

**Заключение.** Минимальное количество вычислительных процедур и, соответственно, минимальное время счета можно получить при одновременном варьировании значениями  $n$  параметров из  $n$ -мерного пространства параметров при не одинаковом (или одинаковом) числе разбиений каждого из параметров. При этом необходимо строить всего лишь одну  $n$ -мерную картину устойчивости.

Этот результат позволяет из имеющегося большого количества методов нелинейного программирования выбрать такие методы «М\*», которые обеспечивают варьирование значениями сразу всех параметров, например, – методы случайного поиска: метод Монте-Карло, метод ЛП<sub>т</sub>- последовательности.

Задачи выбора критерия, разработки методики и комплекса программ многокритериальной оптимизации параметров транспортных средство всем скоростном диапазоне движения машин должны решаться методами случайного поиска.

Результаты данных исследований необходимо ввести в курсы лекций и практических занятий для студентов и курсантов технических вузов по дисциплинам «Конструирование и расчет деталей транспортных средств», «Теория мобильных машин», «Методы одно – и многокритериальной оптимизации параметров машин».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич, Ю. А. Многокритериальная оптимизация параметров управляемой оси автобусов и автомобилей «МАЗ» / Ю.А.Гурвич // Научные труды международной научно-практической конференции учёных МАДИ (ГТУ), РГАУ-МСХА, ЛНАУ. Москва-Луганск: 2010, – с. 99-105.

2. Гурвич, Ю.А. Многокритериальная оптимизация параметров рулевых трапеций автобусов и автомобилей «МАЗ» / Ю.А. Гурвич, Е.П. Лебедев // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Новости научного прогресса», 17-25 августа 2012. Т.10, с. 11-13. – София: Бял ГРАД-БГ ООД.

3. Соболев, И.М. Наилучшие решения – где их искать / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – Москва: «Знание», 1982. – 64 с.

4. Вентцель, Е.С. Теория вероятности / Е.С. Вентцель. – Москва: Наука, 1969. – 576 с.

5. Соболев, И.М. Точки, равномерно заполняющие многомерный куб / И.М. Соболев. – Москва: «Знание», 1985. – 32с.

УДК 629.113.073:515.18(075.8)

**Гурвич Ю.А., Корытко Л.С.**

## **МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ**

*ГУО «Институт пограничной службы Республики Беларусь»*

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

*В данной статье описано многокритериальное построение аксонометрических проекций различных тел.*

Опыт преподавания начертательной геометрии и инженерной графики показывает, что у обучающихся часто возникают трудности при решении задач с представлением в пространстве геометрических объектов сложных технических форм. Аксономет-

рические проекции относятся к наглядным изображениям и разрабатываются студентами и конструкторами как на начальной стадии проектирования, когда объект формируется согласно техническому заданию, так и на завершающей, как результат разработки. Следовательно, построение аксонометрических проекций является важным этапом в развитии у студента пространственного мышления по принципу: от живого созерцания – к абстрактному мышлению, а затем к практике (или иначе: мысленно представил – воплотил на чертеже, а затем и в материале).

Хорошо известно, что все задачи проектирования машин, их узлов и механизмов всегда многокритериальные. В данной статье, по всей видимости, впервые сделана попытка многокритериальность применить к задачам построения аксонометрических проекций различного рода объектов, что позволит уменьшить трудности у обучающихся при построении аксонометрических проекций объектов сложных технических форм.

Алгоритм многокритериального построения аксонометрических проекций состоит из шести последовательных действий.

*Действие 1.* Приведем отдельные выдержки ГОСТ 2.317 – 69, в котором отражены пять видов аксонометрических проекций, применяемых в чертежах всех отраслей промышленности и строительства [1]:

***А. Прямоугольная изометрическая проекция.*** Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , т.е. приняв коэффициент искажения равным 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в эллипсы с осями равными 1,22 и 0,71 диаметра окружности.

***Б. Прямоугольная диметрическая проекция.*** Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям  $x$  и  $z$  и с коэффициентом искажения 0,5 по оси  $y$ .

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций: по осям  $x$ ,  $z$  в эллипсы с осями равными 1,06 и 0,95 диаметра окружности; по осям  $x$ ,  $y$  и  $y$ ,  $z$  в эллипсы с осями равными 1,06 и 0,35 диаметра окружности.

***В. Косоугольная фронтальная изометрическая проекция.*** Фронтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, – в эллипсы с осями равными 1,3 и 0,54 диаметра окружности.

***Г. Косоугольная горизонтальная изометрическая проекция.*** Горизонтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной и профильной плоскостям проекций: по осям  $x$ ,  $z$  и  $y$ ,  $z$  – в эллипсы с осями равными соответственно (1,37 и 0,37) и (1,22 и 0,71) диаметра окружности.

