

## ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 519.72

В.А. Утробин

### ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЦЕПТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА. ПЕРСПЕКТИВА ПРИ БОЛЬШИХ УГЛАХ ЗРЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматриваются вопросы построения перспективы в перцептивном пространстве с учетом его нелинейных свойств. Приводятся алгоритмы и примеры построения перспективы фасада объекта и системы объектов с использованием нелинейной проекционной поверхности, представленной на планигоне, с позиций теории активного восприятия изображений.

*Ключевые слова:* зрительное восприятие, информационная модель, нелинейная перспектива.

Хорошо известно, что зрительное восприятие отдельного объекта вне его связи с окружающим пространством затруднено, если вообще возможно. Это связано с тем, что если объект не имеет окружения, то человек не имеет возможности сравнить его с другими объектами сцены и восприятие становится аконстантным [1]. Поэтому зрительное восприятие пространства и пространственных отношений реализуется в первую очередь, а само пространство при этом выполняет функцию глобальной (абсолютной) системы отсчета, в которой движется или находится как наблюдаемый объект, так и сам наблюдатель.

Установлено несоответствие результатов восприятия величин законам геометрической оптики (Евклид), т.е. зависимость между величиной изображения на сетчатке и видимой величиной предмета не является линейной. Аналогичное несоответствие наблюдается между формой изображения на сетчатке и кажущейся формой предмета при разных его положениях в пространстве (Р. Декарт). Эти несоответствия называются *константностью восприятия величины* (и формы). Явление константности восприятия (т.е. сохранение чего-либо в независимости от проекции на сетчатку) современные нейрофизиологи объясняют существованием так называемой психологической (перцептивной) перспективы. Такое сохранение, с точки зрения математики, связано с нелинейными преобразованиями в системе зрительного восприятия, обосновывающими нелинейную перспективу, интуитивно использующуюся в живописных рисунках.

Как средство – изображения, перспектива и живописный рисунок с натуры, служат общей цели. Однако пути, ведущие к достижению поставленной цели, для них различны. Построение перспективных изображений следует строгим геометрическим правилам. В рисунке же геометрические построения – вспомогательное, проверочное средство.

Если линейная перспектива – это «отвлеченные» геометрические построения, то перспективное построение живописного рисунка подчинено законам зрительного восприятия. Поэтому в теории перспективы выделяют две самостоятельные части – теорию линейной перспективы на основе проективной геометрии и физиологическую оптику, исследующую свет, зрение и пределы зрительного восприятия. Их несоответствие связано следующими причинами: замена двух глаз одним идеальным (циклопическим) глазом; замена двух зри-

тельных осей одним центральным лучом; замена сферической (почти сферической) поверхности сетчатки касательной к ней плоскостью. Более того, еще С.И. Вавилов отмечал, что живая особь нуждается в правильном представлении об окружающем пространстве и объектах в нем, а не в правильных оптических изображениях. И.М. Сеченов указывал, что глаз уже при первых встречах с внешним миром видит не образы на сетчатке, а причины, производящие эти образы. Например, размеры предметов, находящихся неподалеку от нас, несмотря на их движение и удаление, кажутся не меняющимися по размерам, и только в отношении очень далеких предметов мы замечаем, что они стали маленькими [2].

Цель работы – показать один из возможных способов коррекции изображения для систем технического зрения с использованием планигона как основного инструмента теории активного восприятия [3, 4] и базового утверждения [2]: *коррективы восприятия не являются случайными; они всегда закономерны и последовательны; для достижения сходства и правильности пространственной передачи на перспективных изображениях необходимо стремиться к наиболее верному воспроизведению образа восприятия, а не сетчаточного изображения.*

### 1. Способ координатной сетки

Простейшим геометрическим методом перспективных построений, разработанным в XV веке, является сетка квадратов. По современной классификации этот метод относится к разряду фронтальных перспектив, так как для его применения обязательно расположение картинной плоскости параллельно одной из фасадных сторон изображаемого объекта.

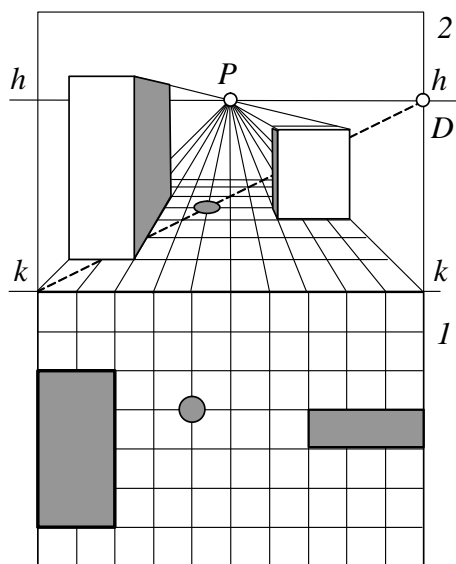


Рис. 1. Пример построения фронтальной перспективы

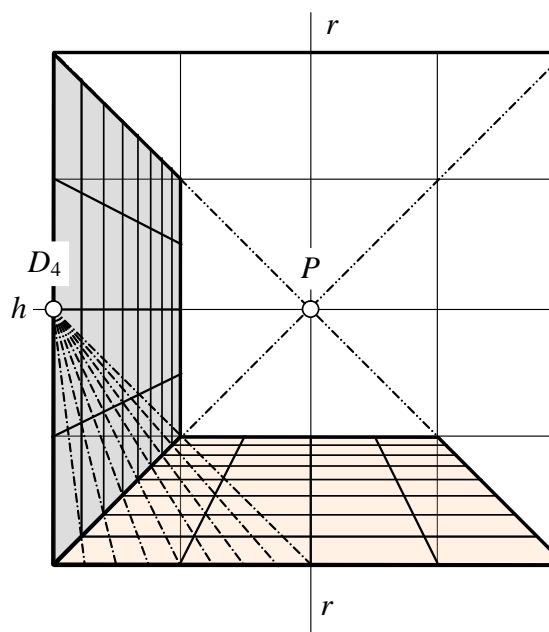


Рис. 2. Способ координатной сетки с использованием планигона

Порядок построения фронтальной перспективы следующий (рис. 1):

1. Имеется план местности  $I$  (вид сверху) с нанесенной на него сеткой. Необходимо знание положения точки зрения  $O$  относительно картинной плоскости и высоты линии горизонта  $hh$  (с главной точкой схода  $P$ ).
2. В точку  $P$  сходятся все линии сетки, перпендикулярные картинной плоскости  $2$  с основанием картины  $kk$ .
3. От точки  $P$  по линии  $hh$  откладывается дистанционная точка  $D$  на расстоянии  $d$ , соответствующем удаленности наблюдателя от картинной плоскости.
4. Диагональ из точки  $D$  позволяет построить сетку квадратов на предметной плоскости, соответствующую сетке квадратов на плане.

