

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И 3D-ИЗОБРАЖЕНИЯ

Найниш Лариса Алексеевна,

доктор педагогических наук, профессор Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза, e-mail: nainish.larisa@yandex.ru

В статье показано значение изображений в жизни человека. Выявлены проблемы, которые порождены отсутствием геометро-графической подготовки специалистов, разрабатывающих программы для создания плоских изображений трёхмерных объектов. На конкретных примерах раскрыты причины этих проблем, приводящих к возникновению изображений, лишённых жизни.

Ключевые слова: 3D-изображения, плоские изображения, геометрическая информация, перспектива, аксонометрия, эюр Монжа, геометро-графическая подготовка.

В последнее время широкое распространение получили так называемые 3D-изображения. Но чем больше их используют, тем чаще их стали называть изображениями, которые лишены жизни. Почему они получили такое название? Попробуем ответить на этот вопрос.

Заданный вопрос порождает другой, не менее важный: для чего людям нужны изображения? Ответ: для того, чтобы фиксировать геометрическую информацию. Известно, что геометрическая информация — это сведения о размерах, форме и относительном положении объектов в пространстве [2, 3, 12]. Найдётся ли в реальном мире объект, который не обладает указанной информацией? И может ли человек существовать в этом мире без умения воспринимать, фиксировать и обрабатывать эту информацию? Безусловно, нет. Важность геометрической информации трудно переоценить и трудно найти в настоящем и обозримом прошлом период, в котором люди бы не фиксировали геометрическую информацию тем или иным способом и не общались бы с ней [9, 17].

В настоящее время самыми распространёнными способами изображения трёхмерных объектов на плоскости оказались



перспектива, аксонометрия и эпюр Монжа. Эти изображения обладают следующими функциями [15]:

- 1) иллюстративно-когнитивная (аксонометрия, перспектива);
- 2) технологическая (эпюр Монжа).

Иллюстративно-когнитивная функция изображений реализуется в изобразительном искусстве и в процессе обучения (наглядные пособия, тренажёры для обучения, симуляторы и т.п.). Изображения, выполняющие эту функцию, должны быть такими же, каким воспринимает реальные объекты глаз человека. Кстати, человек воспринимает реальность несколько искажённой. Иначе говоря, глаз человека не видит параллельность, а также величин угловых и линейных размеров [7, 19, 20]. Их адекватное восприятие формируется благодаря знаниям, полученным в процессе обучения и опытным путём. Указанными особенностями отличается перспективное изображение. Все параллельные прямые в перспективе пересекаются в одной точке, а линейные и угловые размеры искажаются. Чтобы их определить по изображению, необходимо решать достаточно сложные метрические задачи. Небольшое исключение составляют аксонометрические изображения: на них сохраняется только параллельность. Все эти искажения не позволяют использовать перспективу и аксонометрию в качестве основы для проектирования и создания технических и

строительных объектов. Но для них остаётся обширная область иллюстрирования реальности.

Важность изображений в жизни человека доказывает наличие хорошо проработанной теоретической базы. Первое системное изложение основ перспективы было осуществлено в трудах Леонардо да Винчи и Альбрехта Дюрера [8, 16–18]. Несколько позднее в трудах А.И. Майорова и Я.А. Севастьянова возникла теория построения аксонометрии [4, 6]. Дальнейшее развитие этих теорий позволило выявить чёткие законы, благодаря которым можно построить плоское линейное изображение трёхмерного объекта и контуры его собственных и падающих теней. В результате зафиксированная в этих изображениях геометрическая информация воспринимается адекватно реальности. Иначе говоря, сохраняется в соответствии с теми искажениями реальности, которые воспринимаются глазом человека. Игнорирование же этих законов приводит к дополнительным искажениям геометрической информации на перспективном и аксонометрическом изображениях. В результате человек получает искажённые знания о наблюдаемом на изображении объекте. Незнание указанных законов не снимает ответственности с авторов программ, создающих такие изображения.

