

# РАЗНООБРАЗИЕ ПЕРСПЕКТИВ В ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОМ ИСКУССТВЕ

А. В. Коганов

Одна из задач любого искусства — дать возможность человеку сохранить свои впечатления от пережитого и поделиться ими с другими людьми. Ради этого во всех видах художественного творчества разработаны приемы имитации человеческого восприятия. Кроме утилитарной функции общечеловеческой памяти эти приемы усиливают арсенал эмоционального воздействия. Так работает звукопись в поэзии, звукоподражание в музыке (достаточно вспомнить «Полет шмеля» Римского-Корсакова), пантомима в танце и т. п. Но в изобразительном искусстве эта сторона творчества традиционно особенно развита. От ритуальных наскальных рисунков до современной компьютерной графики, от схематических иероглифов до шедевров портрета и пейзажа — на протяжении тысячелетий человек учился искусственно фиксировать и воспроизводить зрительные образы. И хотя в последнем столетии художники нашли новое беспредметное пространство образов, действующих на эмоции и разум человека, но все-таки в массовом сознании «уметь рисовать» означает уметь изображать похоже на непосредственное зрительное восприятие окружающего мира. Зрение как главный информационный канал мозга требует от художника пространственных и предметных ассоциаций. Не исключаются, конечно, и абстрактные символы, если они воспринимаются эстетически. Так возникли, например, в далекой древности узоры, где роль воздействующего на человека фактора взяла на себя геометрическая симметрия. В любом случае, для правильного понимания изобразительного искусства надо знать механизмы и законы формирования зрительного образа у человека.

Один из таких механизмов — *пространственно-временная* перспектива. По сути, это способ совмещать изображения отдельных предметов и явлений в форме одновременного их восприятия, даже если они значительно разнесены во времени и пространстве. Другой важнейший механизм — соблюдение пропорций, геометрических соотношений между предметами и-или их частями. Эти механизмы тесно связаны в человеческом восприятии.

В древнем мире уже знали пропорции, но не понимали, как можно перенести на плоскость глубину пространства. Поэтому изображения той эпохи были по построению плоскостными. Однако уже тогда возникла особая форма перспективы, отражающая последовательность и значимость изображаемых событий и персонажей. Такие перспективы естественно называть *сюжетными*. К ним относятся «покадровые развертки» движения танцовщиц на барельефах индийских храмов, исторические фрески древнего Египта, где в последовательных рисунках сохранялись деяния фараонов. Позднее этот прием был повторен в средневековых иконах при изображении в клеймах деяний святых. Такие формы сюжетной перспективы, связанные с разделением изображения на отдельные поля для разных событий, далее будем называть *сегментными*. Еще позднее эта традиция перешла в арабскую книжную графику, где трансформировалась в *орнаментальную* перспективу, в которой последовательные сцены сюжета искусно вплетались в арабеску. Сегодня сюжетная перспектива, обычно в сегментной форме, широко используется в комиксах.

Для средневековой Европы характерны изображения сюжетов с разброской разных сцен по местности (*топографическая* сюжетная перспектива). При этом один персонаж мог присутствовать в разных местах единого изображения пейзажа. Иногда на одном рисунке дом изображался снаружи и изнутри (использовалось разделение срезом стены), и в обоих пространствах действовали одни и те же люди. Эта условность была понятна зрителю того времени, но от современного человека требует некоторых усилий. Примеры такой композиции можно сегодня увидеть в изданных авторских гравюрах Бокачио к «Декамерону». Ин-

тересно, что топографическая перспектива не несет сведений о порядке появления сцен и предполагает независимое знание зрителем сюжета.

Особенно «живучей» оказалась другая форма сюжетной перспективы — *значимостная*, в которой размер изображения персонажа тем больше, чем персонаж «важнее». Этот прием характерен для всех древних культур, но достиг своего совершенства в древнем Египте. Боги и цари изображались циклопических размеров по отношению к простолюдинам. Это приводило к неожиданной «демократизации» фресок: «мелкий» народ вынужденно оказывался на переднем плане (иначе он был бы загорожен). Для борьбы с этим явлением «крупные фигуры» располагались еще и выше простолюдинов. Тогда вопрос, кто впереди, не возникал. Самое интересное, что все эти достижения древней живописи благополучно дошли до наших дней в имперских портретах вождей и в циклопических скульптурах над городами.

