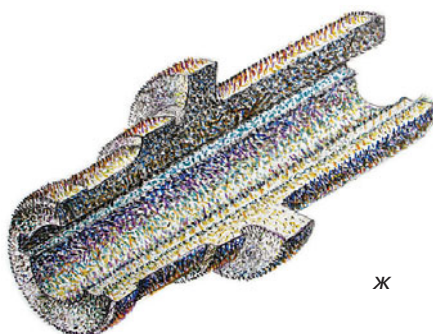
в



е



г



ж

Рис. 105. Выявление материала и покрытия тоном, цветом: а, в, д) фотографии деталей (с. 118)

## КРАН ПРОБКОВЫЙ

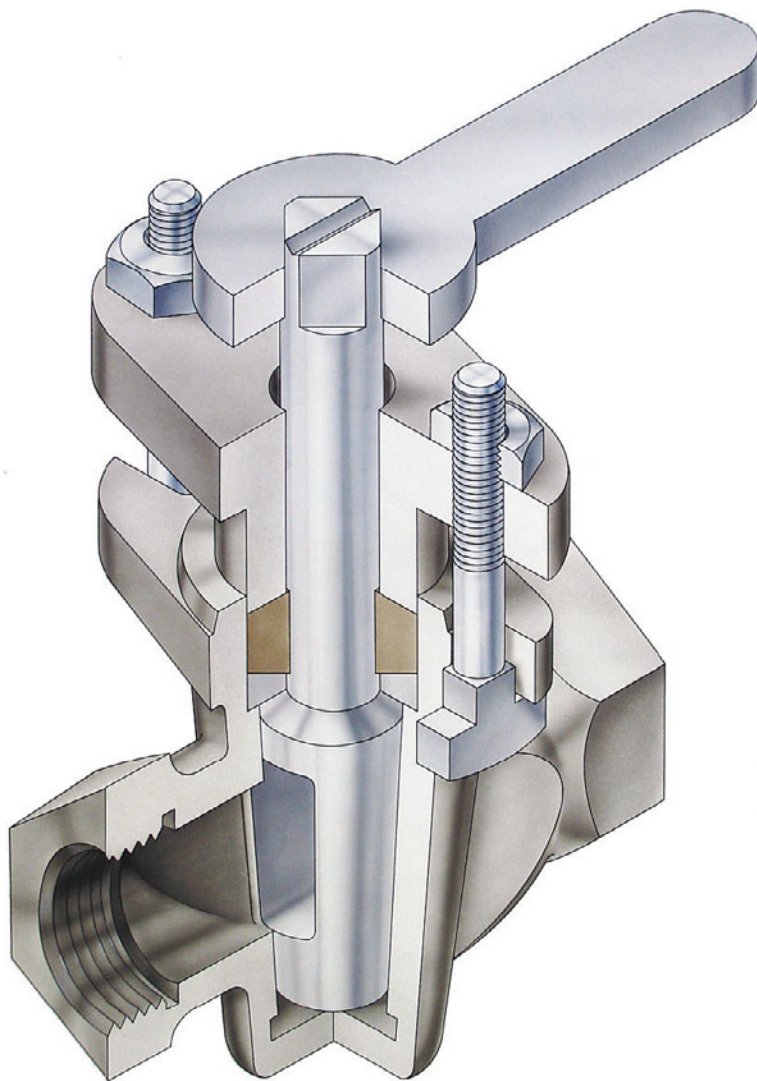
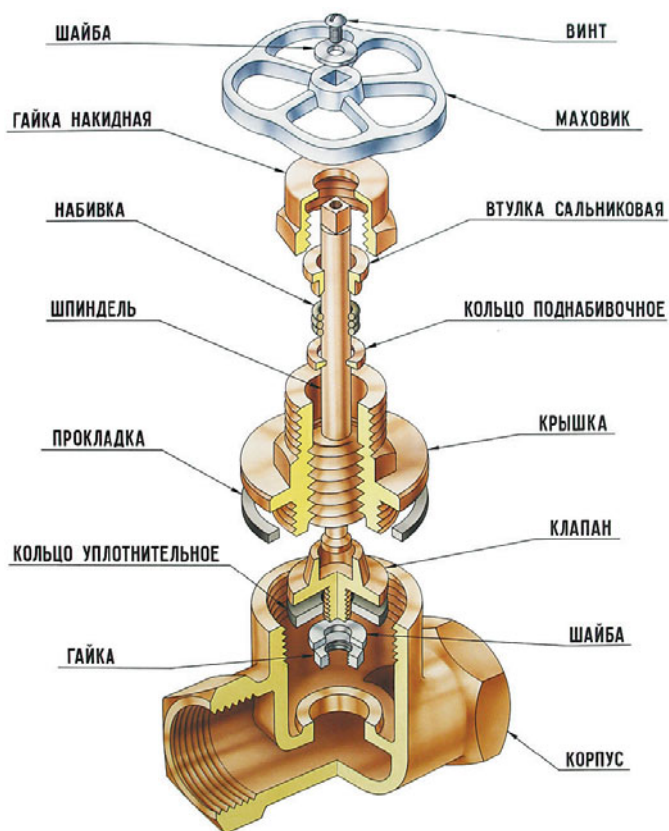


