

УДК 514.181.6

Аксонметрические проекции в России: вчера, сегодня, завтра

Н. А. Елисеев, Ю. Г. Параскевопуло, Н. Н. Елисеева

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Елисеев Н. А., Параскевопуло Ю. Г., Елисеева Н. Н. Аксонметрические проекции в России: вчера, сегодня, завтра // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 2. — С. 414–423. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-414-423

Аннотация

Цель: В работе рассмотрены: история развития аксонметрических проекций, установлен вклад отечественных ученых в теорию данного метода, проведен анализ сегодняшнего состояния нормативной базы, обоснована необходимость внесения изменений в действующий стандарт. В статье, опираясь на архивные и рукописные источники, показан путь последовательного возникновения, развития и совершенствования теории аксонметрических проекций, показаны примеры использования ее в различные периоды. Установлен вклад российских ученых в совершенствование теории метода аксонметрии, и рассмотрено применение ее в строительстве и промышленности. Показаны главные преимущества аксонметрии: наглядность и возможность определения параметров реального объекта по таким изображениям. Проанализированы неточности представления теории аксонметрии в современных нормативных документах. Указана необходимость изображения аксонметрических осей при построении изображений. Аксонметрические проекции рассмотрены как элемент САПР, что позволяет создавать единую информационную модель объекта, проводить совместную работу различных специалистов на этапах проектирования, обеспечивать хранение и редактирование информации об объекте. **Методы:** Для достижения результатов выполнены ретроспектива, анализ, сравнение и обобщение исторических, научных и нормативных источников. **Результаты:** Обоснована необходимость внесения изменений в действующий нормативный документ. **Практическая значимость:** Правильное отображение теории аксонметрии в нормативном документе устранил противоречия при применении в практике и в подготовке специалистов.

Ключевые слова: Аксонметрическая проекция, комплексный чертеж, параллельное проецирование, геометрическое моделирование, аксонметрические оси, обратимость чертежа, трехмерное твердотельное моделирование, информационное моделирование.

Введение

При проектировании плоскостных и объемных объектов разрабатываются их чертежи, получаемые методом ортогонального проецирования на одну или несколько плоскостей. По чертежам, используя стандартные методы, устанавливаются истинные размеры объектов и их частей, но по ним не всегда возможно получить полное представление об изображаемом объекте.

Актуальность теории аксонметрических проекций объясняется наглядностью и точностью их построения. Преимущества аксонметрических проекций наиболее очевидны в инженерно-строительной, машиностроительной и архитектурной практике, где построение данных проекций получило особо широкое применение. При помощи данных проекций иллюстрируются общие виды (фасады) проектируемых зданий и сооружений, конструкции перекрытий,

сложных узлов, врубок, частей железобетонных конструкций и т. п.

Становление и развитие аксонометрии (вчера)

С давних времен люди стремились изобразить окружающий мир с возможной достоверностью, используя различные приемы. Доаксонометрические изображения появились в глубокой древности. Для передачи глубины картины приемы условной аксонометрии использовались в Египте, Месопотамии, древней Греции, древнем Риме, Византии, странах средневековой Европы. В Древней Руси данные приемы применялись совместно с другими способами изображения.

Условная аксонометрия использовалась при составлении планов и карт, первые изображения появились в связи с необходимостью определять границы земельных участков, составлять схемы торговых путей, военных и прочих объектов. Выглядели такие планы, как эскизы без определенного масштаба, но с примерным соблюдением расстояний между зданиями, сооружениями и другими доминирующими объектами. Сами объекты изображались в виде схематичных рисунков с использованием условной аксонометрии.

Развитие европейского общества, техники и производства вызвало необходимость развития и совершен-

ствования методов изображения. Возникла необходимость разработки способа и принципов построения наглядных изображений для представления достоверного образа объекта, наиболее приближенного к реальному объекту. Таким способом явилась практическая аксонометрия.

К концу XVI в. аксонометрические проекции получили более широкое распространение. Разработке теории и практики проекций посвящены работы французского математика Жерара Дезарга, немецкого математика Иоганна Кеплера, немецкого живописца Альбрехта Дюрера и др.