И все-таки главной темой развития представлений о перспективе является перенесение на плоское изображение объемных соотношений. Загадку изображения третьего пространственного измерения на плоскости пытались решать во все эпохи. Но инерция мышления не позволила древним живописцам перенести учение о пропорциях на разнесение предметов в пространстве. Пропорции воспринимались только как соотношения частей при контактных измерениях. Но тогда удаленность исчезает как параметр. Интересно, что веками позже такая же трудность возникла при интерпретации четвертого измерения в теории относительности у физиков. Представить себе удаленные по скорости часы и линейку оказалось очень трудно. Эта аналогия в какой-то мере объясняет, почему тысячи лет не возникало учение о пространственной перспективе у художников.

Только в эпоху Возрождения было замечено, что при восприятии различно удаленных предметов меняются их геометрические пропорции. Закон этого изменения не был описан математически. Геометрия оставалась «контактной» наукой. Для изображения удаленности использовалось рисование через рамку с визиром. На рамку наносились деления, позволяющие примерно оценить видимый за рамкой размер объекта. Надо сказать, что реальная перспектива, которая возникает при такой работе художника, действительно очень сложна. Дело в том, что при взгляде на удаленный предмет или на рамку глаз меняет фокусное расстояние, так что размер и четкость изображения меняется при переводе фокуса с предмета на рамку. Для компенсации этого эффекта художники устанавливали рамки на большом удалении от себя. Это сужало угол их зрения. Такая ремесленная работа вызывала упреки в нехудожественности и злые шутки современников. Столетия спустя, совершенно аналогично свое право на художественность пришлось доказывать фотографии. В наше время мало кто признает статус искусства за компьютерной графикой.

Считается, что первое математическое описание «рамочной» перспективы сделал Леонардо да Винчи. Сейчас это описание называется *прямой линейной* перспективой. Главным достижением здесь стало возвращение перспективе «интеллектуального статуса» — престиж математики был много выше, чем у ремесленных приемов. Долгое время художники и критики закрывали глаза на ряд неестественных ограничений типа единого луча зрения на всем полотне, искажения переднего ближнего плана «перед мысленной рамкой» и отсутствия вертикальной перспективы. Это было время веры в абсолютную истину математических аксиом и теорем. Попытки отклониться от линейного рецепта считались признаком непрофессионализма.

Математическая модель линейной перспективы соответствует начертательной проективной геометрии. Если обозначить размер изображения  $S$  как функцию расстояния  $r$  до предмета и его размера при контактном измерении  $h$ , то при положении одного края предмета на оси зрения

$$S=fh/r, \tag{1}$$

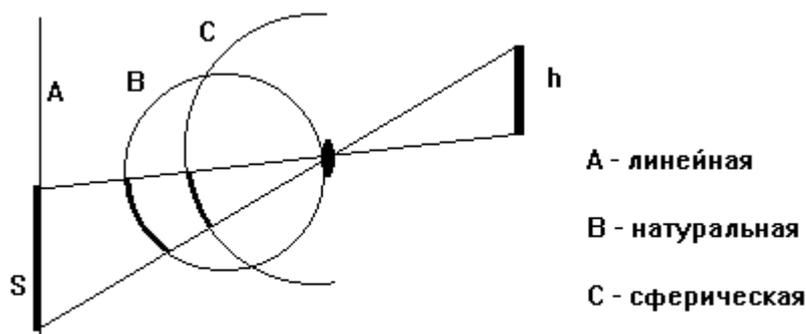
где  $f$  — параметр масштаба и фокусного расстояния (настройка глаза на дальность). Запрет на малые расстояния можно заметить по стремлению значения  $S$  к бесконечности при убывании расстояния  $r$  к нулю. Реальное зрение проектирует предметы на сферическую сетчатку, и при сближении с предметом видимый размер ограничен дугой  $180^\circ$ . Если человек приближается к большому предмету, он не стремится увидеть его сразу, а поворачивает голову, разглядывая разные части по разным лучам зрения. Из таких фрагментов формируется общий образ предмета.