Бурно развивающаяся техническая революция предъявила к изображениям требования, состоящие

в реализации технологической функции. Основное требование, которое предъявлялось к таким изображениям, — фиксация всей геометрической информации трёхмерного объекта без искажения. Иначе говоря, реальные объекты следовало изображать такими, каковы они есть в действительности, а не такими, как их видит глаз человека. В XVIII в. великий французский математик Г. Монж удовлетворил это требование. Он создал изображения, которые стали называть эпюром Монжа. Но они имели другой недостаток: существенно отличались от тех, которые воспринимает глаз человека. Чтобы человек мог воспринять зафиксированную в них информацию, была необходима соответствующая тренировка восприятия, которая осуществлялась в процессе обучения. Тем не менее такие изображения нашли очень широкое применение в технике и строительстве.

В настоящее время без изображений, созданных Г. Монжем, невозможны проектирование, создание и эксплуатация ни технических устройств, ни строительных объектов. Такое положение дел обеспечило введение во все технические вузы предмета «Начертательная геометрия», где в основном излагался метод Г. Монжа [11]. Основной целью своего учебного курса Г. Монж считал формирование умения считать геометрическую информацию с изображений, отли-

чающихся от тех, которые воспринимает глаз человека. Это оказалось методической ошибкой, существенно осложнявшей изучение начертательной геометрии. Со временем сложности стали нарастать по причине снижения общего уровня геометрической грамотности. В результате неправильно сформулированная цель учебного курса и слабое знание геометрии привели к тому, что в последующих учебниках совсем исчезла доказательная база. Обучение математическому курсу без доказательной базы завело обучение начертательной геометрии в тупик. Выход из этого тупика идёт по двум направлениям.

1. Превращение начертательной геометрии в логически завершённый математический курс с развитой доказательной базой, которую составляет система знаний из области многомерной проективной геометрии [2, 12, 13]. К сожалению, отсутствие соответствующей геометрической подготовки вообще и у подавляющего большинства преподавателей, работающих в области геометро-графического образования, в частности, существенно тормозит развитие этого направления.

2. Замена эпюра Монжа 3D-изображениями, созданными с помощью компьютерных программ, которые создавались без опоры на соответствующую теоретическую базу. В результате полученные изображения не могли качественно выполнять даже иллюстративно-



когнитивную функцию по причине искажения геометрической информации изображённого объекта. Слабый уровень геометро-графической подготовки создателей и пользователей не позволяет адекватно оценить качество 3D-изображений.

В этой связи следует также отметить, что в настоящее время изображения создают на базе голографии и компьютерных технологий. Это голограммы, которые воспроизводят точную трёхмерную копию исходного объекта, сохраняющую всю его геометрическую информацию. Но по голографическому изображению достаточно проблематично изготовить технический или строительный объект. Проблема с фиксацией и получением размерной характеристики объекта осталась нерешённой. В результате голограммы выполняют в основном только иллюстративно-когнитивную функцию. Они используются при изготовлении репродукций скульптур, ювелирных изделий и т.п. Проблемы с размерными характеристиками объекта в голограммах тормозят применение голограмм в других областях деятельности человека. Есть ещё одна причина. Она состоит в громоздкости конструкций, создающих голограммы, в большом количестве вычислительных ресурсов и специфических требованиях при работе со светом. Поэтому плоскость пока остаётся самым востребованным носителем изображений.

Итак, рассмотрим подробнее причины, которые лишают 3D-изображения жизни. Разработчики этих программ пошли путём, который игнорировал формировавшуюся не одно столетие геометрическую основу. Это отразилось даже в названиях. Перспектива и аксонометрия стали называться 3D-изображениями или трёхмерками, а эюр Монжа — 2D-изображениями или плоскими. К сожалению, уже сложилась традиция не видеть очевидного: двумерная плоскость (а другой она не может быть) содержит только плоское двумерное изображение.

Одной из причин этой традиции является неустоявшееся на широком уровне понятие «размерность» [2, 4, 5]. Хотя в многомерной проективной геометрии оно определено достаточно чётко. Но, к сожалению, этой областью знаний в настоящее время владеет ограниченный круг людей. Подавляющее большинство термином «размерность» обозначают широкий диапазон реальных и виртуальных феноменов.

