

## РАЗНОЕ

744.42

### ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ВИДЫ

Канд. техн. наук, доц. Ю.А. АКИМЕНКО

*Изложен проекционный подход к построению восьми изометрических видов, отнесенных к одной системе координат. Осуществлено сочетание на одном чертеже основных и изометрических видов, расположенных в проекционной связи, что расширяет арсенал изобразительных методов проектировщиков. Проведено сравнение методов проецирования  $E$  и  $A$ , причем последний признан более перспективным. Результаты работы могут быть полезными для уточнения государственных стандартов.*

*The work deals with the projection method of constructing eight isometric views concerning one and the same coordinate system. The given method ensures a greater clearness and the speed of constructions as compared with traditional ones. The combination of main and isometric views in projections connection is carried out. The comparison of the methods of projecting  $E$  and  $A$  is carried out, the last one being voted more perspective. The results of the work can be used, for making state standards precise.*

Наглядные изображения объекта в направлениях, равно наклоненных к его измерениям и построенные на перпендикулярных к ним плоскостях проекций в проекционной связи с основными видами, будем называть изометрическими видами, в отличие от классической ортогональной изометрической проекции. Именно проекционный подход позволяет строить несколько наглядных изображений объекта, отнесенного к одной локальной системе координат, в то время как подобные возможности традиционного теоретико-множественного подхода ограничены некоторыми свойствами прямоугольной аксонометрии.

Изображаемый объект поместим в систему взаимно перпендикулярных плоскостей проекций  $P_1$  — горизонтальной и  $P_2$  — фронтальной таким образом, чтобы его измерения были бы им перпендикулярны. Введем локальные оси  $XOYZ$ , совместив их с измерениями объекта. Всего изометрических направлений проецирования, равно наклоненных к локальным осям, а следовательно, и к измерениям объекта можно задать восемь — по числу октантов (рис. 1). Эти направления проецирования совпадают с диагоналями куба, центр которого совмещен с началом локальных координат, а ребра параллельны осям. Каждому направлению проецирования соответствует расположенная перпендикулярно к нему аксонометрическая плоскость. Совокупность этих плоскостей представляет собой поверхность октаэдра. Рассмотрим прямоугольный треугольник в одной из диагональных плоскостей куба (рис. 2) Катеты его относятся как  $\sqrt{2}:1$ , а острые углы составляют  $54,7^\circ$  и  $35,3^\circ$ . Именно на эти и им кратные углы следует поворачивать объект в диагональных плоскостях, начиная с направления  $S_2$  (вид спереди) для получения изометрических видов. Наименования изометрических видов образованы по ориентации соответствующих направлений проецирования относительно начала координат и расположения осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  (табл.). Аналогичный подход имеет место в [1].

