

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ АКСОНОМЕТРИИ В СССР

В. А. ВОСКРЕСЕНСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедр начертательной геометрии
томских вузов)

В 1967 г. в печати появилась статья Г. К. Николаевского [1], где был предложен общий метод выполнения аксонометрии изотопных преобразований пространства, при которых различные виды взаимоднозначных и непрерывных отображений сохраняют положение преобразуемой фигуры.

Автор считал возможным применять криволинейную аксонометрию, прежде всего, при построении наглядных изображений на поверхностях, рекомендуя в этом случае вводить термин панорамная аксонометрия, параллельная и центральная.

Поскольку пришлось упомянуть термин «параллельная аксонометрия», то возникает вопрос о том, что же было сделано еще в этой области после тех достижений, о которых говорилось в статьях [2, 3].

В ноябре 1955 г. в г. Батуми состоялось расширенное совещание работников кафедр начертательной геометрии и графики вузов СССР, где профессор-доктор Н. Ф. Четверухин в своем докладе [4] сообщил о тех работах, которые проводились по аксонометрии как центральной, так и параллельной. В частности, говоря о развитии параллельной аксонометрии, Н. Ф. Четверухин упомянул фамилию аспиранта Московского авиационного института К. П. Ворониной.

Диссертация последней, опубликованная в 1957 г. [5], представляла исследования, которые устанавливали простые графические связи на комплексном чертеже между ортогональными проекциями предмета и его аксонометрическими и перспективными изображениями.

К. П. Воронина рассматривала преимущественно параллельную аксонометрию с точки зрения ее построения. Центральной аксонометрией она не занималась, уделив внимание только перспективным (центральному) изображениям объекта по его заданным комплексным проекциям без проведения дополнительных построений.

Работы других авторов в области параллельной аксонометрии касались: а) исследований основных формул и теорем и б) практических способов построения и решения различных задач.

К подгруппе «а» можно отнести статьи А. И. Островского [6], М. В. Бурде [7, 8, 9], Р. Г. Шермазанова [10] и др. Из перечисленных здесь работ хочется остановиться на работе М. В. Бурде [7], предложившего доказательство основной теоремы параллельной аксонометрии, не прибегая к помощи аффинных соответствий, поскольку сущность последних

не рассматривается в курсах вузовских программ по начертательной геометрии.

Все доказательство автор проводит методом «преобразования фаз», т. е. последовательно вращает изображение трехосника вокруг его ребер и, тем самым, определяет в пространстве направления проецирующего луча.

Интересные исследования появились в области номографирования аксонометрических проекций. Одними из инициаторов этого направления можно считать А. И. Островского и М. В. Бурде. Последний в одной из своих статей [9] установил области существования параллельной аксонометрии для построения номограмм.

Дополнительные исследования теоремы Польке провел Р. Г. Шермазанов [10], который осветил вопросы, касающиеся: а) величины проецируемых трех равных и взаимноперпендикулярных отрезков (ребер тетраэдра); б) положения аксонометрической плоскости; в) направления и угла проецирования.

Исходными материалами при решении вышеуказанных вопросов послужили труды самого автора, изложенные в 1946 г. в его диссертационной работе: «Зависимость между элементами аксонометрического и ортогонального проектирования».

Из работ подгруппы «б» можно отметить следующие: Н. Т. Чуви́кова [11], И. А. Добряковой [12], А. М. Хаскина [13], уделившего внимание выполнению истинного вида плоских фигур в центральной аксонометрии, Г. К. Николаевского [14], Р. Х. Хорунова [15], А. Г. Артюховской [16], которая в своей работе рассмотрела связь между центральной и параллельной аксонометрией и сделала вывод, что аксонометрические проекции являются границей между прямой и обратной перспективой, А. П. Логинова [17] и др.

Как видно из этого перечня фамилий авторов, можно судить о значительном внимании наших ученых к аксонометрическим проекциям.

Вопросы центральной и параллельной аксонометрии трехмерного пространства нашли широкое применение и в многомерном пространстве, главным образом, при изображении многокомпонентных систем на плоскости.

На это оказало влияние дальнейшее развитие химической технологии и, в частности, технологии стекла, заставившее обратить внимание на усовершенствование изображений вышеупомянутых систем. Продолжателями этого направления явились Л. Н. Ламбин, Н. Н. Ермоленко [18].

Предложенный ими метод построения диаграмм пяти- и шестикомпонентных систем основан на аксонометрии многомерных симплексов, точки которых изображают составы изучаемых систем.

Впоследствии в 1963 г. Л. Н. Ламбин выполнил кандидатскую диссертацию, где исследовал весьма актуальный вопрос — применение теории полноты изображений к многомерному пространству.