Появление первых чертежей в строительстве относится к XVII веку. С развитием в XVIII в. таких наук, как геодезия, картография, начертательная геометрия и инженерная графика, изображения планов объектов становятся все более похожими на современные. Появляются такие понятия, как масштаб, условные обозначения. Чертежи применяются для изображения сухопутных, речных путей и границ [1]. Наглядность изображений достигалась применением нескольких точек зрения, а также методами центрального и параллельного проецирования (рис. 1) [2].

Первым в российской школе начертательной геометрии применил изображения, близкие к аксонометрическим, инженер-путеец, выпускник и профессор Института корпуса инженеров путей сообщения —

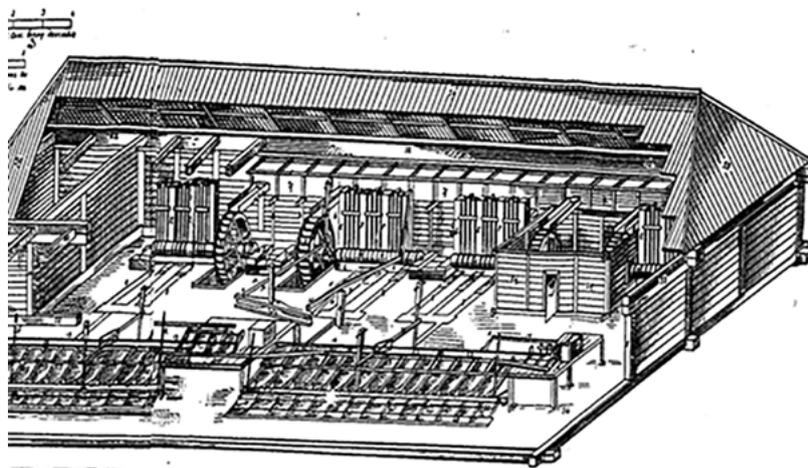


Рис. 1. Аксонометрия здания фабрики. Фрагмент чертежа Змеиногорского рудника. К. Д. Фролов. 1779 г.

ИКИПС Я. А. Севастьянов, основоположник начертательной геометрии в России [3, 4].

Впервые опубликовал работу «Об изометрической проекции» на русском языке в «Журнале главного управления путей сообщения и публичных зданий» профессор, инженер-путеец А. Х. Редер в 1855 г. [5].

Русские ученые — профессор Н. И. Макаров (1824–1904) [6] и профессор ИКИПС, инженер-путеец В. И. Курдюмов (1853–1904) [7] — издали ряд научных работ, где излагалась теория и развитие методов изображений. Курдюмов предлагает образец изометрической клетчатки, доказывает, что для точного определения положения объекта в пространстве необходимы его проекции и аксонометрические оси. В зависимости от расположения плоскостей проекций и направления проецирования он устанавливает виды аксонометрических проекций. Особое внимание уделяет рассмотрению прямоугольной изометрической и косоугольной проекции, показывает применение аксонометрических проекций для интерполирования земляных профилей, подробно описывает выполнение аксонометрических эскизов. Он отмечает необязательность отображения аксонометрических координатных осей на чертежах, так как они совпадают с направлениями главнейших измерений предмета, ребрами объекта или осями координат.

В конце XIX века профессор Московского университета Ф. Е. Орлов определил зависимости между осями диметрии и триметрии. В 1884 г. А. Фролов [8] представил теоретическое обоснование метода параллельного косоугольного проецирования. С 1902 г. в работах российских ученых стала исследоваться теорема Польке — Шварца, являющаяся основной теоремой аксонометрии. Профессор ЛИИЖТ, инженер-путеец Д. И. Каргин (1880–1949) посвятил этой теме свои работы по теории аксонометрии и перспективы [9–18]. Профессор Д. И. Каргин в диссертации «Точность графических расчетов» [19] и в работе «Исторические данные о глазе» [20] вывел зависимость порога узнавания величины и формы объекта от угла поворота к линии взора при различных дис-



Рис. 2. Миниатюра. XVII–XVIII вв.

танциях наблюдения. Об этом же он писал при исследовании древнерусской иконописи и книжной миниатюры. Исследовались источники в XVI–XVII вв., где иллюстрировались процессы строительства зданий, изготовления сложных изделий (рис. 2) [21]. Можно заметить, что изображение выполнено во фронтальной аксонометрии.

Продолжили исследования в области аксонометрических проекций российские ученые Н. А. Рынин, А. И. Добряков, Н. Ф. Четверухин и др.