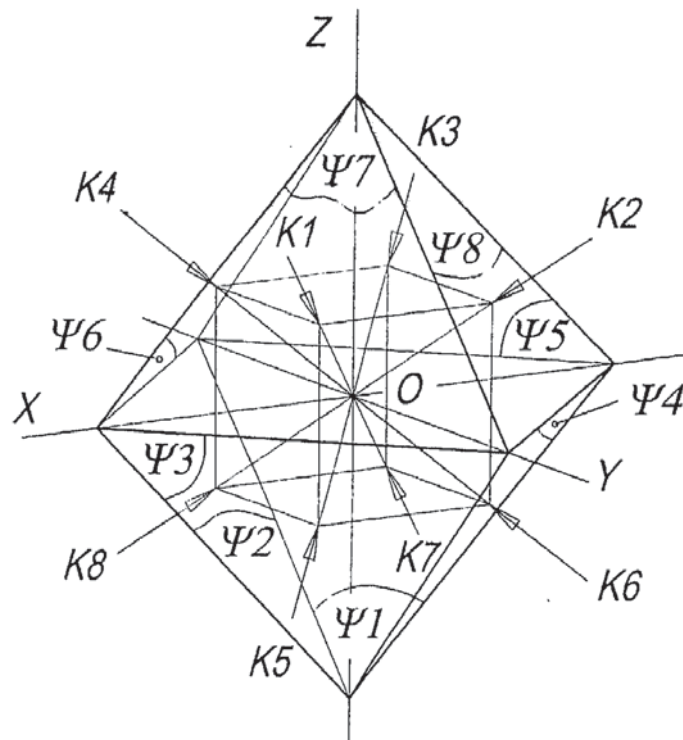


Рис. 1

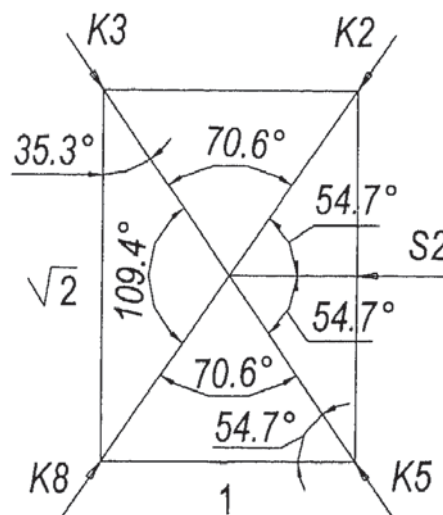


Рис. 2

Проецируя положительные направления локальных осей  $XOYZ$  на аксонометрические плоскости проекций, разворачивая поверхность октаэдра и совмещая ее с плоскостью чертежа ( $\Pi_2$ ), получим один из вариантов расположения аксонометрических осей для указанных выше направлений проецирования в виде креста (рис. 3). Углы между осями  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  равны  $60$  или  $120^\circ$ , причем ось  $Y'$  составляет с локальными осями  $X$ ,  $Z$  углы  $\pm 45^\circ$ . Для большей наглядности выделена плоскость  $X'O'Y'$ , причем на видах с составляющей «снизу» она показана заштрихованной. В [2] представлены аксонометрические оси, расположенные в традиционном для аксономет-

рии положении, когда ось  $Z$  направлена вертикально. Построение изометрических видов может быть выполнено различными методами преобразования комплексного чертежа: заменой плоскостей проекций, плоско-параллельным перемещением, вращением вокруг проецирующих прямых. При этом решается обратная задача преобразования по переводу локальных осей (измерений объекта) из частного положения (параллельных и перпендикулярных плоскостям проекций) в общее положение (равно наклоненных к одной из плоскостей проекций), например, если повернуть объект в горизонтальной и фронтальной плоскостях соответственно на углы:  $45 + 90n^\circ$ , где  $n = 0, 1, 2, 3$  и  $\pm 54,7^\circ$ . Возможен и другой подход, обеспечивающий получение изометрического вида. Заданный объект связывают с кубом так, чтобы их измерения были параллельны, и далее преобразуют совместное изображение таким образом, чтобы диагональ куба заняла проецирующее положение традиционными аксонометрическими методами (с применением теоретических коэффициентов искажений); компьютерной 3-мерной графикой.

Таблица

Изометрические виды

Наименование изометрических видов	Направление проецирования, перпендикулярное соответствующей аксонометрической плоскости	Проекция изометрических направлений проецирования на плоскости $P_1$ и $P_2$	Углы, образуемые направлением проецирования, град.	
			с осью $X$	с плос- костью $XOY$
Слева-спереди-сверху	$K1 \perp \Psi 1$	$\searrow K1_2$ $\nearrow K1_1$	45	35,3
Справа-спереди-сверху	$K2 \perp \Psi 2$	$\swarrow K2_2$ $\nwarrow K2_1$	135	35,3
Справа-сзади-сверху	$K3 \perp \Psi 3$	$\swarrow K3_2$ $\swarrow K3_1$	225	35,3
Слева-сзади-сверху	$K4 \perp \Psi 4$	$\searrow K4_2$ $\searrow K4_1$	315	35,3
Слева-спереди-снизу	$K5 \perp \Psi 5$	$\nearrow K5_2$ $\nearrow K5_1$	45	-35,3
Справа-спереди-снизу	$K6 \perp \Psi 6$	$\nwarrow K6_2$ $\nwarrow K6_1$	135	-35,3
Справа-сзади-снизу	$K7 \perp \Psi 7$	$\nwarrow K7_2$ $\swarrow K7_1$	225	-35,3
Слева-сзади-снизу	$K8 \perp \Psi 8$	$\nearrow K8_2$ $\searrow K8_1$	315	-35,3