5. После построения перспективы сетки квадратов в нее вписывается план объектов на местности с точным соблюдением перспективных сокращений. Фасад объекта (или объектов), параллельный картинной плоскости, сохраняется.

Усовершенствованным методом относительно сетки квадратов является способ построения при помощи перспективных масштабов координатной сетки (рис. 2). За оси координат принимаются: основание картины  $kk$ , на котором нанесен в натуральную величину масштаб широт; глубинная прямая с нанесенным на ней масштабом глубин; перпендикуляр (параллельный главной вертикали  $rr$ ) к предметной плоскости, находящейся в плоскости картины, на котором отложен натуральный масштаб высот. С помощью главной точки схода  $P$  и дистанционной точки  $D_4$  строится масштабная сетка на двух координатных плоскостях. Имея план изображаемой местности с объектами, можно быстро и правильно разместить в картинной плоскости все эти объекты. Поскольку планигон – сетка квадратов, то его использование в описанном методе максимально эффективно.

## 2. Подход к построению перспективы протяженного объекта

Для правильной передачи общего вида пространственно протяженных, имеющих большие угловые размеры объектов и максимального сходства с натурой выделяют следующие отклонения от правил линейной перспективы:

- плавное искривление прямых линий;
- использование нескольких точек схода для объективно параллельных линий;
- преувеличение проекционных размеров предметов дальнего плана.

Например, перспективное искривление горизонтальных линий можно наблюдать, встав

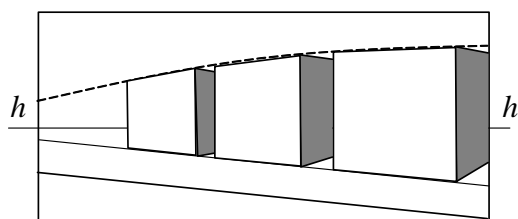


Рис. 3. Перспективные искривления горизонтальной прямой

перед протяженным фасадом здания против его центра. Если мысленно продлить линии карниза в обе стороны, то в перспективе такая прямая пересечет горизонт в двух диаметрально противоположных точках.

На рис. 3 показано перспективное искривление горизонтальной прямой, возникающее при соединении карнизов зданий равной высоты, расположенных вдоль прямой линии. Если же карнизу каждого из зданий поставить в соответствие прямую линию, то получим несколько точек схода. Поэтому искривлению прямых линий перспективных объектов можно поставить в соответствие использование нескольких точек схода.

Рассмотрим пример построения перспективы фасада здания (рис. 4) [2]. Для этого необходимо знать позицию наблюдателя относительно объекта, габариты объекта, план и положение проекционной поверхности, которая должна быть нелинейной. Пусть объект имеет высоту  $H$ . Положение наблюдателя  $O$  определяется углами зрения в плане, считая от оси, перпендикулярной к фасаду ( $\beta_1 = 28^\circ$ ,  $\beta_2 = 64^\circ$ ). Вертикальные углы на карниз здания равны  $\alpha_1 = 16,5^\circ$ ,  $\alpha_2 = 9^\circ$  (поскольку вертикальные углы зрения малы (менее  $30^\circ$ ), то перспективные сокращения по вертикали незначительны и образующие проекционной поверхности – вертикальные прямые). Если расположить проекционную поверхность по дуге окружности  $A_1C$ , то получим перспективное изображение объекта, которое соответствует сетчаточному изображению (с высотой в перспективе  $0,5H$ , рис. 4,  $z$ ). Проекция на вертикальную плоскость (как картинную) при расположении главной точки перспективы по середине угла зрения в плане на фасад объекта также будет совпадать с проекционным изображением на сферическую поверхность. Для естественной (художественной) передачи перспективных отношений с учетом нелинейных преобразований необходимо следу в плане  $A_1C$  поставить в соответствие новый след  $A_1B_0$ . При этом положение точки  $B_0$  находится из соотношения  $\frac{OB_0}{OB_1} = \frac{h_B}{H}$ , где

$h_B$  – перспективная величина изображенной в картинной плоскости высоты  $H = BB_1 = AA_1$ . В приведенном примере отношение  $h_B/H$  равно 0,58; поэтому  $OB_0 = 0,58OB_1$ . Полученное положение проекционной поверхности позволяет определить проекционную величину основания фасада  $A_1B_0$  и высоту  $h_B$ .

Анализ живописных полотен, проведенный в работе [2], показал:

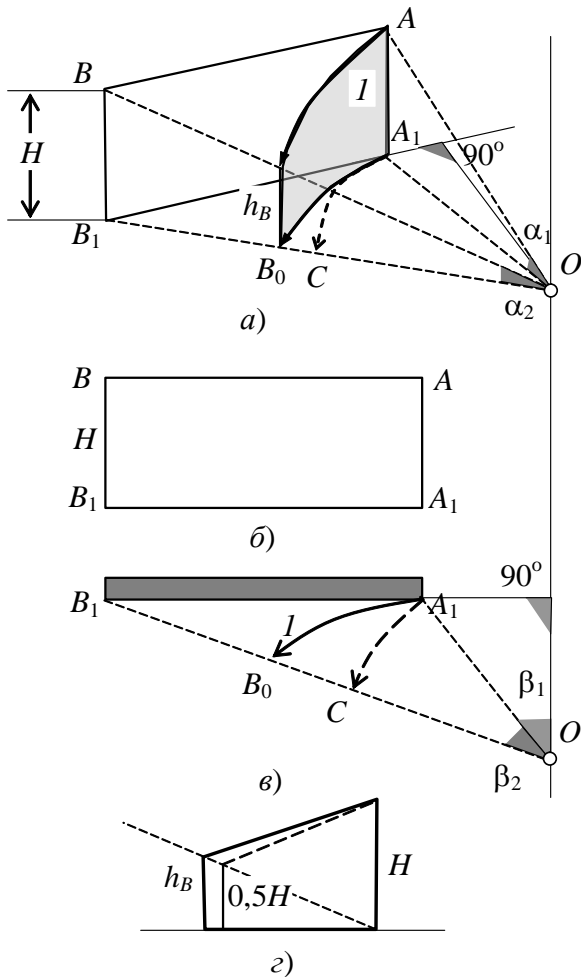
1. Отклонение от правил линейной перспективы является не случайным, а выступает как отражение в рисунках объективных закономерностей зрительного восприятия.