Идею использования компьютерных трёхмерок с лёгкостью подхватили многие преподаватели комплекса геометро-графических дисциплин. Этот путь им кажется проще: не надо «мучить» обучающего и учащихся начертательной геометрией, достаточно освоить какую-либо одну из множества компьютерных программ. Но найдут ли эти трёхмерки широкое применение

в процессах проектирования, создания и эксплуатации технических и строительных объектов? Достаточно ли они адаптированы к указанным процессам? Пока вразумительные ответы на эти вопросы не даны. Как отмечалось выше, сегодня 3D-изображения выполняют в основном иллюстративную функцию. Хотя качество таких иллюстраций можно поставить под сомнение.

В качестве доказательства рассмотрим два примера.

1. Изображение беседки, которое выполнено программой AUTOCAD 2015 (рис. 1). Оно представлено как результат обучения по видеокурсу «AUTOCAD 2015 3D-черчение, моделирование и визуализация» авторов Д. Лапина и П. Лукьянченко.

2. Изображение АЗС, взятое из самого популярного симулятора жизни профессионального водителя большегрузных машин «1С Дальнобойщики» (рис. 2).

Изображения на обоих рисунках претендуют на такие, которые соответствуют изображениям, воспринимаемым глазом человека, т.е. перспективным.

Попробуем определить, какие на самом деле это изображения — аксонометрические или перспективные. На первый взгляд, на обоих изображениях параллельность не сохранилась. Поэтому можно предположить, что это перспектива. Следовательно, параллельные прямые одного направления долж-

ны пересекаться в одной точке схода (закон восприятия реальности глазом человека). Но если продлить изображения параллельных прямых любого направления, то их общие точки имеют большой разброс. Иначе говоря, точки схода отсутствуют. На вопрос: «Перспектива это или аксонометрия?» — точного ответа нет.

Допустим, что при распечатке произошли искажения и это всётаки перспектива. Попробуем определить, какого вида эти перспективы. Если судить по расположению колонн беседки (рис. 1), то при продолжении изображающих их линий они пересекутся вверху, в точке схода. Можно предположить, что это — перспектива на наклонной картине с низким горизонтом. На изображении заправочной станции прямые, изображающие вертикальные элементы, предположительно пересекутся внизу (рис. 2). Вероятно, это перспектива на наклонной картине с высоким горизонтом. Поиск линии



▲ Рис. 1. Изображение объекта в AUTOCAD 2015



горизонта в обоих случаях представляет собой проблему. Горизонтальные прямые одинакового направления не имеют одной общей точки. Можно только с большой долей вероятности предположить положение линий горизонта. Таким образом, на изображениях (рис. 1, 2) невозможно определить положения точек схода параллельных прямых и линий горизонта. Если это перспективное изображение, то оно существенно отличается от перспективы, которую видит глаз человека.

На изображениях (рис. 1, 2) оба сооружения воспринимаются неустойчивыми. Это произошло потому, что главный луч не оказался биссектрисой углов зрения [1, 12]. В результате главная вертикаль на обоих изображениях смещена от середины изображения объекта вправо. У беседки главная вертикаль проходит в районе лестницы, а на заправочной станции она ориентирована на водителя. Это при-

водит к тому, что вертикальные элементы, находящиеся слева, воспринимаются как наклонные. Кроме этого, игнорирование положения главного луча как биссектрисы угла зрения приводит к фактическому увеличению условного конуса зрения и нерациональному его использованию [12]. В итоге на изображении беседка качается, а заправочная станция заваливается. За такие изображения рисовальщик наверняка получил бы плохую оценку [13].

Изображения теней, как известно, имеют цель дополнить геометрическую информацию, которая позволяет полнее отразить форму объекта [15]. Тени, представленные на данных изображениях, противоречат этой цели и вызывают большое количество вопросов.

Первый вопрос касается не форм изображённых объектов, а нашей солнечной системы. Сколько солнц одновременно нас освещают?