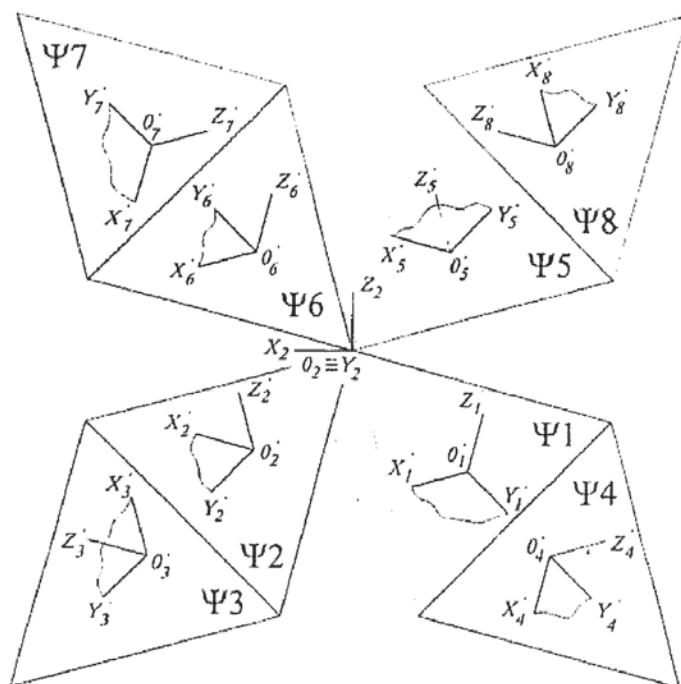


Рис. 3

Определенный интерес представляет построение изометрических видов методом вращения вокруг прямых уровня в связи с тем, что сохраняется проекционная связь между видами, облегчающая построение. Алгоритм метода: 1. На основном виде через опорные точки объекта проводят линии связи под углами  $\pm 45^\circ$  к двум измерениям объекта (рис. 4), что соответствует переводу направлений проецирования в диагональную плоскость куба (рис. 1). 2. Мысленно поворачивают объект вокруг произвольной прямой уровня, перпендикулярной к линиям связи на углы, град.: 54,7; 90,6; 109,4; 90,6; 54,7 (рис. 2). В процессе такого поворота все точки объекта перемещаются по дугам окружности, которые располагаются в проецирующих плоскостях и вырождаются на плоскость проекций в прямые линии, совпадающие с линиями связи. Ввиду произвольности выбора осей вращения, они не указываются, но подразумеваются. Положения изображений объекта на чертеже определяются проекциями локальных (аксонометрических) осей (рис. 3), а размеры изображений объекта после поворота в направлениях, параллельных локальным осям, — коэффициентами искажений, которые одинаковы для всех изометрических направлений проецирования. На чертеже изображают аксонометрические оси для заданного направления проецирования, причем ось  $Y'$  располагается параллельно линиям связи. Строят изометрический вид объекта, откладывая по линиям связи радиусы вращения точек с коэффициентом искажения  $\sqrt{1/3} = 0,5774$ , а также размеры объекта в направлениях, параллельных аксонометрическим осям, с коэффициентом искажения  $\sqrt{2/3} = 0,8165$ , которые удобно определять графически (рис. 4).

От точки  $O$  откладывают отрезок  $OA$ , равный наибольшему измерению объекта и строят прямоугольный треугольник  $OAB$  с отношением катетов  $\sqrt{2} : 1$ . Откладывая от точки  $O$  на гипотенузе размеры объекта 0—10; 0—20; 0—30..., на катетах получают скорректированные размеры: объекта в направлениях, параллельных аксонометрическим осям — отрезки на большем катете  $OA$ : 0—1; 0—2; 0—3..., радиусов вращения точек — вертикальные отрезки (меньшие катеты): 10—1; 20—2; 30—3....