Рис. 134. Различные виды соединений деталей в пробковом кране  
(с. 145)



## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СБОРКИ ВЕНТИЛЯ



## ВЕНТИЛЬ

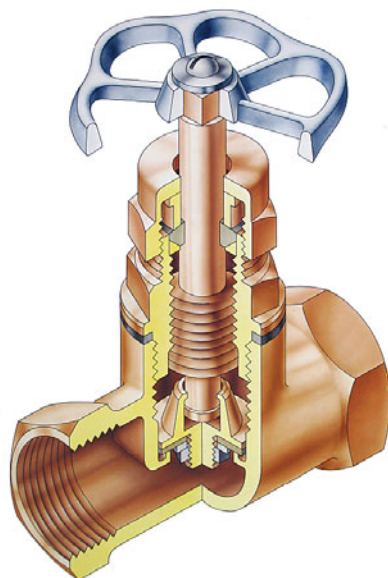
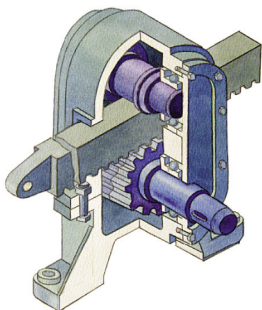
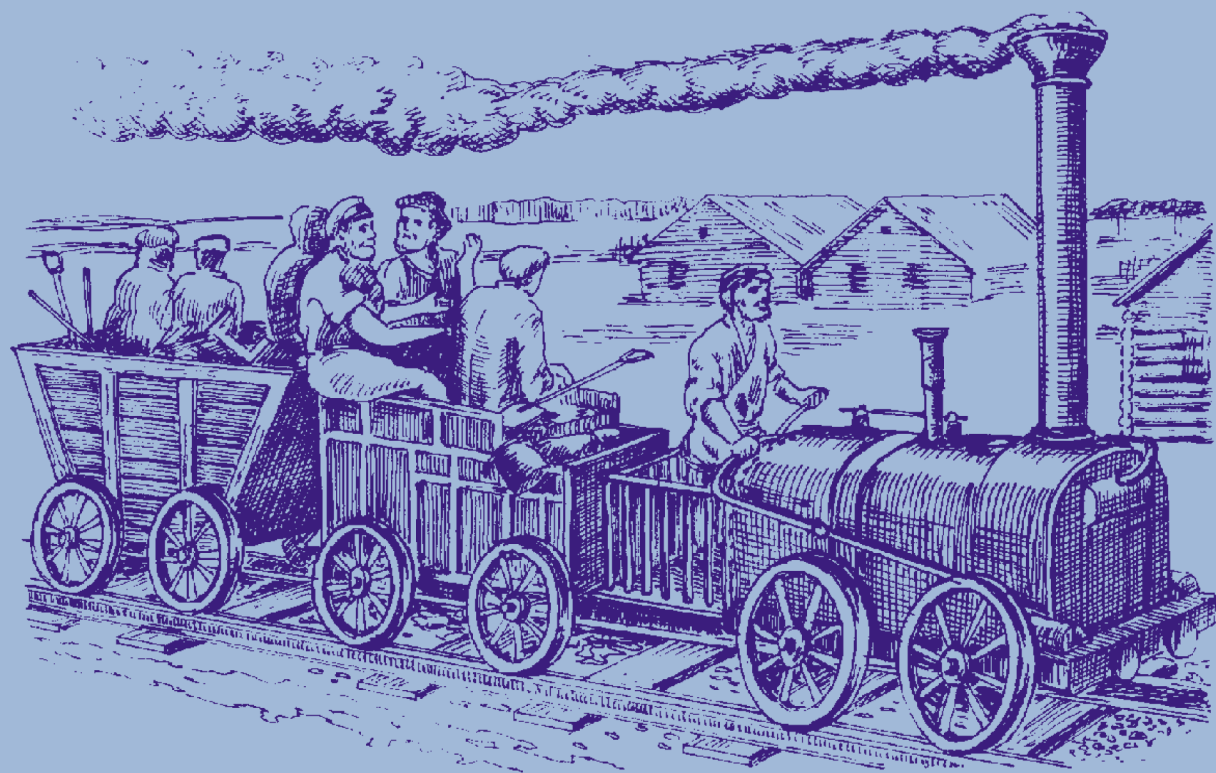
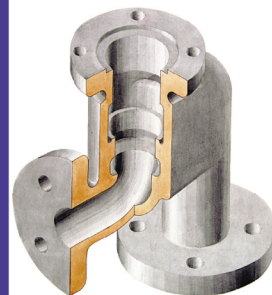


Рис. 135. Последовательность сборки вентиля и рабочее положение его составных частей после сборки (с. 146)



В учебном пособии дано краткое изложение теоритических основ, способов и этапов выполнения технических рисунков различных объектов. В конце каждой лекции даются вопросы для повторения и практические задания. Учебное пособие может быть использовано для подготовки в рамках государственного образовательного стандарта Высшего профессионального образования 050602.65 «Изобразительное искусство» по специальности 030800 Изобразительное искусство.



ISBN 978-5-907101-56-2



9 785907 101562