Длина дуги проекции на сферическую поверхность через центр или точку на сфере при тех же условиях, что в (1), описывается уравнением:

$$S = f \cdot \text{arctg}(h/r). \quad (2)$$

При больших расстояниях значение  $h/r$  близко к нулю, и формула (2) мало отличается от (1). Но когда значение  $h/r$  велико, формула (2) остается ограниченной, в отличие от (1), и различие становится сколь угодно большим. Таким образом, сферичность сетчатки ощущается при малом удалении предмета или при большой его протяженности.

Если проекция центральная и угол измеряется в радианах, то параметр  $f$  равен радиусу сферы, а если центр проекции расположен на сфере, то  $f$  вдвое больше. В первом случае перспективу назовем *сферической*, а во втором — *натуральной*. На рис. 1 дана схема формирования линейной, сферической и натуральной перспектив. Заметим, что у человека кривизна сетчатки не одинакова в разных местах. Поэтому формула (2) — приближенная.



Формирование перспектив.

Рис. 1

Если ни один из краев предмета не расположен на оси зрения, то для определения его видимого размера  $s$  надо брать разности длин проекций  $S$  отрезков от дальнего и ближнего краев предмета до оси зрения (расстояния  $H$  и  $h$  соответственно). В любой перспективе верна формула:

$$s = S(H, r) - S(h, r). \quad (3)$$

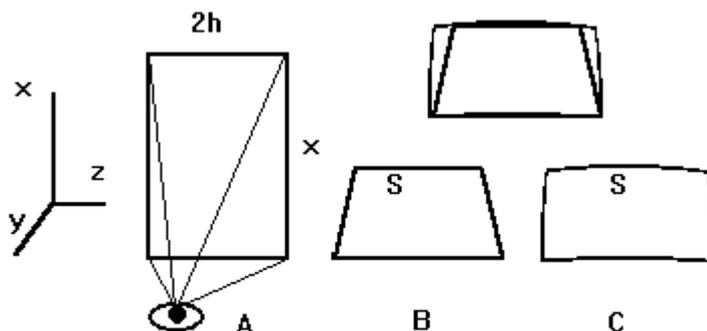
Формирование целостного изображения по проекциям, соответствующим разным лучам зрения, направленным из одной точки, называется *панарамной* перспективой. Она используется при построении широкоугольных картин (панорам и кругорам). Фактически, изображение любого близкого предмета, размеры которого достаточно велики, требует именно этой перспективы. Обычно она применяется путем разбиения всего поля зрения на зоны, в каждой из которых используется один луч зрения, а в соседних зонах лучи близки. Это создает ощущение целостности картины, хотя, фактически, она получена составным путем.

Рассмотрим ряд вертикальных предметов, имеющих высоту  $h$  (при контактном измерении) и стоящих на оси  $X$ , и пусть наблюдатель стоит на оси  $Y$  в точке  $y$ . Тогда расстояние от наблюдателя до предмета в точке  $x$  на  $X$  по теореме Пифагора равно  $r=(x^2+y^2)^{1/2}$ . В панорамной перспективе луч зрения зрителя всегда направлен на предмет. Поэтому видимая высота предмета определяется выражением  $S(h,r)$  для того типа перспективы, который выбрал художник. В линейной перспективе  $S(h,r)=fh/(x^2+y^2)^{1/2}$ , в натуральной —  $S(h,r)=f \arctg(h/(x^2+y^2)^{1/2})$ . В обоих случаях размер изображения остается ограниченным и почти не меняется при малых значениях  $x$ :  $dS(h,r)/dx(0)=0$ . Это отличие панорамной перспективы. При единственном луче зрения вдоль оси  $X$  в линейной перспективе при малых  $x$  наблюдается неограниченный рост проекции:  $S=fh/x$ . Но в сферической проекции формула панорамной перспективы совпадает с однонаправленной.