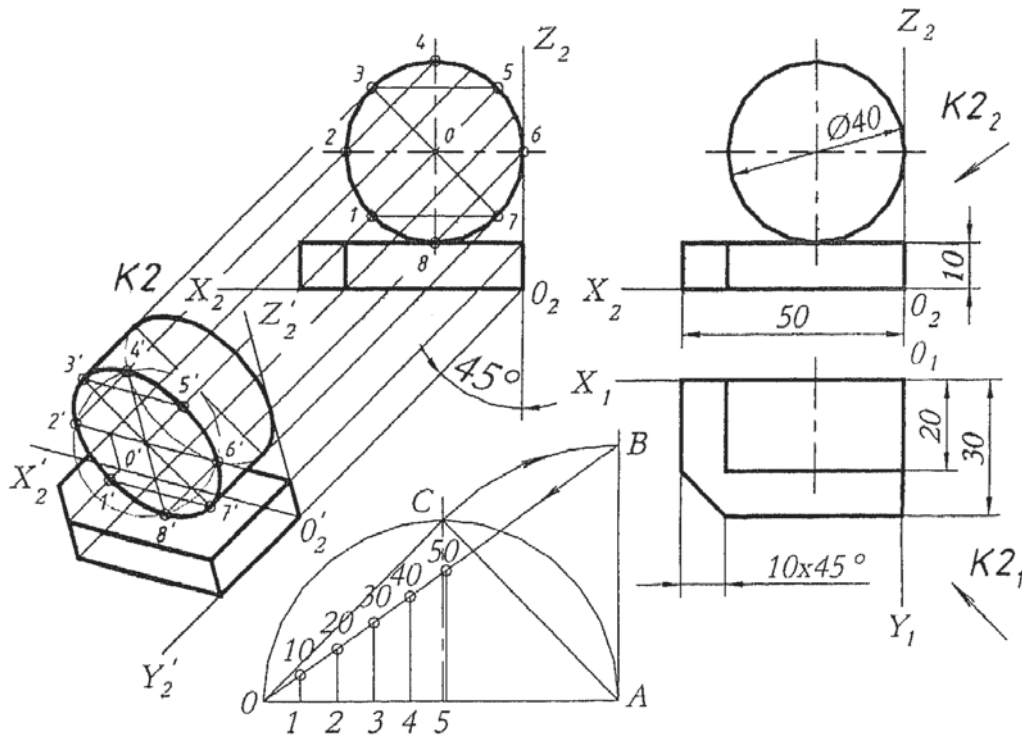


Рис. 4

Для построения окружности в изометрии, например, диаметром 40 мм этим методом на ней отмечают восемь точек и центр 0. Четыре точки берут на концах диаметров, параллельных локальным осям 2, 4, 6, 8, другие четыре 1, 3, 5, 7 — на концах диаметров, наклоненных к осям под углами  $\pm 45^\circ$  (рис. 4). Проводят диаметр 3—7 и хорды 3—5 и 7—1. Строят центр окружности в изометрии  $0'$  и описывают из него окружность диаметром 40, с коэффициентом искажения  $\sqrt{2/3}$ . Первые четыре точки  $2', 4', 6', 8'$  будут лежать на пересечении этой окружности с соответствующими линиями связи. Диаметр 3—7 располагается перпендикулярно направлению проецирования (линиям связи), поэтому в изометрии не искажается ( $3'—7'$ ), а диаметр 1—5 получит наибольшее искажение  $\sqrt{1/3}$ . Для нахождения точек  $5'$  и  $1'$  проведем отрезки  $3'—5'$  и  $7'—1'$  параллельно оси  $X'$  до пересечения с соответствующими линиями связи. Полученные точки затем соединяются по лекалу.

На рис. 4 показано построение в проекционной связи одного изометрического вида. Аналогичным образом строятся и остальные изометрические виды (рис. 5). Данный метод по сравнению с традиционными имеет следующее преимущество: линии связи между основным и изометрическим видами обеспечивают большую наглядность и точность при построениях, что повышает производительность и качество труда проектировщика.