Теория полноты изображений, созданная профессором Н. Ф. Четверухиным, оказала большое влияние на решение геометрических задач трехмерного пространства, но использованием ее в n -мерном пространстве практически занимались мало.

Л. Н. Ламбин довольно основательно разработал теорию позиционной и метрической полноты для пространства многого числа измерений предложив ряд существенных теорем [19].

Используя соответствующий теоретический базис, автор сумел показать на практике построение диаграмм пятикомпонентных систем, основанное на аксонометрическом изображении многомерных симплексов.

В 1959 г. вышла в свет монография Ф. М. Перельман [20], где были описаны методы изображения многокомпонентных систем, причем основное внимание уделялось способу проектирования четырехмерных геометрических фигур, представляющему дальнейшее развитие и усовершенствование метода В. П. Радищева [21].

В книге довольно подробно описаны простейшие четырехмерные фигуры, применяемые в физико-химическом анализе, такие, как тетраэдрический гексаэдрон (Π_8^6), призматический гексаэдрон (Π_9^6) и гептаэдрон (Π_{12}^7), пирамидальные гексаэдрон (Π_7^6) и гептаэдрон (Π_9^7). Буква «П» (полиэдрон) является символом, обозначающим 4-мерную фигуру; нижний индекс указывает на число вершин, а верхний индекс — на число ограничивающих трехмерных фигур.

Работа Ф. М. Перельман представляет интерес, в особенности для лиц, интересующихся использованием четырехмерного пространства.

В некоторых случаях расположения проектируемых элементов в пространстве, аксонометрические проекции не всегда дают нужную наглядность и точность решения задачи, в особенности для графического расчета многокомпонентных систем.

В связи с этим, Г. М. Дешевой в своей работе [22] установил наиболее простые проекционные связи между аксонометрией четырехкомпонентных систем и комплексными проекциями. Сама по себе задача, решаемая автором, вызывает бесспорный интерес, но из-за некачественных поясняющих текст чертежей и некоторых опечаток она не всегда может быть правильно понята читателем.

Учитывая, что начертательная геометрия, как математическая наука, должна быть связана с аналитической геометрией, некоторые исследователи стали применять методы последней для построения аксонометрии. В частности, М. М. Юдицкий предложил выполнять многомерные аксонометрические проекции в прямоугольной системе координат методами аналитической геометрии [23].

Для этого, прежде всего, определяют координаты точек многомерного аксонометрического чертежа как в центральной, так и в параллельной проекциях путем совместного решения уравнений проектирующих прямых и гиперплоскости.

Автор вывел формулы зависимости между показателями искажения в косоугольной и прямоугольной аксонометрии, построенной на гиперплоскости пространства n -измерений.

Кроме этого, М. М. Юдицкий установил, что аналитический метод определения координат любой точки аксонометрического изображения по координатам точки оригинала в пространстве многих измерений и построение этого изображения в прямоугольной системе координат дают возможность вычертить n -мерный аксонометрический чертеж с помощью координатометра, управляемого электрической машиной.

Мы считаем, что работа М. М. Юдицкого в области многомерной аксонометрии в сочетании с аналитической геометрией является одной из первых, исследующей данный весьма интересный и нужный вопрос.

Хочется еще обратить внимание на статью Л. А. Яцкевич [24], где последний установил зависимость между направлением проектирования, положением аксонометрических осей и показателями искажения, а также определил область существования ортогональной аксонометрии четырехмерного евклидова пространства E^4 . Для получения нужных результатов автор в значительной степени использует математический аппарат аналитической геометрии и линейной алгебры, тем самым еще раз подтверждая связь начертательной геометрии с математикой.

В своей работе Л. А. Яцкевич использует не только отечественную литературу, но и иностранную (Скоуте, Зоммервиль, Шопп). Результаты, полученные Л. А. Яцкевич, имеют несомненно большое значение для дальнейших исследований в области многомерной аксонометрии.

Развивая теорию аксонометрических проекций и используя полученные результаты для решения практических задач, многие авторы ставили и ставят вопрос о наиболее быстрых и удобных способах построения наглядных изображений с помощью обычных чертежных инструментов, а также путем механизации и автоматизации выполнения любого вида проекций.

Задача, возникшая в связи с изобретениями различных приборов для механического построения аксонометрических и перспективных проекций, заключается в настоящее время в том, чтобы установить, какому прибору следует отдать предпочтение и утвердить его в качестве неотъемлемой части оборудования институтских чертежных и заводских конструкторских бюро.