Поэтому имеется другой способ построения широкоугольных изображений, соответствующий перспективе короткофокусного объектива. Эта перспектива описывается формулой (2) при малых значениях  $f$ . Сегодня ее называют перспективой «рыбий глаз». Она отличается усиленной сферичностью проекции, когда все отрезки пространственных прямых линий на плоскости превращаются в дуги эллипсов. Для получения реалистических панорам надо проектировать плоское изображение на внутренность цилиндра или купола. Художники для этого прибегают к изогнутым поверхностям.

Со сферичностью перспективы связана интересная зрительная иллюзия, впервые описанная Б. В. Раушенбахом в начале шестидесятых годов прошлого века. При разглядывании близкого прямоугольника, расположенного относительно наблюдателя так, что уходящие по оси зрения стороны проектируются на периферию глаза, дальняя сторона кажется больше близкой. Явление получило название *обратной перспективы бокового зрения*.

Если прямоугольник лежит в плоскости  $XZ$ , а две его стороны параллельны оси  $X$ , которая направлена от наблюдателя,  $h$  — полуширина прямоугольника по оси  $Z$ ,  $y$  — высота глаза над плоскостью (ось  $Y$ ), то в сферической перспективе выполнено панорамное условие  $dS(h,r)/dx(0)=0$ , которое означает отсутствие видимого сужения удаленной стороны при не слишком большой длине  $x$  стороны по оси  $X$ . Зрительные анализаторы, ориентированные на прямую перспективу, получают сигнал о равенстве видимой длины близкой и далекой стороны и выдают завышенную оценку физической длины для дальней стороны. Схема этого эффекта приведена на рисунке 2.



**А - схема зрительного восприятия прямоугольника.**

**В - проекция в линейной перспективе.**

**С - проекция в сферической перспективе.**

Рис. 2

Важной особенностью человеческого зрения является адаптация всех параметров глаза для наилучшего восприятия рассматриваемого предмета. Поэтому при реальном восприятии пространственной картины глаз меняет не только луч зрения, наводя его на разные предметы, но и фокусное расстояние (дальность четкого зрения), размер зрачка (светосилу), световую чувствительность и цветовой контраст (концентрацию различных цветовоспринимающих пигментов). Специальные анализаторы мозга синтезируют целостное изображение из большого числа несогласованных по указанным параметрам фрагментов. Это свойство нашло свое отражение в методе полиптиха или полиэкрана, когда одно пространство изображается с нескольких точек зрения, а просмотр нескольких картин позволяет зрителю сформировать целостное представление. Надо отметить, что этот метод чаще применяется в сюжетных перспективах, где он соответствует сегментному варианту. Но пейзажисты часто создают серию картин одной местности, и это можно рассматривать именно как *полиэкранный* перспективу.

Б. В. Раушенбах отмечал, что попытка совместить разные лучи зрения на одном изображении неизбежно приводит либо к искажениям, либо к разрывам. Он показал, что опытные мастера выбирают главный луч зрения, исходя из содержательного замысла картины, и умело скрывают искажения по другим направлениям за счет композиционных приемов. Полиэкранный перспектива позволяет «честно» передавать эти искажения, компенсируя их вариативностью точек зрения. Иногда музеи приобретают кроме главной картины еще этюды и эскизы к ней. Размещение их в одном зале с картиной создает очень эффектный полиэкранный. Однако при экспозиции полиптиха требуется очень тщательно продумать размещение материала, чтобы не ослабить второстепенными деталями главный замысел художника.