Представляет интерес также построение изометрических видов по основным [3], которое в принципе аналогично построению, например, профильной проекции объекта по его фронтальной и горизонтальной. От основного вида объекта через опорные точки проводят линии связи под углом  $\pm 45^\circ$  к двум его измерениям (рис. 6). Другой основной вид объекта поворачивают в плоскости чертежа на угол  $\pm 120^\circ$  и проводят такие же линии связи, как и в первом случае до взаимного пересечения с соответствующими им подобными. На рис. 6 представлены три основных вида, хотя для построения изометрического достаточно двух любых основных видов, не являющихся зеркальными.

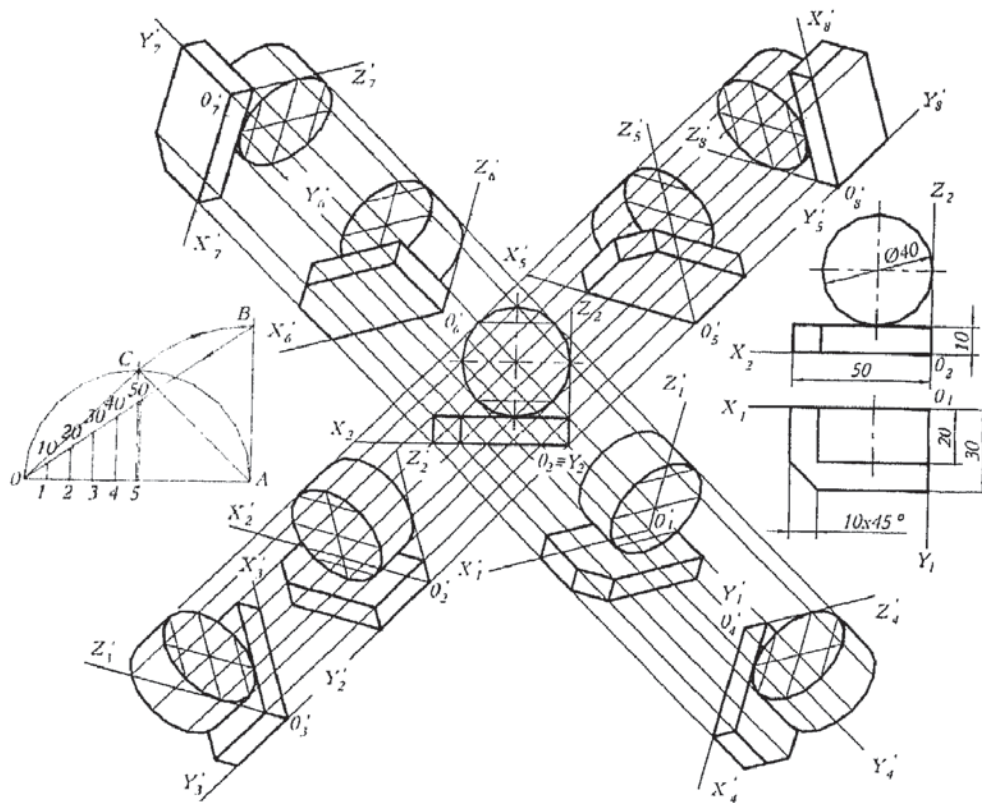


Рис. 5

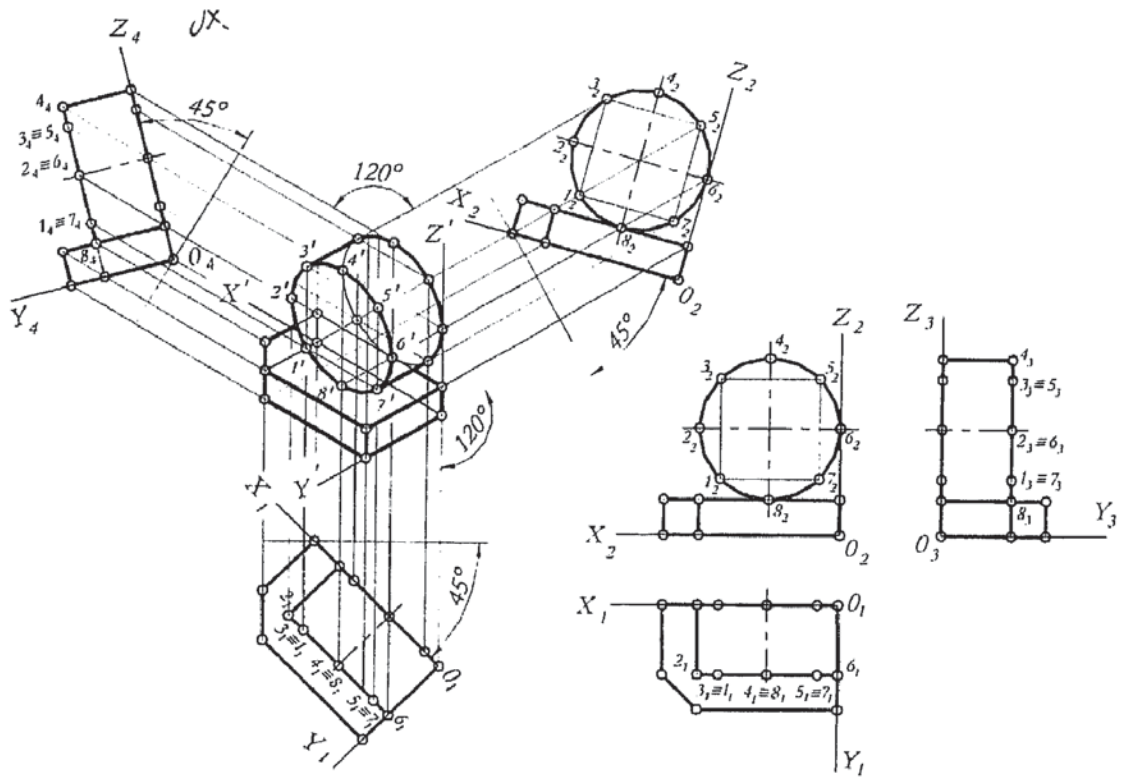


Рис. 6

Для построения многосторонних (десять и более) изображений объектов могут быть задействованы шесть ортогональных (относительно 2-х измерений объекта)  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$  и восемь изометрических направлений проецирования  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$  (рис. 7).