Одной из попыток систематизировать и дать краткое описание основных механизмов для черчения и преобразования проекций предприняли Г. Б. Вальц и Г. А. Ушаков, которые в 1960 г. опубликовали по этому вопросу специальную книгу [25], где дали описание конструкций многих приборов как отечественных, так и иностранных.

Однако авторы не привели сравнительный анализ существующих механизмов для построения наглядных изображений и поэтому не могли дать рекомендаций одной какой-либо модели для максимального внедрения ее на производстве и в чертежные кабинеты высшей школы.

Следовательно, этот вопрос остается еще в силе и требует в дальнейшем новых подробных исследований всех существующих аксонографов с точки зрения простоты их конструкций, установки и скорости выполнения изображений.

В 1966 г. вышла из печати брошюра В. М. Шитова [26], где очень кратко сказано о преобразующих чертежных приборах и машинах, в частности аксонографов. Автор отметил весьма простую конструкцию аксонографа, предложенную М. М. Юдицким. Прибор состоит из обычной и двойной рейшин, что дает возможность изготовить его собственными силами. Недостатком прибора В. М. Шитов считает невозможность строить линии в аксонометрии непрерывно, что заставляет соединять полученные отдельные точки по линейке или лекалу.

Далее автор отметил теоретическую разработку автоматического аксонографа аспирантом А. Ф. Бабушкиной в 1960 г., написавшей диссертацию «Некоторые вопросы автоматизации наглядных изображений».

К одним из первых инициаторов идеи автоматизации преобразования изображений следует отнести Н. Д. Багратиони [29], которая по этому вопросу сделала сообщение на Рижской конференции по начертательной геометрии в 1957 г. Автор предложил электрическую систему чтения чертежа, с помощью которой можно получить аксонометрическое изображение. При этом, в зависимости от расположения отклоняющих катушек приемной трубки получают косоугольную и прямоугольную аксонометрические проекции. В этом случае мы будем иметь только наглядное изображение на экране. Следовательно, такой вид аксонометрии можно использовать в качестве пояснения сложного комплексного чертежа.

Для того, чтобы построить нужную аксонометрию по данным ортогональным проекциям, следует иметь не электрическую систему чтения последних, а аксонограф, который в отличие от механических конструкций обладал способностью автоматического исполнения. Такой «автоаксонограф» предложил Н. Л. Русскевич [27]. Этот прибор автор предназнача-

ет для замены ручного труда инженеров-маркшейдеров, архитекторов, конструкторов и т. п., применяемого для вычерчивания аксонометрии. Главное преимущество предложенной конструкции заключается в полной автоматизации снятия исходного изображения и вычерчивания аксонометрии плоских фигур.

К недостаткам прибора, на наш взгляд, следует отнести сложность построения аксонометрических проекций тел, так как для этого надо вычерчивать ряд плоских параллельных сечений данного тела и потом монтировать объемное изображение.

Автоаксонограф Н. Л. Русскевича является дальнейшим претворением в практику идеи автоматического исполнения аксонометрических проекций, начало осуществления которой положила конструкция электрического аксонографа А. В. Дмитриевского [28].

Рассмотрев вышеупомянутые работы, можно сделать следующие выводы:

1. Одним из первых исследователей, применивших криволинейную аксонометрию на практике, можно считать Г. К. Николаевского.

2. В области параллельной аксонометрии следует отметить статью М. В. Бурде [8], предложившего более простое доказательство теоремы Польке, без использования аффинных соответствий.

3. Заслуживает внимания работа Л. Н. Ламбина, в которой установлена полнота изображений многомерных объектов [19].

4. Одной из первых монографий по классификации изображений многокомпонентных систем можно считать книгу Ф. М. Перельман [20].

5. Заметно возросло число научно-исследовательских работ по начертательной геометрии вообще, а по аксонометрии в особенности, выполненных в контакте с математикой, о чем свидетельствуют статьи Л. А. Яцкевич [24], Г. К. Николаевского [14] и др.

6. В области выполнения аксонометрических проекций с помощью приборов был сделан значительный шаг вперед, характеризуемый созданием электро-, авто- и видеоаксонографов (А. В. Дмитриевский [28], Н. Л. Русскевич [27], Н. Д. Багратиони [29] и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. К. Николаевский. Аксонометрия изотопных преобразований пространства, Изд. Саратовского университета, 1957.
2. В. А. Воскресенский. Краткий очерк развития аксонометрии в Советском Союзе. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижского инст. инж. возд. флота, 1960.
3. В. А. Воскресенский. О теоретических исследованиях в области аксонометрии. Изд. ТГУ, Изв. ТПИ, т. 143, 1966.
4. Н. Ф. Четверухин. О научно-исследовательской работе в области начертательной геометрии. Труды Груз. политехнического института. Сб. «Начертательная геометрия и инженерная графика». № 1 (49), Тбилиси. Изд. Груз. политех. инст., 1957.
5. К. П. Воронина. Свойства полей проекций и их применение к построению изображений. Изв. Воронежского государственного педагогического института. т. XXIV, 1957.
6. А. И. Островский. Основные формулы параллельной аксонометрии. Сб. трудов Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., Гостехиздат, 1958.
7. М. В. Бурде. Восстановление масштабного трехосника по его параллельной проекции методом преобразования фаз. Сб. трудов Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., «Советская наука», 1958.