Средневековые мастера и современные художники-примитивисты нередко используют изображение предметов с разных сторон, совмещая их в одном искаженном изображении. Такой эффект можно получить, поднеся близко к переносице маленький кубик или коробок. За счет бинокулярного зрения становятся видны сразу четыре стороны куба, хотя и несколько нечетко из-за рассогласования лучей зрения двух глаз. Принцип вынесения на полотно «всестороннего» изображения прямо сформулирован у кубистов и экспрессионистов в современной живописи. Несмотря на условность таких изображений (например, два глаза на портрете в профиль), они по-своему реалистичны. Это антипод панорамной перспективы, где лучи зрения расходятся. В данном случае они сходятся (совмещаются) на предмете с разных сторон. Такую перспективу можно назвать *совмещенной*.

В современной живописи часто возникают отражения от неровных поверхностей (например, от корпусов автомашин). Поэтому полезно знать формулы *отраженной* перспективы. Отражение в вогнутом сферическом (точнее, параболическом) зеркале, когда предмет находится между отражающей поверхностью (на расстоянии  $r$ ) и фокусом, подчиняется закону:

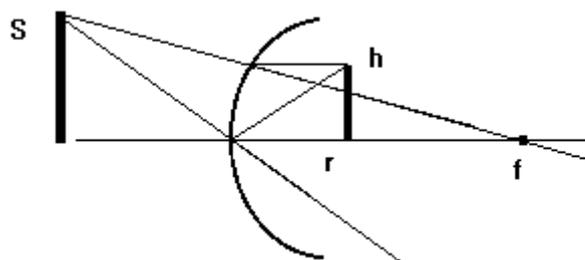
$$S = fh / (f - r). \quad (4)$$

Это дает обратную перспективу с полным разрушением изображения при прохождении через фокус, а при расстояниях больше фокусного — прямую перспективу с переворачиванием изображения, расположенного перед зеркалом.

Для отражения от выпуклой сферы (радиуса  $R$ ) удобно пользоваться полярной системой координат с полюсом в центре этой сферы. Тогда точка  $(\varphi, r)$ ,  $r > R$ , переходит в точку  $u(\varphi, r)$ :

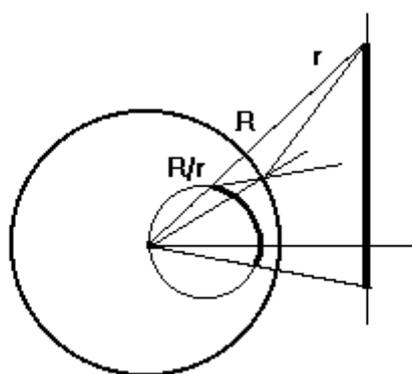
$$u(\varphi, r) = (\varphi, R^2 / r). \quad (5)$$

Это *нелинейная прямая перспектива*, переводящая прямые линии в кольца, замыкающиеся в центре зеркальной сферы. Рисунки 3 и 4 поясняют эти формулы.



Обратная перспектива в вогнутом зеркале.

Рис. 3



Отражение в выпуклом зеркале.

Рис. 4

Особое место в живописи занимает *цветовая* перспектива. Она известна с эпохи Возрождения, но не нашла до сих пор строгого математического описания. Вероятно, это связано с нестандартностью цветоощущения у разных людей. Количество различаемых оттенков у людей с нормальным зрением варьирует от двадцати до двух тысяч. При этом возможности тренинга ограничены — цветоощущительность является врожденным свойством. Особые различия накладывают и привычные условия местного пейзажа. Для современных городов характерна лиловая дымка смога, а в сельской местности привычна голубая (кислородная) пелена. Тем не менее, можно указать некоторые достоверные элементы цветовой пространственной перспективы.

При удалении предмета уменьшается его цветовой контраст с окружающей воздушной средой. Космонавты отмечали, что это правило не действует в безвоздушном пространстве, что затрудняет оценку расстояния до объекта. Яркое цветное пятно кажется ближе тусклого. В частности, светлые пятна кажутся ближе темных. Теплые цвета (красно-оранжевые) зрительно приближают, а холодные (сине-зеленые) удаляют предметы. Форма границы цветных пятен влияет на оценку их взаимного расположения. Выпуклая граница воспринимается как накрывающая, а вогнутая — как заслоненная. Пестрое пятно кажется ближе монохромного. В частности, мелкая проработка деталей зрительно приближает изображаемый предмет или местность, а обобщенное изображение отдалается. Этот прием часто используется художниками для передачи переднего плана картины.