2. Отклонение проекционной поверхности от нормального положения по отношению к лучу зрения показывает, что перспективные сокращения изменяются не прямо пропорционально увеличению расстояния до объекта, как это принято в линейной перспективе, а иначе: чем более величина такого отклонения в сторону объекта, тем менее перспективные сокращения.

3. Установлено, что форма и положение некоторой обобщенной проекционной поверхности (как усредненной на множестве проанализированных рисунков), представленной следом в плане для фасада объекта, расположенного параллельно горизонтальной координатной оси  $x$ , – часть окружности с точкой зрения  $O$  (позицией наблюдателя), расположенной по середине радиуса  $R = 2r$ , и центральным углом в  $120^\circ$ .

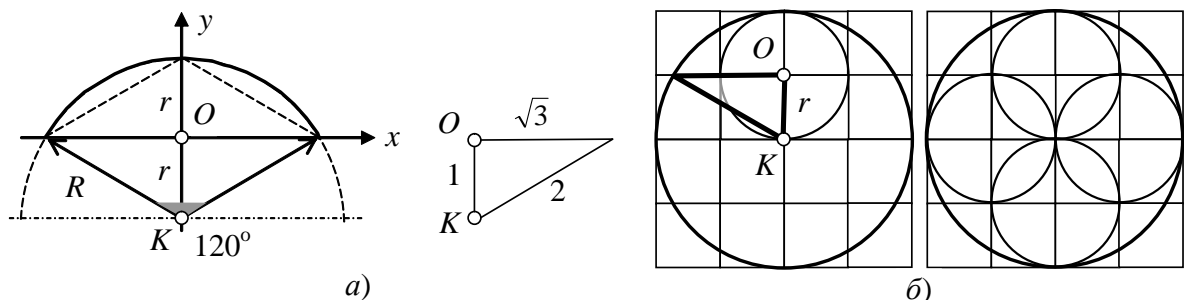
Таким образом, форма следа проекционной поверхности в плане – окружность радиусом  $R$  с центром в точке  $K$ , находящейся на расстоянии  $r = R/2$  от точки  $O$  на координатной оси  $y$ , если фасад здания в плане параллелен оси  $x$  (рис. 5, а).

С позиций геометрии, во-первых, имеем часть правильного шестиугольника, составленного из двух правильных треугольников, для которых высота равна  $\sqrt{3}$ , если длина стороны равна двум единицам длины. В результате половина правильного треугольника – прямоугольный треугольник со сторонами 1, 2,  $\sqrt{3}$ .



**Рис. 4. Подход к построению перспективы фасада с использованием нелинейной проекционной поверхности I [2]:**

а – общий вид в пространстве; б – фасад здания; в – план; г – перспектива фасада



**Рис. 5. К геометрии следа проекционной поверхности**

Во-вторых, пара окружностей с центрами  $K$  и  $O$ , радиусами  $R$  и  $r$ , где  $R = 2r$ , образует систему формирования гипоциклоиды, которая в силу соотношения  $r/R = 1/2$  вырождается в диаметр неподвижной окружности. Аналогичные конструкции можно наблюдать на планигоне (рис. 5, б). Поэтому планигон – удобный инструмент построения перспективных изображений.

### 3. Алгоритм формирования перспективы протяженного объекта

В соответствии с изложенным, алгоритм формирования перспективы следующий: имеем положение наблюдателя в произвольной точке  $O$  относительно объекта – фасада здания, параллельного горизонтальной оси  $x$  внешней системы координат, план и габариты объекта. Необходимо найти положение проекционной поверхности для следа  $A_1B_0$  (в обозначениях по рис. 4).

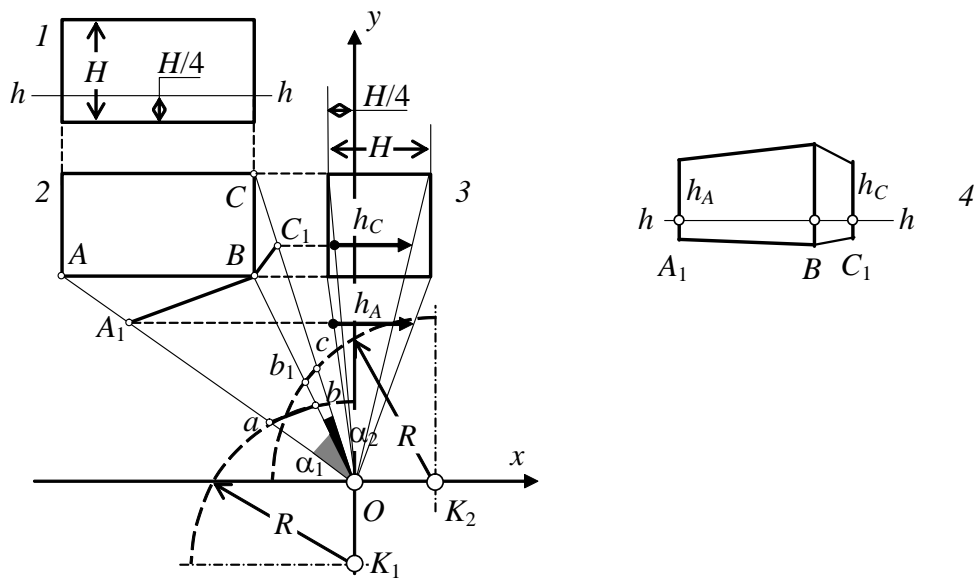


Рис. 6. Пример построения перспективы прямоугольного объекта:  
1 – фасад; 2 – план по виду сверху; 3 – план по виду сбоку; 4 – перспектива

Порядок построения (рис. 6) [2]:

1. Из произвольной точки  $K_1$ , находящейся на оси  $y$ , проходящей через позицию наблюдателя  $O$ , проводится дуга окружности радиусом  $R$  при условии, что точка  $O$  лежит на середине радиуса, а дуга пересекает лучи угла зрения  $\alpha_1$  на фасад объекта в плане.

В результате: хорда  $ab$  определяет положение картинной плоскости с ее следом  $A_1B$ , параллельным  $ab$ ; отрезок  $A_1B$  определяет размер фасада в перспективе.