***Д. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция.*** Коэффициент искажения по оси  $y$  равен 0,5, а по осям  $x$  и  $z$  – 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, – в эллипсы с осями равными 1,07 и 0,33 диаметра окружности.

*Действие 2.* В статье в качестве объектов использованы простейшие геометрические фигуры:

окружность;  
 треугольник;  
 квадрат, стороны которого параллельны –  $\parallel$  осям  $xz$  и  $yx$ ;  
 квадрат, стороны которого не параллельны –  $\nparallel$  осям  $xz$  и  $yx$ ;  
 прямоугольник, стороны которого параллельны –  $\parallel$  осям  $xz$  и  $yx$ ;  
 прямоугольник, стороны которого не параллельны –  $\nparallel$  осям  $xz$  и  $yx$ ;  
 ромб;  
 параллелограмм;  
 пятиугольник;  
 шестиугольник.

*Действие 3.* При определении показателей построения аксонометрических проекций использовали «Метод экспертных оценок», в соответствии с которым предложены четыре критерия.

1. Расположение объекта в ортогональных проекциях относительно осей  $xz$  или  $yx$ :
  - 1.1 – *параллельно осям  $xz$  или  $yx$* ;
  - 1.2 – *не параллельно осям  $xz$  или  $yx$* .
2. Вид изображения:
  - 2.1 – *простой*;
  - 2.2 – *сложный*.
3. Наглядность изображения:
  - 3.1 – *наглядное*;
  - 3.2 – *не наглядное*.
4. Значения коэффициентов искажения соответствующие каждому из пяти видов аксонометрических проекций: *А, Б, В, Г, Д*.

*Действие 4.* Рассмотрим примеры, объясняющие применение многокритериального построения аксонометрических проекций различных плоских объектов с помощью четырех критериев с указанием названия полученной аксонометрии фигуры.

**Пример 1.** Построить аксонометрию окружности, находящейся во фронтальной проекции, используя многокритериальное построение.

*Решение 1.1.* По критериям 2.1, 3.1, 4 изображение окружности должно быть *простым, наглядным с коэффициентом искажения равным 1*. Этим критериям соответствуют два вида аксонометрии: *В* и *Д*, для которых окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций *в окружности*.

*Решение 1.2.* По критериям 2.2, 3, 4 изображение окружности должно быть *сложным, наглядным с коэффициентами искажения соответствующими каждому из трех видов аксонометрических проекций: А, Б, Г*, для которых окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций *в эллипсы*.

**Пример 2.** Построить аксонометрию окружности, находящейся в горизонтальной проекции, используя многокритериальное построение.

*Решение 2.1.* По критериям 2.1, 3.1, 4 изображение окружности должно быть *простым, наглядным с коэффициентом искажения равным 1*. Этим критериям соответствуют один вид аксонометрии: *Г*, для которой окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций *в окружности*.

*Решение 2.2.* По критериям 2.2, 3, 4 изображение окружности должно быть *сложным, наглядным с коэффициентами искажения соответствующими каждому из четырех видов аксонометрических проекций: А, Б, В, Д*, для которых окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций *в эллипсы*.

**Пример 3.** Построить аксонометрию треугольника, находящегося во фронтальной проекции, используя многокритериальное построение.

*Решение 3.1.* По критериям 2, 3, 4 изображение треугольника должно быть *простым, наглядным с коэффициентами искажения* соответствующими каждому из пяти видов аксонометрических проекций: *А, Б, В, Г, Д* с общим названием – *треугольник*.

**Пример 4.** Построить аксонометрию треугольника, находящегося в горизонтальной проекции, используя многокритериальное построение.

*Решение 4.1.* По критериям 2, 3, 4 изображение треугольника должно быть *простым, наглядным с коэффициентами искажения* соответствующими каждому из пяти видов аксонометрических проекций: *А, Б, В, Г, Д* с общим названием – *треугольник*.

**Пример 5.** Построить аксонометрию квадрата, стороны которого параллельны (решение 4.1) или не параллельны (решение 4.2) осям *xz*, находящегося во фронтальной проекции, используя многокритериальное построение.

*Решение 5.1.* По критериям 1.1, 2.1, 3.1, 4 изображение квадрата должно быть *простым, наглядным с коэффициентом искажения равным 1*. Этим критериям соответствуют пять видов аксонометрии, но с разными названиями фигур: *А, Б, Г – ромб; В, Д – квадрат*.

*Решение 5.2.* По критериям 1.2, 2, 3, 4 изображение квадрата должно быть *простым, наглядным с коэффициентом искажения равным 1*. Этим критериям соответствуют пять видов аксонометрии, но с разными названиями фигур: *А, Б, Г – параллелограмм; В, Д – квадрат*.