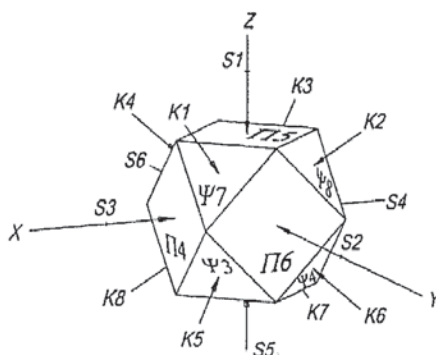


Рис. 7

Перпендикулярные этим направлениям проецирования основные и изометрические плоскости проекций образуют в совокупности поверхность усеченного гексаэдра [4] или кубоктаэдра [5] — четырнадцатигранника, состоящего из шести квадратных и восьми правильных треугольных граней.

В качестве модели объекта примем игральную кость (рис. 8), поместив ее в центр кубоктаэдра так, чтобы грани кости были бы параллельны квадратным его граням. Прямоугольно спроецируем объект на грани кубоктаэдра по методу  $E$  [6]. Развернем грани многогранника, совместив их с плоскостью его *задней* грани, сохраняя принятое расположение основных видов. Одна из схем расположения основных и изометрических видов представлена на рис. 9, а на рис. 10 — реализация этой схемы применительно к данному объекту. Чертежи, содержащие основные и изометрические виды, построенные в проекционной связи, назовем комплексно-изометрическими. В [2] рассмотрены и другие схемы расположения основных и изометрических видов.