2. Из произвольной точки  $K_2$ , находящейся на оси  $x$ , проходящей через позицию  $O$ , проводится дуга окружности радиусом, для которого точка  $O$  лежит на середине радиуса (на рис. 6 использован тот же радиус  $R$ ), при условии, что она пересекает лучи зрения угла  $\alpha_1$  на боковую стену объекта.

В результате: хорда  $b_1c$  определяет положение картинной плоскости с ее следом  $BC_1$ , параллельным  $b_1c$ , а отрезок  $BC_1$  – перспективный размер стены в плоскости, параллельной предметной.

3. Необходимые для построения перспективы высоты  $h_A$ ,  $h_C$  видимых ребер объекта определяются с использованием плана по виду сбоку. При этом ребро объекта, проходящее через точку  $B$ , имеет натуральную высоту  $H$ .

Описанный алгоритм построения перспективы объекта, наблюдаемого с фасада, можно относительно просто реализовать на планигоне при решении задачи определения положения следа картинной плоскости (рис. 7).

Предположим, что из плана, представленного на планигоне (рис. 7, а), известно следующее:  $OB = d$  – дистанция до вершины  $B$  объекта, имеющего длину  $L$ ; углы  $\beta_1, \beta_2$ , определяющие угол зрения  $\alpha = \beta_2 - \beta_1$ .

Примем (для простоты вычислений) условие – объект «привязан» к верхней части планигона так, что вершина  $A$  принадлежит левому обрамлению планигона, а объект (на заданном уровне разрешения) упорядочен в верхней строке матрицы планигона. Кроме того, пусть  $R = 2a$ ,  $OK_1 = a$  ( $a$  – размер клетки планигона). В этом случае получаем:  $AO = 5a$ ;  $\operatorname{tg}\beta_2 = \frac{4}{3}$ ,  $\beta_2 \approx 53,13^\circ$ ;  $\operatorname{tg}\gamma_1 = \frac{3}{4}$ ,  $\gamma_1 \approx 36,87^\circ$ .

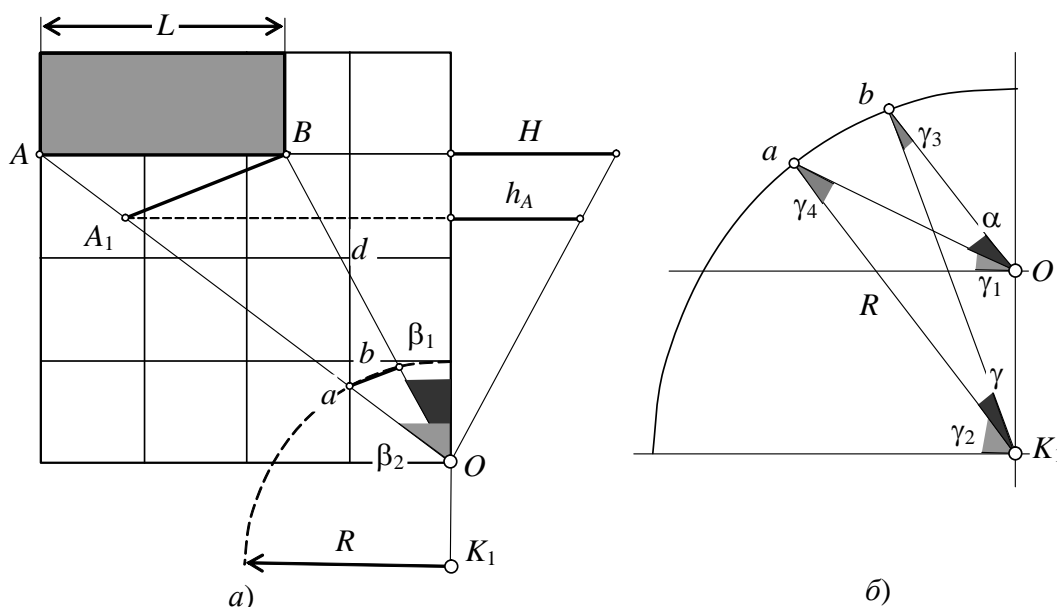


Рис. 7. Определение положения следа картинной плоскости на планигоне

Из треугольника  $aOK_1$  в соответствии с теоремой синусов находим (рис. 7, б):

$$aO = R \frac{\cos\gamma_2}{\cos\gamma_1}; \sin\gamma_4 = \frac{a}{R} \cos\gamma_1 = 0,8 \frac{a}{R} = 0,4; \gamma_4 \approx 23,58^\circ; \gamma_2 \approx 60,45^\circ; aO = 1,233a.$$

Аналогично из треугольника  $bOK_1$  получаем:

$$\sin\gamma_3 = \frac{a}{R} \cos(\gamma_1 + \alpha), \gamma_3 = \arcsin\left(\frac{a}{R} \cos(\gamma_1 + \alpha)\right); bO = R \frac{\cos(\alpha + \gamma_1 + \gamma_3)}{\cos(\alpha + \gamma_1)}.$$

Отсюда следует

$$OA_1 = \frac{aO}{bO} d = 0,6165d \frac{\cos(\alpha + \gamma_1)}{\cos(\alpha + \gamma_1 + \gamma_3)}.$$

Например: для  $\alpha = 10^\circ$ , получаем  $OA_1 \approx 1,072d$ ;  $\alpha = 30^\circ$ ,  $OA_1 \approx 1,184d$ ;  $\alpha = 45^\circ$ ,  $OA_1 \approx 1,227d$ .