В 1980 г. Б. В. Раушенбах [22] доказал с применением методов математического моделирования и закономерностей зрительного восприятия человека, что близкорасположенные объекты воспринимаются

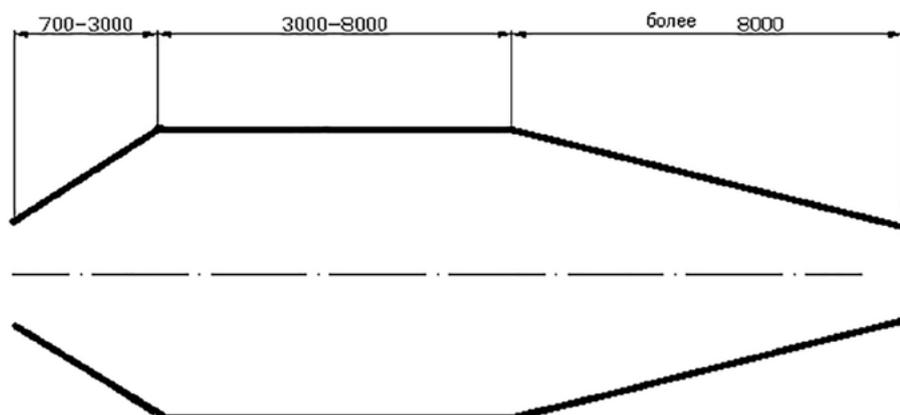


Рис. 3. Восприятие параллельных прямых на различном расстоянии

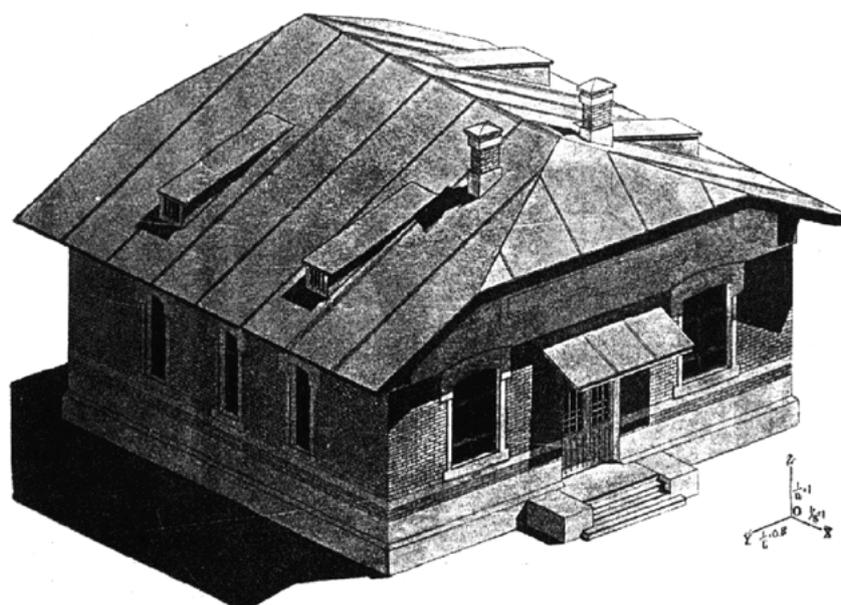


Рис. 4. Аксонометрия здания с падающими тенями

наблюдателем в обратной перспективе, для объектов среднего плана — в аксонометрии, а для удаленных областей пространства — в линейной перспективе (рис. 3).

С течением времени теория аксонометрии постоянно развивалась и совершенствовалась.

В первых стандартах ОСТ 350-358 (1928) и ОСТ 7534 (1936) [23], необходимых для единой технической терминологии, для выполнения на чертежах устанавливались три вида стандартных аксонометрических проекций: прямоугольные изометрия и диметрия, а также косоугольная фронтальная изометрия.

Применение аксонометрических проекций в практике (сегодня и завтра)

Сегодня аксонометрические проекции применяются во многих областях техники, в дизайне и изобразительном искусстве.