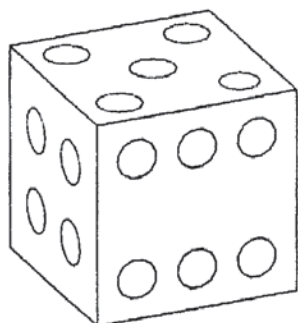


Рис. 8

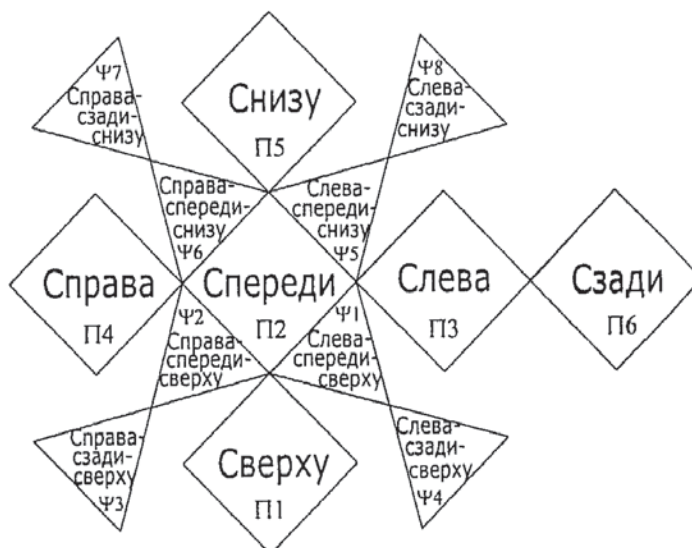


Рис. 9

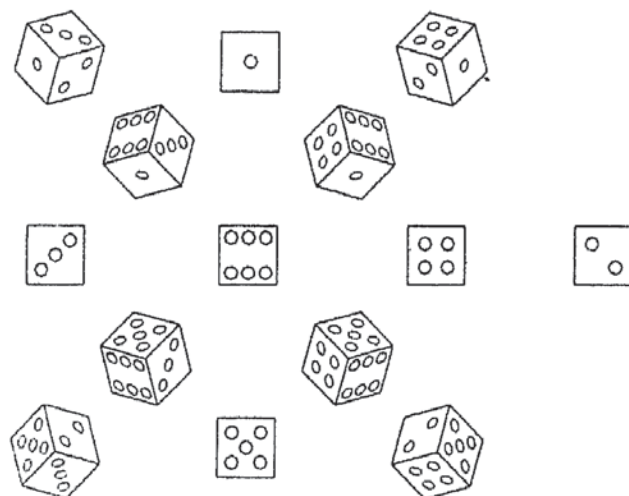


Рис. 10

При многостороннем (десять и более направлений) проецировании каждые получаемые изображения можно рассматривать как отдельные мозаики, из которых формируется развернутая картина объекта. Проекционная связь обеспечивает привязку изометрических видов к основным. Если такая связь отсутствует или недостаточна, то привязку изометрического вида к основным можно осуществить через дополнительное направление проецирования, указывая его проекции на комплексном чертеже и обозначение на изометрическом виде, например,  $K2$  (рис. 4). Расположение проекций направлений проецирования для различных изометрических видов (табл.).

Характер расположения изометрических и основных видов отражает логику метода  $E$ , при котором название вида (кроме спереди и сзади) противоположно названию места его расположения на чертеже. Например, вид слева — спереди — сверху располагается справа — спереди — снизу... и так далее. Это связано с тем, что наблюдатель и плоскость проекций находятся по разные стороны объекта. При смещении направления проецирования в одну сторону изображение объекта на плоскости смещается в противоположную сторону при сохранении одинакового порядка расположения элементов объекта, например, граней на виде и на объекте. В результате этого имеет место нестыковка изображений на смежных видах, что затрудняет как выполнение, так и чтение чертежа. При проецировании по методу  $E$  увеличивается путь проецирования (на величину объекта), что при наличии и основных, и изометрических видов усложняет попадание проецирующего луча на соответствующую плоскость проекций.

Спроецируем теперь объект на прозрачную поверхность кубоктаэдра по методу  $A$  [6]. Наблюдатель в этом случае находится снаружи многогранника. Развернем грани многогранника, совместив их с плоскостью его *передней* грани. Схема расположения изометрических видов аналогична схеме на рис. 9, но выполненная по методу  $A$ , представлена на рис. 11, а на рис. 12 — ее практическое воплощение.

Анализируя расположение изометрических и основных видов в проекционной связи, построенных по методу  $A$ , можно отметить хорошее совпадение смежных элементов объекта на соседних видах, что характеризует преимущество при переходе от одного изображения к другому. Это обеспечивает высокую читаемость и хорошую наглядность чертежа. Расположение видов на чертеже точно соответствует их на-



званию, что объективно отражает особенности объекта, а также создает предпосылки для повышения качества конструкторской документации и производительности труда проектировщиков.