8. М. В. Бурде. Новое доказательство некоторых теорем прямоугольной аксонометрии. Сб. трудов Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., «Советская наука», 1958.
9. М. В. Бурде. Области существования параллельной аксонометрии, как основания для построения номограмм. Сб. трудов Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., «Советская наука», 1958.
10. Р. Г. Шермазанов. О теореме Польке. Труды Груз. политехн. института. Сб. «Начертательная геометрия и инженерная графика». № 1 (49), Тбилиси, Изд. Груз. политехн. института, 1957.
11. Н. Т. Чувиков. Преобразование ортогональных проекций. М., «Советская наука», 1957.
12. И. А. Добрякова. О применении вспомогательных аксонометрических проекций. Сб. трудов Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., «Советская наука», 1958.
13. А. М. Хаскин. Некоторые вопросы исследования аксонометрических проекций. Труды Украинской конференции по вопросам начертательной геометрии и инженерной графики. Киев, 1958.
14. Г. К. Николаевский. Об одной разновидности метода двух параллельных проекций. Сб. «Инженерная графика», вып. I. Харьков. Изд. Харьков. университета, 1963.
15. Р. Х. Хорунов. К вопросу построения плоских сечений тел в аксонометрии. Вопросы нач. геом. и инж. графики, вып. 39, Изд. ФАН Узб. ССР, 1966.
16. А. Г. Артюховская. Построение ряда связанных наглядных изображений в центральной и параллельной аксонометрии. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижск. инст. инж. возд. флота, 1960.
17. А. П. Логинов. Оптимальные значения радиусов r и R дуг окружностей овала при построении окружности в аксонометрии. Сб. трудов Приволжского совета, вып. I, Саратов. Изд. Сарат. универс., 1967.
18. Л. Н. Ламбин, Н. Н. Ермоленко. Метод изображения многокомпонентных систем на плоскости. Труды Украинской конференции по вопросам начертательной геометрии и инженерной графики. Киев. Изд. МВО УССР, 1958.
19. Л. Н. Ламбин. Теория полноты изображения многомерных объектов. Труды Московского научно-методического семинара по начертательной геометрии и инженерной графике, вып. II. М., 1963.
20. Ф. М. Перельман. Методы изображения многокомпонентных систем. М., Изд. АН СССР, 1959.
21. В. П. Радищев. О методах изображений, применяемых в физико-химическом анализе. В кн.: Н. С. Курнаков «Введение в физико-химический анализ», изд. 4-е, АН СССР, 1940.
22. Г. М. Дешевой. Применение метода проекций с числовыми отметками для решения позиционных задач в аксонометрии. Сб. трудов Ленинградского механического института, вып. № 21. Л., Изд. Ленингр. механ. института, 1961.
23. М. М. Юдицкий. Построение многомерного аксонометрического чертежа в прямоугольной системе координат методами аналитической геометрии. Тезисы докладов II научно-методической конференции по нач. геометрии и инж. графике вузов Узб. ССР с участием представителей вузов братских республик. Ташкент. Изд. Ташк. инст. инж. жел. дор. транспорта, 1965.
24. Л. А. Яцкевич. Основные положения аксонометрии n -мерного евклидова пространства E^n . Вопросы прикладной геометрии. Сб. работ аспирантов и соискателей. М., Изд. Моск. авиац. инст., 1966.
25. Г. Б. Вальц, Г. А. Ушаков. Механизмы для черчения и преобразования проекций. Харьков. Изд. Харьк. университета, 1960.
26. В. М. Шитов. Механизация чертежно-конструкторских работ. М., «Машиностроение», 1966.

27. Н. Л. Рускевич. Автоматический фотоэлектрический аксонограф. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижского инст. инж. возд. флота, 1960.

28. А. В. Дмитриевский. Теория и конструкция электрического аксонографа. Труды Груз. политехн. института. Сб. начертательной геометрии и инженерной графики. № 1 (49), Тбилиси, Изд. Груз. политехн. инст., 1957.

29. Н. Д. Багратиони. Идея автоматизации преобразования изображений. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижского института инженеров воздушного флота, 1960.