Зная две стороны треугольника  $A_1BO$  –  $d$  и  $OA_1$ , и угол  $\alpha$  между ними, можно найти перспективную длину фасада объекта (в соответствии с теоремой косинусов):

$$A_1B = \sqrt{OA_1^2 + d^2 - 2d \cdot OA_1 \cos\alpha}.$$

Использование планигонов в роли предметной плоскости (с планом объекта) позволяет относительно просто решать измерительные задачи (на рассматриваемом уровне разрешения). Из треугольника  $ABO$  (см. рис. 7, а) получаем значение расстояния  $d$  в единицах масштаба  $a$  (размер клетки планигона)  $d = \frac{3a}{\cos\beta_1}$ . В силу теоремы синусов из этого же треуголь-

ника при условии, что размер объекта равен  $L$ , находим  $d = L \frac{\sin \gamma_1}{\cos \alpha}$ . Следовательно, единица

масштаба планигона равна  $a = \frac{L \cos \beta_1 \sin \gamma_1}{3 \sin \alpha} = \frac{L \cos \beta_1 \cos(\alpha + \beta_1)}{3 \sin \alpha}$ . Поскольку объект «привязан» к обрамлению планигона и выполняется условие  $\sin \gamma_1 = 0,6 = \text{const}$ , то  $a = \frac{L \cos \beta_1}{5 \sin \alpha}$ , а

так как  $\beta_1 = 90^\circ - \alpha - \gamma_1 = 53,13^\circ - \alpha$ , имеем

$$a = \frac{L \sin(\alpha + 53,13^\circ)}{5 \sin \alpha}. \quad (1)$$

**Пример 1.** Пусть  $\alpha = 30^\circ$ ; в этом случае  $a = 0,368L$ . Если  $L = 100\text{м}$ , то  $a = 36,8\text{м}$ , а на планигоне объект размером  $L$  займет 2,72 доли от общей длины планигона (допустимо решить и обратную задачу: зная масштаб на планигоне, можно получить оценку длины объекта  $L$  из (1)).

**Пример 2.** Пусть длина объекта  $L$  кратна (клеточной) длине планигона, т.е.  $L = \{3a, 2a, a\}$ . Тогда соответствующие углы по курсу равны  $\beta_1 = \text{arctg}\{1/3, 2/3, 1\} = \{18,43^\circ; 33,69^\circ; 45^\circ\}$  (на рассматриваемом уровне разрешения). Этим углам соответствуют углы зрения  $\alpha = \{34,7^\circ; 19,44^\circ; 8,13^\circ\}$ . В результате масштаб на планигоне изменяется в соответствии с правилом (при фиксированном размере объекта  $L$ )  $a = \{0,333L; 0,5L; L\}$ . Отсюда следует, что для быстрой оценки необходимых параметров удобны курсовые углы  $\beta_1 = \{33,69^\circ; 45^\circ\}$ . Однако при этом существенно изменяются расстояния до объекта  $d = \{3,61L; 4,24L\}$ .

#### 4. Перспективные построения системы объектов

Одно из основных требований построения перспективы ансамбля – это не только правильность перспективного построения отдельных объектов, но и соблюдение пространственных соотношений, определяющих целостность восприятия пропорций, размеров и расположения окружающих сооружений. В работе [2] по результатам анализа живописных полотен и рисунков с натуры улиц, площадей, интерьеров установлены следующие закономерности (рис. 8):

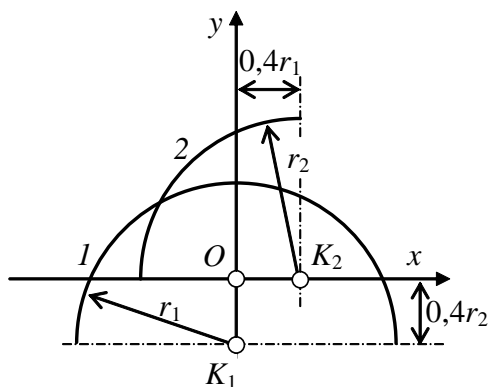


Рис. 8. Проекционные поверхности 1, 2 в плане

- проекционные поверхности 2 – дуги окружностей, центр которых  $K_2$  лежит на оси  $x$ , а точка  $O$  делит радиус окружности в отношении  $2/3$ .

Отметим, что кривизна проекционных поверхностей выше, чем у поверхностей, используемых при построении перспективы одиночного объекта. В работе [2] утверждается, что соотношение  $2/3$  в отличие от половинного деления –  $1/2$  позволяет более реалистично строить перспективы замкнутых объемов (в частности, объекты заднего плана зрительно приближаются к наблюдателю).

Алгоритм построения перспективы ансамбля объектов рассмотрим на примере по ра-

- для построения перспективы необходимы три проекционные поверхности в плане; одна из них 1 служит для определения проекционных размеров горизонтальных отрезков, две другие 2 (на рис. 8 показана только одна из них) – для определения перспективных сокращений высот фасадов;

- проекционные поверхности 1 – дуги окружностей с центрами на координатной оси  $y$ , на которой находится позиция наблюдателя с точкой зрения  $O$ , делящей радиус в отношении  $2/3$ ; при этом между точкой  $O$  и центром окружности  $K_1$  находится меньшая часть радиуса;

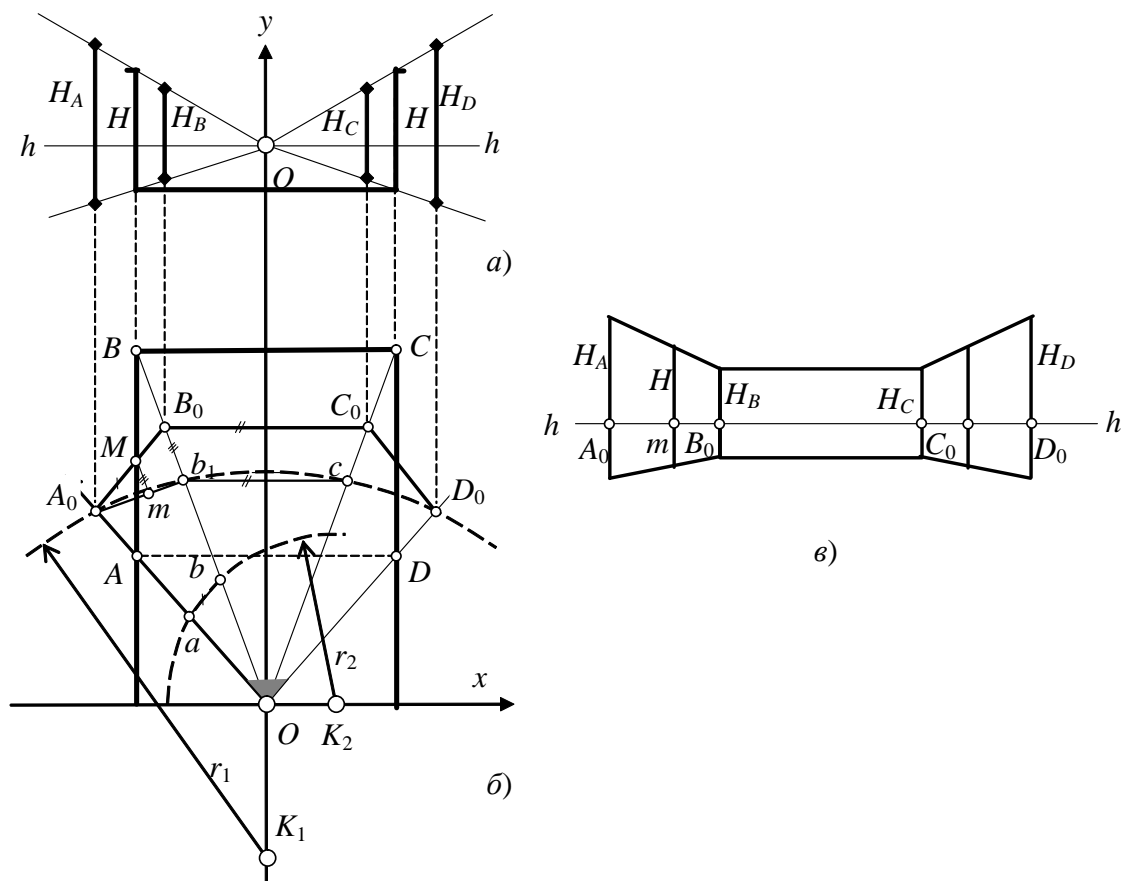
боте [2]. Необходимо построить перспективу площади прямоугольной формы (в плане), окруженной с трех сторон объектами равной высоты (рис. 9). Имеем позицию наблюдателя с точкой зрения  $O$ , угол зрения  $\alpha$  и высоту объектов  $H$ . Порядок построения:

1. Строятся проекционные поверхности с центрами  $K_1$  и  $K_2$  с делением радиусов  $r_1, r_2$  в отношении  $2/3$  (рис. 9, б). В результате определяются положения следов картинных плоскостей:  $A_0B_0$ ;  $B_0C_0$ ;  $C_0D_0$ , видимых наблюдателем с позиции  $O$ . Порядок их нахождения следующий: отрезок  $A_0B_0$  параллелен хорде  $ab$  проекционной поверхности с центром  $K_2$ ; отрезок  $B_0C_0$  параллелен хорде  $bc$  проекционной поверхности с центром  $K_1$ ; длины отрезков определяются углами  $AOB$ ,  $BOC$ ,  $COD$  соответственно.

2. Хорды  $A_0b_1$ ,  $D_0c$  задают размеры боковых сторон площади, видимых наблюдателем, и используются при построении перспективы площади (рис. 9, в). Дальняя сторона  $BC$  площади определяется размером отрезка  $B_0C_0$  (а не  $b_1c$ ), обеспечивая тем самым эффект увеличения размеров объектов заднего плана.

3. Проекции высот  $H_A, H_B, H_C, H_D$  определяются с помощью разреза площади (рис. 9, а) с точкой схода  $O$  и линией горизонта  $hh$  (если она необходима).

4. Имея все необходимые размеры – длины и высоты, строится перспектива (рис. 9, в).



**Рис. 9. Построение перспективы площади:**

а – разрез площади и формирование высот в зависимости от угла зрения;  
б – план площади; в – перспектива площади с объектами равных высот

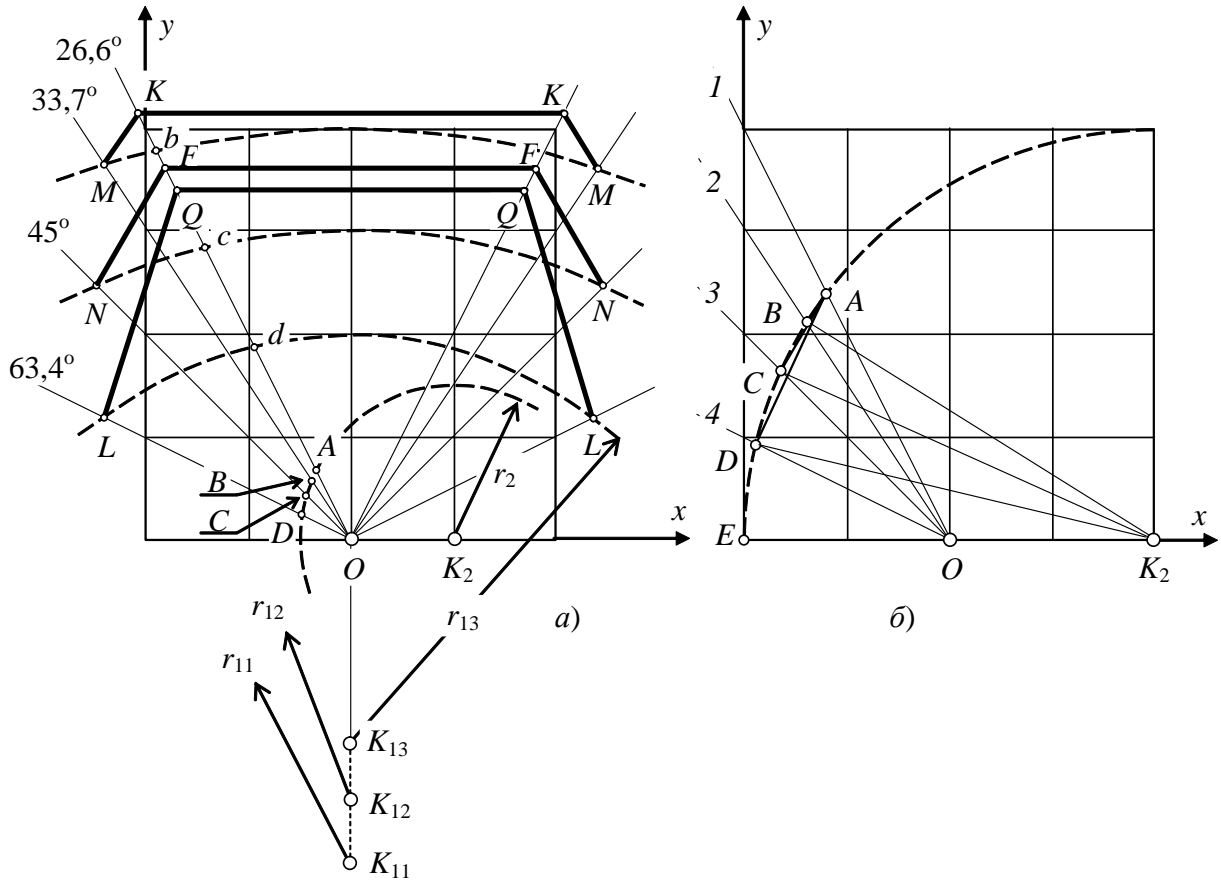
Аналогично можно построить перспективу улицы, помещения, тоннеля и других замкнутых пространств.