▲ Рис. 2. Фрагмент симулятора «1С Дальнобойщики»

Ответим на этот вопрос, наблюдая рис. 1. Если смотреть на тень, падающую на пол от нижней решётки правого фасада, то источник освещения расположен близко к зениту (солнце № 1). Если же смотреть на тень, падающую на нижнюю крышу от правого выступающего элемента верхней крыши, то источник освещения наклонён примерно под углом 45° и располагается справа (солнце № 2). Это соответствует и тени, которая падает от ступеней на землю. Вероятно, нижнюю крышу и ступени освещает солнце № 3, которое расположено близко к горизонту. Иначе бы тень от нижней крыши упала бы на передний и задний фасад. Таким образом, на удивление астрономов, имеем три солнца [14].

Дальнейшее наблюдение порождает следующие вопросы.

1. Вертикальная плоскость переднего фасада, плоскости подступенков, передняя плоскость основания беседки и передние грани колонн, судя по падающим от них теням, освещены так же интенсивно, как и горизонтальные плоскости. Но они почему-то имеют тоновую окраску гораздо темнее, чем освещённые плоскости. Освещены они или находятся в тени?

2. От чего падает тень на вторую проступь? Если от правого выступа нижней крыши, то почему длинный выступ даёт такую короткую тень при наклоне лучей 45° ? Судя по его величине, тень должна падать ещё и на землю. Но её почему-то там нет.

3. Непонятно, от чего падает тень на фризную ступень. Можно предположить, что какое-то солнышко заскочило внутрь беседки и как-то случайно осветило левую колонну входа сзади. Вероятно, это ещё одно солнце (№ 4).

4. Почему тень от ступенек не падает на стену подиума, хотя по всем законам должна?

5. Верхняя крыша, которая представляет собой пирамиду, при данном наклоне лучей должна быть вся освещена любым из солнц — № 1 или № 2, но на данном изображении она почему-то имеет собственную тень. Вероятно, её освещает солнце № 3 или ещё какое-то.

Не меньше вопросов возникает при рассмотрении рис. 2. Первый вопрос — опять о количестве солнц в нашей Солнечной системе. Будем считать, что водитель освещён солнцем № 1. Падающая от него тень свидетельствует о том, что это солнце располагается достаточно высоко слева сзади. Бампер машины освещён уже солнцем № 2, которое находится в зените. Два разных солнца освещают заправочную колонку и её подставку. Но это точно не солнце № 1: тогда бы обе вертикальные грани были освещены. Тут же освещены только левая и верхняя грани. Следовательно, солнце светит слева и сверху. И это уже солнце № 3. Подставку под заправочной колонкой, вероятней всего, освещает солнце № 2. Совершенно непонятно, от чего падает такая размытая тень



на верхнюю плоскость подставки заправочной колонки.

Левая сторона ближней колонны и левая задняя стена здания лежат в одной плоскости. Но тень от перекрытия почему-то падает только на стену, категорически игнорируя колонну. Почему эта тень, вопреки всем законам реальности, чётко очерчена на стене и так размыта на земле? Почему, опять вопреки законам реальности, передняя стена фасада здания даёт падающую тень, а параллельная ей плоскость левой колонны — нет? Чем она хуже?

Перекрытие заправочной станции находится в горизонтальном положении или наклонено? Это совершенно непонятно, если судить по падающей от неё тени на левую стену здания заправочной станции.

Трудно сказать, чем освещены фонари габаритных огней на кабине. Судя по бликам, это свет спереди сверху. Это уже солнце № 4. Какое же солнце освещает деревья на заднем плане? Судя по освещённым кронам деревьев, оно находится справа и сбоку (солнце № 5). Но тогда почему тень от них падает так, как будто они освещены слева (солнце № 6)? Что, эти два солнца одновременно освещают деревья, поделив чётко сферы своего влияния? Ситуация просто сюрреалистична. Сальвадор Дали обзавидовался бы!

Возникают ещё и другие вопросы.

1. Непонятно, что на крыше кабины возле габаритных фонарей: тень, или грязное пятно, или вмятина?

2. Водитель одет в такой особенный костюм, что на нём нет ни освещённых участков, ни теней?