**Пример 6.** Построить аксонометрию квадрата, стороны которого параллельны (решение 6.1) или не параллельны (решение 6.2) осям *ux*, находящегося в горизонтальной проекции, используя многокритериальное построение.

*Решение 6.1.* По критериям 1.1, 2, 3, 4 изображение квадрата должно быть *простым, наглядным с коэффициентами искажения* соответствующими каждому из пяти видов аксонометрических проекций, но с разными названиями фигур: *А, В – ромб; Г – квадрат; Б, Д – параллелограмм*.

*Решение 6.2.* По критериям 1.2, 2, 3, 4 изображение квадрата должно быть *простым, наглядным с коэффициентами искажения* соответствующими каждому из пяти видов аксонометрических проекций, но с разными названиями фигур: *А – прямоугольник; Г – квадрат; Б, В, Д – параллелограмм*.

**Пример 7.** Построить аксонометрию ромба (или параллелограмма) находящегося во фронтальной проекции (решение 7.1) и в горизонтальной проекции (решение 7.2), используя многокритериальное построение.

*Решение 7.1.* По критериям 2, 3, 4 изображение ромба (или параллелограмма) должно быть *простым, наглядным с коэффициентами искажения* соответствующими каждому из пяти видов аксонометрических проекций: *А, Б, В, Г, Д* с общим названием – *четырёхугольник*.

*Решение 7.2.* По критериям 2, 3, 4 изображение ромба (или параллелограмма) должно быть *простым, наглядным с коэффициентами искажения* соответствующими каждому из пяти видов аксонометрических проекций: *А, Б, В, Г, Д* с общим названием – *четырёхугольник*.

**Пример 8.** На рис. 1,а изображен шестиугольник в горизонтальной проекции, где за оси координат *X* и *Y* приняты его оси симметрии. На рис. 1,б изображена прямоугольная изометрическая проекция этого объекта [2, с. 55]. Необходимо описать аксонометрию шестиугольника с помощью многокритериального построения.

*Решение 8.1.* По критериям 2, 3, 4 прямоугольная изометрическая проекция шестиугольника в данном случае является *простой и наглядной с коэффициентом искажения – 1*.

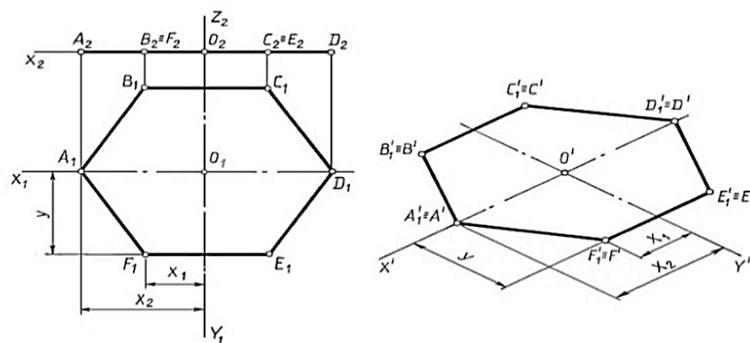


Рис. 1. Шестиугольник

*Действие 5.* В таблице приведены виды построения аксонометрии восьми простейших геометрических фигур в двух вариантах, когда каждая из восьми фигур сначала находится только во фронтальной проекции – 1, затем – только в горизонтальной проекции – 2. В скобках возле некоторых видов аксонометрии указаны номера используемых критериев и название аксонометрии, например: *В, Д* (2.1, 3.1, 4 – окружность).

Таблица

Виды аксонометрических проекций восьми простейших геометрических фигур по ГОСТ 2.317 – 69

№ п/п	Вид объекта	1. Виды аксонометрии объектов, находящихся во фронтальной проекции	2. Виды аксонометрии объектов, находящихся в горизонтальной проекции
1	Окружность	<i>В, Д</i> (2.1, 3.1, 4 – окружность). <i>А, Б, Г</i> (2.2, 3, 4 – эллипс)	<i>Г</i> (2.1, 3.1, 4 – окружность). <i>А, Б, В, Д</i> (2.2, 3, 4 – эллипс)
2	Треугольник	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – треугольник)	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – треугольник)
3	Квадрат    осям <i>xz</i> и <i>yx</i> ;	Оси <i>xz А, Б, Г</i> – ромб; <i>В, Д</i> – квадрат (1.1, 2.1, 3.1, 4)	Оси <i>yx А, В</i> – ромб; <i>Г</i> – квадрат; <i>Б, Д</i> – параллелограмм (1.1, 2, 3, 4)
4	Квадрат # осям <i>xz</i> и <i>yx</i> ;	Оси <i>xz А, Б, Г</i> – параллелограмм; <i>В, Д</i> – квадрат (1.2, 2, 3, 4)	Оси <i>yx А</i> – прямоугольник; <i>Г</i> – квадрат; <i>Б, В, Д</i> – параллелограмм (1.2, 2, 3, 4)
5	Прямоугольник    осям <i>xz</i> и <i>yx</i> ;	Оси <i>xz А, Б, В, Г, Д</i> (1.2, 2, 3, 4 – четырехугольник)	Оси <i>yx А, Б, В, Г, Д</i> (1.2, 2, 3, 4 – четырехугольник)
6	Прямоугольник # осям <i>xz</i> и <i>yx</i> ;	Оси <i>xz А, Б, В, Г, Д</i> (1.2, 2, 3, 4 – четырехугольник)	Оси <i>yx А, Б, В, Г, Д</i> (1.2, 2, 3, 4 – четырехугольник)
7	Ромб	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – четырехугольник)	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – четырехугольник)
8	Параллелограмм	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – четырехугольник)	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – четырехугольник)
9	Пятиугольник	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – пятиугольник)	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – пятиугольник)
10	Шестиугольник	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – шестиугольник)	<i>А, Б, В, Г, Д</i> (2, 3, 4 – шестиугольник)