Наша задача – формализовать процесс построения перспективы с использованием планигона как инструмента. Для этого рассмотрим два варианта построения проекционных поверхностей:  $B_1$  – вариант половинного деления радиусов  $r_1, r_2$ ;  $B_2$  – вариант деления в отношении  $2/3$ .



**В<sub>1</sub>.** На планигоне зададим систему координат  $(x, y)$  и позицию  $O$  наблюдателя (рис. 10,а). Построим следы трех проекционных поверхностей с центрами  $K_{11}, K_{12}, K_{13}$  и радиусами  $r_{11} = 2a, r_{12} = 3a/2, r_{13} = a$ , где  $a$  – длина стороны планигона. Уравнения соответствующих окружностей:

$$\begin{cases} (x - \frac{a}{2})^2 + (y + a)^2 = 4a^2; \\ (x - \frac{a}{2})^2 + (y + \frac{3}{4}a)^2 = \frac{9}{4}a^2; \\ (x - \frac{a}{2})^2 + (y + \frac{a}{2})^2 = a^2. \end{cases} \quad (2)$$



**Рис. 10.** Следы картинных плоскостей на планигоне по варианту **В<sub>1</sub>**

Зададим четыре луча, исходящие из точки  $O$  под углами, определяющие три угла зрения наблюдателя:  $\pm 26,6^\circ; \pm 33,7^\circ; \pm 45^\circ; \pm 63,4^\circ$ , и представленные уравнениями:

$$\begin{cases} 2x + y = a; \\ 2x + \frac{4}{3}y = a; \\ 2x + 2y = a; \\ 2x + 4y = a. \end{cases} \quad (3)$$

Координаты точек  $L, N, M$  – результат пересечения соответствующих прямых из (2), (3):

$$L(-0,1a; 0,3a); N(\frac{7 - \sqrt{63}}{8}a; \frac{\sqrt{63} - 3}{8}a) \approx N(-0,12a; 0,62a);$$

$$M(\frac{25 - 8\sqrt{12}}{26}a; \frac{6\sqrt{12} - 9}{13}a) \approx M(-0,1a; 0,91a),$$

определяют положение начала следов боковых картинных плоскостей, наблюдаемых под углами:  $7,1^\circ$ ;  $18,4^\circ$ ;  $36,8^\circ$ .

**Примечание.** С точностью до десятых допустимо принять, что точки  $L, N, M$  (аналогично для правой части относительно позиции наблюдателя) находятся на одном уровне по оси  $x$  с координатой  $-0,1a$ .

Для нахождения координат точек  $K, F, Q$  – концов боковых картинных плоскостей (в плане) построим след проекционной поверхности с центром  $K_2$  и уравнением

$$(x - a)^2 + y^2 = a^2, \quad (4)$$

представленном на рис. 10, б в упрощенном виде (относительно рис. 10, а).

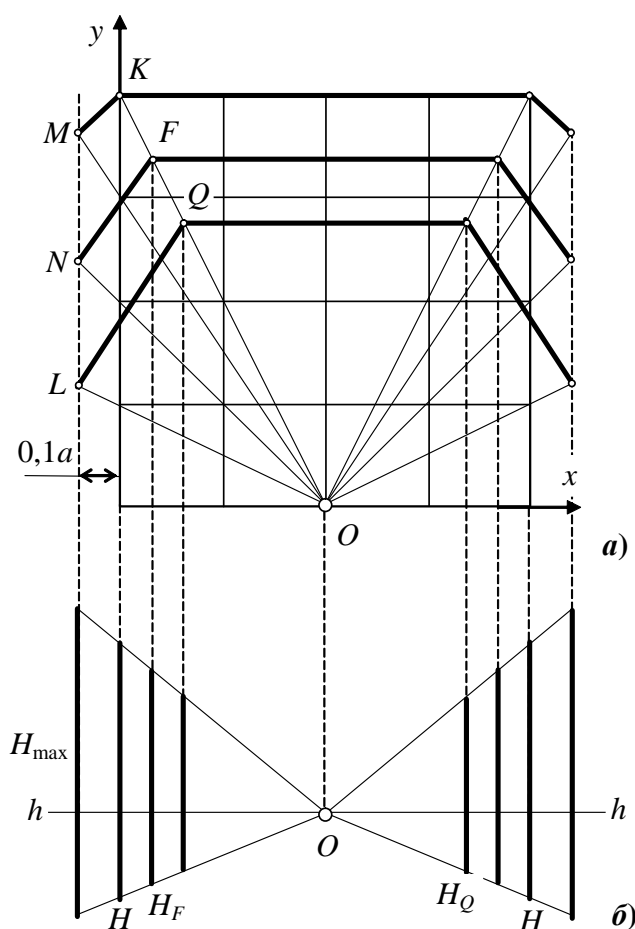


Рис. 11. Следы картинных плоскостей на планигоне по варианту  $B_2$

Пусть  $\alpha$  – центральный угол, под которым видны хорды дуг  $AB, AC, AD$ , а  $\gamma$  – угол наклона этих хорд к оси  $x$ . Тогда координаты точек  $A, B, C, D$ , длины хорд и углы  $\alpha, \gamma$ , определяемые из (3), (4), равны:

$$A\left(\frac{a}{5}; \frac{3a}{5}\right); \quad B\left(\frac{17-2\sqrt{43}}{26}a; \frac{6\sqrt{43}-12}{52}a\right) \approx B(0,15a; 0,52a);$$

$$C\left(\frac{3-\sqrt{7}}{4}a; \frac{\sqrt{7}-1}{4}a\right) \approx C(0,09a; 0,41a); \quad D\left(\frac{9-2\sqrt{19}}{10}a; \frac{\sqrt{19}-2}{10}a\right) \approx D(0,03a; 0,24a);$$

$$AB \approx 0,09a; \quad AC \approx 0,22a; \quad AD \approx 0,40a;$$

$$\alpha(AB) \approx 5,2^\circ; \quad \alpha(AC) \approx 12,6^\circ; \quad \alpha(AD) \approx 23,2^\circ;$$

$$\gamma(AB) \approx 55,7^\circ; \quad \gamma(AC) \approx 59,4^\circ; \quad \gamma(AD) \approx 64,7^\circ.$$