3. Из какого материала сделан бампер машины? Что, он поглотил все падающие на него лучи?

4. Кузов машины, судя по расположению, находится под крышей АЗС. Что же тогда могло так ярко осветить его? Или в крыше АЗС имеется отверстие, сквозь которое он освещается?

5. Почему-то не даёт падающей тени открытая дверь кабины. Она что, совсем прозрачная?..

Объём публикации не позволяет продолжать перечень ошибок, превращающих эти изображения в фантастические, лишённые реальной земной жизни. В результате геометрическая информация реальных объектов и их изображений существенно различается. Казалось бы, низкое качество изображений не так важно, когда они выполняют иллюстративную функцию. Хотя и здесь могут возникать проблемы. Например, архитектору или дизайнеру будет сложно продать свой проект, в иллюстрациях к которому много искажений. Заказчик интуитивно будет чувствовать, что здесь что-то не так. Ложь всегда вызывает сомнения и отторжение.

Кроме того, программисты с такими «знаниями» основ перспективы и теории теней создают различные

тренажёры. Какова польза от тренажёров, в которых так искажена реальность? Если судить по интернет-форумам, то комментарии не пестрят благодарностями в адрес разработчиков таких программ. В них больше сдержанных или отрицательных отзывов.

Возникает ещё один вопрос: почему для создания изображений, которые качественно не выполняют свои функции, нужно тратить большое количество времени, сил и средств? Не дешевле ли качественно научить программистов начертательной геометрии?

Литература

1. *Вавилов С.И.* Глаз и солнце. — 10-е изд. — М.: Наука, 1981. — 109 с.
2. *Вальков К.И.* Курс начертательной геометрии. — Л.: ЛИСИ, 1970. — 209 с.
3. *Вальков К.И.* Лекции по основам геометрического моделирования: учебник. — Л.: ЛГУ, 1975. — 179 с.
4. *Вальков К.И.* Операция проектирования как универсальный геометрический приём. Вопросы геометрического моделирования. — Л.: ЛИСИ, 1972. — С 23–35.
5. *Глаголев Н.А.* Проективная геометрия. — М.: Высшая школа, 1963. — 287 с.
6. *Глазунов Е.А.* Аксонометрия / Глазунов Е.А., Четверухин Н.Ф. — М.: Гостехиздат, 1954. — 314 с.
7. *Демидов В.Е.* Как мы видим то, что видим. — М.: Знание, 1987. — 111 с.
8. *Дюрер А.* Дневники, письма, трактаты. — М.: Искусство, 1957. — 210 с.
9. *Еремеев А.Ф.* Первобытная культура. — В 2-х ч. — Саранск, 1997. — 341 с.
10. *Лихачев Д.С.* Русское искусство от древности до авангарда. — М., 1992. — 318 с.
11. *Монж Г.* Начертательная геометрия. — М.: Изд-во АН СССР, 1947. — 299 с.
12. *Найниш Л.А.* Начертательная геометрия: учебник. — Старый Оскол: ТНТ, 2019. — 328 с.
13. *Найниш Л.А.* Структурный анализ курса начертательной геометрии: монография. — Пенза: ПГАСА, 2000. — 151 с.
14. *Найниш Л.А.* Теория теней. — Деп. в ВИНТИ, 2000. — 71 с.
15. *Найниш Л.А.* Как изображать трёхмерный мир на плоскости. — Деп. в ВИНТИ, 1999. — 119 с.
16. *Раушенбах Б.В.* Система перспективы в изобразительном искусстве: Общая теория перспективы. — М.: Наука, 1986. — 254 с.
17. *Флоренский П.А.* Обратная перспектива // Избранные труды по искусству. — М.: Изобразительное искусство, 1996. — 285 с.
18. *Schmidt R.* Lehre der Perspektive und ihre Anwendung. — Wiesbaden, Berlin: Bauverlag GmbH, 1980. — 200 p.
19. *Хория Т.* Перспектива. — Бухарест, 1964. — 401 с.
20. *Яблонский А.Г.* Линейная перспектива на плоскости. — М.: Просвещение, 1966. — 359 с.