Рис. 11

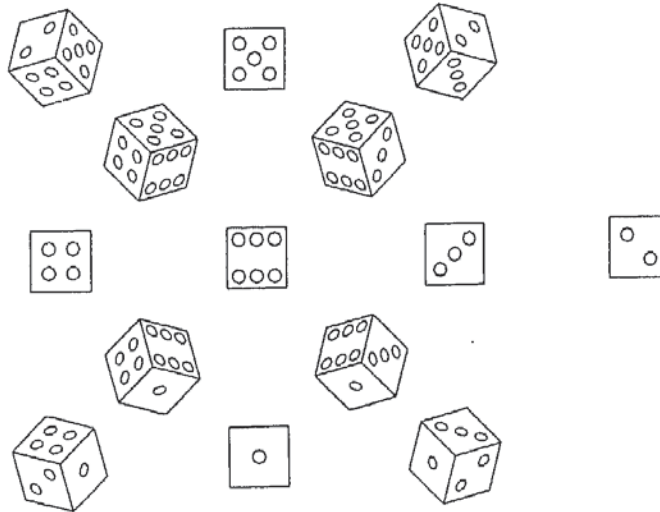


Рис. 12

Пиктограммы методов проецирования *E* или *A* (соответственно, рис. 13 и 14) приводятся при необходимости в основной надписи чертежа или над ней [6].

Комплексно-изометрические и вообще многосторонние изображения, расположенные в проекционной связи, позволяют качественно сравнить методы проецирования *E* и *A*. Если рассматривать методы проецирования как своеобразные инструменты для отражения на поверхности всего многообразия окружающего нас мира, то метод *A* более прост, универсален и объективен, чем метод *E*.

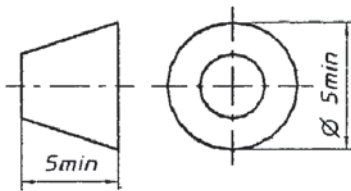


Рис. 13

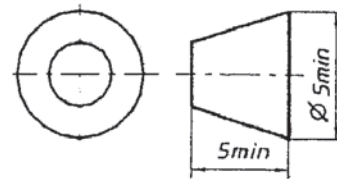


Рис. 14

### Выводы

1. Разработан проекционный способ построения изометрических видов, повышающий наглядность, производительность и качество выполнения чертежей.

2. Осуществлено сочетание в проекционной связи основных и изометрических видов и предложен принцип формирования комплексно-изометрических чертежей. Это расширяет арсенал изобразительных методов проектировщиков, обеспечивая большой набор видов (до 14) для наиболее точного и наглядного отображения характерных особенностей конструируемых объектов.

3. Анализ методов проецирования *E* и *A* показал, что последний более прост в реализации, естественен для восприятия, объективно отражает реальную действительность.

4. Данная работа может быть использована для уточнения ГОСТ 2.305-68 «Изображения — виды, разрезы, сечения» и ГОСТ 2.317-69 «АксонOMETрические проекции».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин Д. Н., Зубков В. И. Трехмерное моделирование: Учеб. Пособие для вузов РГАСХМ. Ростов н/Д, 2001. — 120 с.
2. Акименко Ю. А. Системный подход к формированию изображений объектов. «Безопасность жизнедеятельности. Охрана окружающей среды» / Межвуз. сб. науч. тр. — Вып. 9. — Ростов н/Д: Ростовская гос. акад. с.-х. машиностроения, 2005. — 204 с.
3. Глазунов Е. А., Четверухин Н. Ф. Аксонометрия. — М.: Гостеортехиздат, 1953. — 291 с.
4. Веннинджер М. Модели многогранников / Пер. с англ. — М.: Мир, 1974. — 236 с.
5. Штейнгауз Г. Математический калейдоскоп. — М.-Л.: Гостеортехиздат, 1949. — 143 с.
6. Машиностроительное черчение / С.А. Фролов и др. — М.: Машиностроение, 1981. — 304 с.