*Действие 6.* Применение многокритериального построения аксонометрической проекции объекта, расположенного в пространстве, с помощью четырех критериев.

**Пример 9.** На рис. 2 [2, с. 56] изображены прямоугольная *изометрия* (рис. 2,б) и прямоугольная *диметрия* (рис. 2,в) прямой четырехгранной призмы, в основании которой – квадрат (рис. 2,а). Необходимо описать аксонометрии четырехгранной призмы, изображенной в прямоугольной изометрии (А) и в прямоугольной диметрии (Б) с помощью многокритериального построения.

*Решение 9.1.* По критериям 2.2, 3.2, 4 прямоугольная изометрия призмы является сложным и не наглядным изображением с коэффициентом искажения – 1.

*Решение 9.2.* По критериям 2.1, 3.1, 4 прямоугольная диметрия призмы является простым и наглядным изображением без искажения по осям  $x$  и  $z$  и с коэффициентом искажения 0,5 по оси  $y$ .

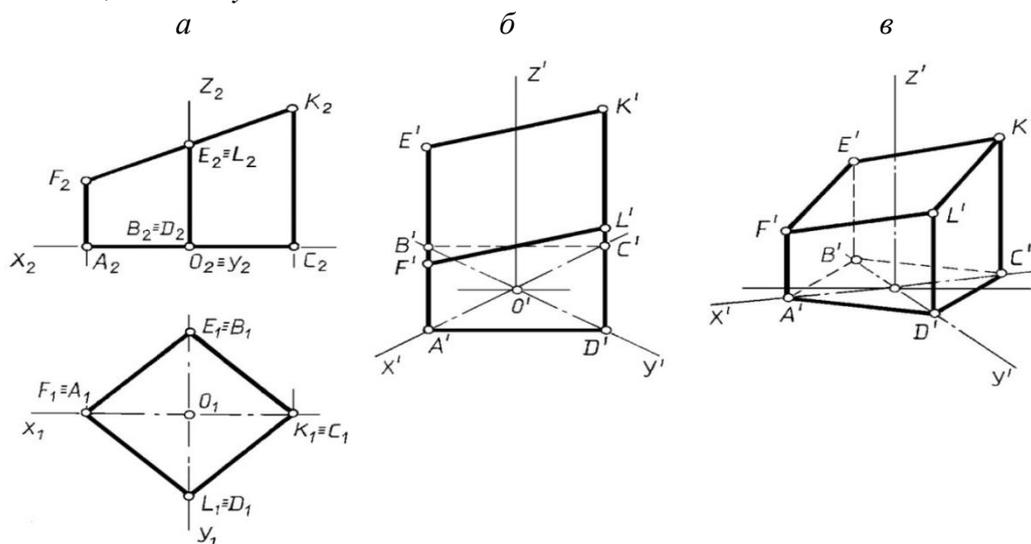


Рис. 2 Прямая четырехгранная призма

### Закключение.

1. Многокритериальное построение аксонометрических проекций более качественно и полно описывает объекты, что позволяет уменьшить трудности у обучающихся при изображении сложных технических форм.

2. Многокритериальное построение аксонометрии можно использовать не только для простейших плоских геометрических фигур (примеры 1 – 8), но и для более сложных деталей, расположенных в пространстве (пример 9).

3. В данной статье изложены только некоторые аспекты многокритериального построения аксонометрических проекций различных объектов. Эти аспекты в дальнейшем будут уточняться, и получат развитие.

### ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 2.317 – 69 Аксонометрические проекции.
- Начертательная геометрия: конспект лекций: в 2 ч. / Л.С. Корытко [и др.]; под ред. В.В. Тарасова. – Минск: БНТУ, 2011. – Ч. 2: Метрические задачи. Однокартинные изображения. – 118 с.