Эти правила можно использовать так, что они будут усиливать действие друг друга, но возможно и получение противоречий. Например, мелкая проработка деталей на тусклом пятне и яркое монохромное пятно могут сделать непонятным их взаимное расположение.

На таких полотнах восприятие сильно зависит от расстояния до зрителя: издали тусклое пятно будет казаться позади яркого, а вблизи — наоборот. Мелкая проработка сильнее действует при близком рассмотрении изображения. Если пространственная двусмысленность не входит в замысел художника, то он должен следить за согласованием различных аспектов цветовой перспективы (см. рис. 5).

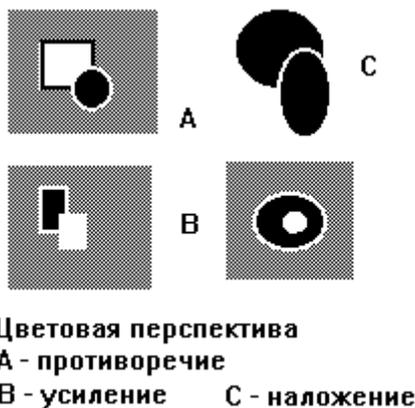
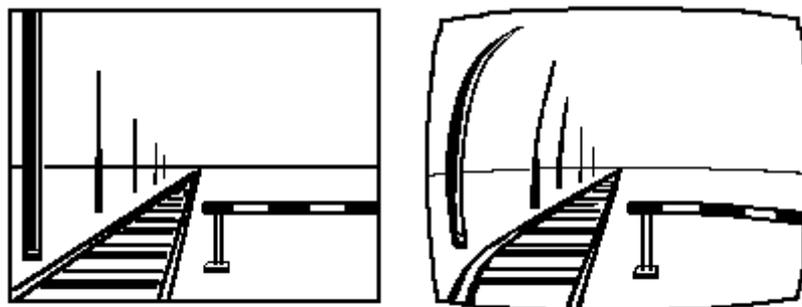


Рис. 5

При создании или выборе технических средств получения изображений также надо учитывать особенности человеческого восприятия. Высокий цветовой контраст и слабая зависимость резкости от расстояния ослабляют пространственное восприятие, делая изображение плоским. Но при этом повышается информативность изображения с точки зрения мелких деталей. Вероятно, такая аппаратура хороша для портретов и натюрмортов, но портит пейзажи.

Усиление пространственной глубины изображения можно получить, композиционно, используя сферическую перспективу для близких предметов, расположенных сбоку. Рисунок 6 позволяет сравнить две системы проекции.



Сравнение линейной и натуральной перспектив.

Рис. 6

На первый взгляд кажется, что линейная перспектива правильнее. Это результат сформированной привычки восприятия графической информации. Но если на искривленном рисунке сосредоточить внимание на точке схода рельсов, то возникнет отчетливый стереоэффект с ощущением близкого расположения переднего плана рисунка. На линейном рисунке такого эффекта нет. Это означает, что сферическая проекция дает зрительным анализаторам больше информации в естественной форме.

Данный обзор не претендует на анализ эстетического воздействия перспективы. Целью его было рассмотрение технических аспектов плоскостной передачи пространства и времени. Но эти знания часто помогают лучше понять замысел художника и уровень его изобразительного мастерства. Перспектива — это одна из областей сильного взаимодействия науки с искусством.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Раушенбах Б. В. Система перспективы в изобразительном искусстве. М.: Наука, 1986, 255с.
2. Адамова А., Грек Т. Миниатюры кашмирских рукописей. СПб.: Искусство-СПб, 1994, 350 с.
3. Барышников А. П. Перспектива. М.: Искусство, 1955, 196 с.