Зная значения углов  $\gamma$ , определяющих угловые коэффициенты соответствующих линий, содержащих отрезки  $MK, NF, LQ$ , определяем координаты необходимых точек:

$$K(-0,02a; 1,03a); \quad F(0,05a; 0,90a); \quad Q(0,12a; 0,76a),$$

а также координаты точек  $b, c, d$  и длины хорд, соответствующих размерам боковых картинных плоскостей (в плане):

$$b(0,028a; 0,944a); \quad c(0,146a; 0,708a); \quad d(0,264a; 0,472a),$$

$$Mb \approx 0,137a; \quad Nc \approx 0,278a; \quad Ld \approx 0,403a.$$

Длины горизонтальных следов картинных плоскостей составляют:

$$KK = 1,04a \approx a; \quad FF = 0,90a; \quad QQ = 0,76a.$$

**В<sub>2</sub>.** Для варианта деления радиусов проекционных поверхностей в отношении  $(0,6 + 0,4)r$ , где  $r$  может быть равен  $r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_2$ , поступаем аналогично рассмотренному ранее подходу. В результате получаем:

1) координаты необходимых точек:

$$L(-0,07a; 0,28a); \quad N(-0,1a; 0,6a); \quad M(-0,09a; 0,89a); \quad A(0,22a; 0,57a); \quad B(0,17a; 0,50a);$$

$$C(0,1a; 0,4a); \quad D(0,03a; 0,23a); \quad Q(0,16a; 0,68a); \quad F(0,08a; 0,85a); \quad K(0; a); \quad b(0,03a; 0,93a);$$

$$c(0,15a; 0,70a); \quad d(0,27a; 0,46a);$$

2) углы  $\alpha$  и  $\gamma$ :

$$\alpha(AB) \approx 5,7^\circ, \quad \alpha(AC) \approx 14,1^\circ, \quad \alpha(AD) \approx 26,4^\circ; \quad \gamma(AB) \approx 50,3^\circ, \quad \gamma(AC) \approx 54,4^\circ, \quad \gamma(AD) \approx 60,5^\circ;$$

3) длины отрезков:

$$AB \approx 0,09a, \quad AC \approx 0,22a, \quad AD \approx 0,40a, \quad Mb \approx 0,132a, \quad Nc \approx 0,270a, \quad Ld \approx 0,380a,$$

$$KK = a, \quad FF = 0,84a, \quad QQ = 0,68a.$$

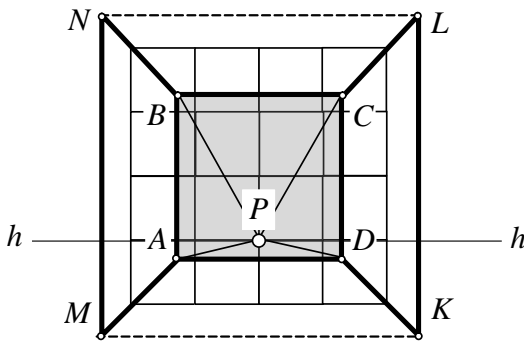


Рис. 12. Панорама ансамбля

Высоты по вариантам определяются одинаково по способу, показанному на рис. 9, а (рис. 11, б): если координаты точек  $M, N, L$  по оси  $x$  одинаковы и равны  $-0,1a$ , параметр  $a$  равен высоте объектов  $H$ , то максимальная высота на уровне точек  $M, N$  или  $L$  при разных углах зрения находится из соотношения

$$\frac{H_{\max}}{H} = \frac{0,6a}{0,5a}$$

и равна  $H_{\max} = 1,2H$ .

Если задана линия горизонта  $hh$ , то ее уровень относительно основания картины соответствует

ет  $h(H_{\max}) = 1,2h(H)$ .

На рис. 12 показана панорама ансамбля объектов, а в табл. 1 приведены необходимые ее размеры.

Таблица 1

Параметры панорамы

Угол зрения	Вариант	$MK$	$MN$	$AD$	$AB$
$\pm 33,7^\circ$	$B_1$	$1,26a$	$1,2H$	$a$	$H$
	$B_2$	$1,26a$	$1,2H$	$a$	$H$
$\pm 45^\circ$	$B_1$	$1,46a$	$1,2H$	$0,9a$	$0,9H$
	$B_2$	$1,39a$	$1,2H$	$0,84a$	$0,84H$
$\pm 63,4^\circ$	$B_1$	$1,56a$	$1,2H$	$0,76a$	$0,76H$
	$B_2$	$1,44a$	$1,2H$	$0,68a$	$0,68H$

Из сопоставления способов следует, что при относительно малом угле зрения  $\pm 33,7^\circ$ , допустимо использовать любой из способов. Тем не менее, при увеличении угла зрения второй способ наделен эффектом относительно большего приближения к наблюдателю картинной плоскости заднего плана. При этом размеры боковых «стен» перспективы не зависят от

выбора способа (с точностью до десятых). В результате панорама, реализованная по второму способу (при меньших размерах по оси  $x$ ), дает больше информации о той части пространства, которая находится «по курсу» движения наблюдателя. Поэтому, используя изложенную методику построения перспективы, можно строить с малыми вычислительными затратами необходимые модели внешнего окружения при движении наблюдателя.

#### Библиографический список

1. **Литвак, И.И.** Основы построения аппаратуры отображения в автоматизированных системах / И.И. Литвак, Б.Ф. Ломов, И.Е. Соловейчик. – М.: Сов. радио, 1975. – 352 с.
2. **Федоров, М.В.** Рисунок и перспектива / М.В. Федоров. – М.: Искусство, 1960. – 209 с.
3. **Утробин, В.А.** Информационные модели системы зрительного восприятия для задач компьютерной обработки изображений: учеб. пособие / В.А. Утробин; НГТУ. – Н. Новгород, 2001. – 234 с.
4. **Утробин, В.А.** Компьютерная обработка изображений: Информационные модели этапа понимания: учеб. пособие / В.А. Утробин; НГТУ. – Н. Новгород, 2006. – 247 с.

*Дата поступления  
в редакцию 01.02.2011*

**V.A. Utrobin**

#### **INFORMATION MODEL OF PERCEPTUAL SPACE. PROSPECT AT THE HIGH ANGLES OF VISION**

Considered questions of prospect construction in perceptual space, given its nonlinear properties. Algorithms and examples of prospect construction of an object facade and system of objects with use of the nonlinear projective surface, presented on planigons, from positions of the theory of active perception of images are resulted.

*Key words:* Visual perception, informational model, nonlinear prospect.