При выполнении технической документации на строительство, монтаж либо изготовление объекта необходимо дополнять комплект чертежей наглядным изображением объекта. Аксонометрия способна быть визуальным носителем информации об объекте. Простота построения аксонометрических проекций определяет их применение, данные проекции обладают

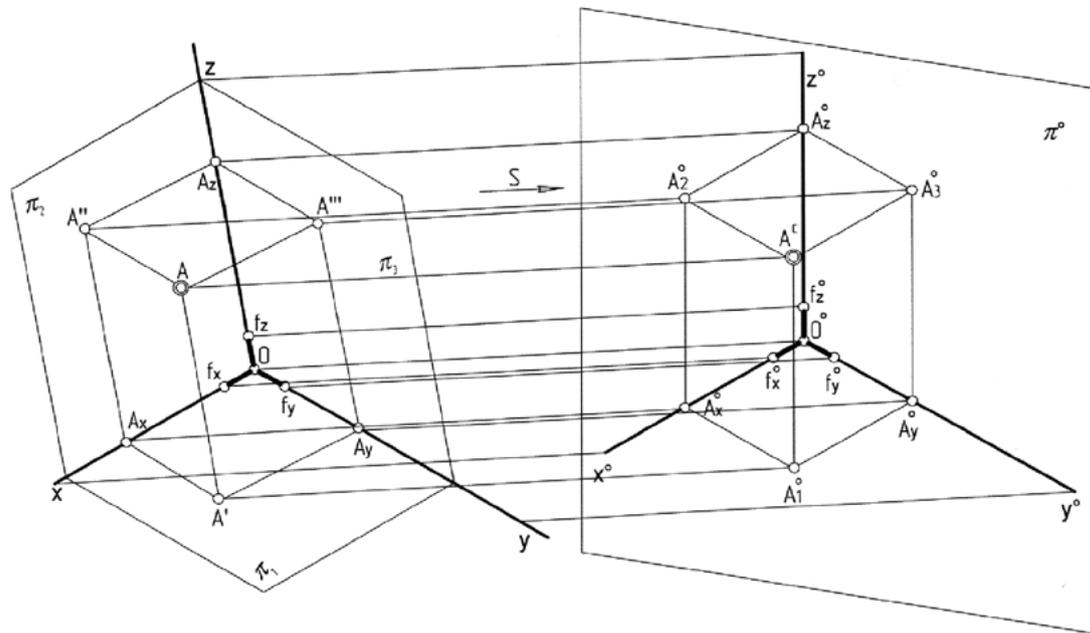


Рис. 5. Теоретическая модель аксонометрического проецирования

не только свойством наглядности, но и одновременно свойством обратимости, специалист может представить не только форму, но и положение объекта в пространстве (рис. 4).

Все вышеуказанные исследования ученых показывают, что аксонометрическая проекция — это параллельная проекция геометрического объекта вместе с координатной системой, к которой он отнесен, на специально выбранную плоскость π^0 (рис. 5).

Для различных видов аксонометрий при различных углах наклона проецирующих лучей к картине σ возникают различные коэффициенты искажения k_i по осям.

Теоретическими исследованиями установлена следующая зависимость коэффициентов искажения и угла наклона [23]:

$$k_1^2 + k_2^2 + k_3^2 = 2 + \operatorname{ctg}^2 \sigma.$$

Используя данную зависимость, можно установить коэффициенты искажения по осям для различных типов аксонометрических проекций. Так, в прямоугольных аксонометриях угол наклона лучей $\sigma = 90^\circ$, значит:

$$k_1^2 + k_2^2 + k_3^2 = 2.$$

В прямоугольной изометрической аксонометрии коэффициенты искажения по осям равны $k_1 = k_2 = k_3 = k$, следовательно:

$$3k^2 = 2; k = \sqrt{2/3} \approx 0,82.$$

В прямоугольной диметрической аксонометрии размеры по оси y уменьшаются в два раза $k_1 = k_3 = k$, а $k_2 = 0,5k$, следовательно:

$$2k^2 + 0,25k^2 = 2; k = \sqrt{8/9} \approx 0,94, \text{ т. е.}$$

$$k_1 = k_3 = 0,94; k_2 = 0,47.$$

Применяемые в инженерной практике проекции включены в государственный стандарт [24], где установлены основные пять типов проекций и коэффициенты искажения. Необходимо подчеркнуть, что в указанном нормативном документе имеется неточность в определении аксонометрической проекции, что вносит противоречия при практическом применении аксонометрии и подготовке специалистов.

ГОСТ устанавливает, что аксонометрической является «проекция на плоскость с помощью параллельных лучей, идущих из центра проецирования (который удален в бесконечность), через каждую

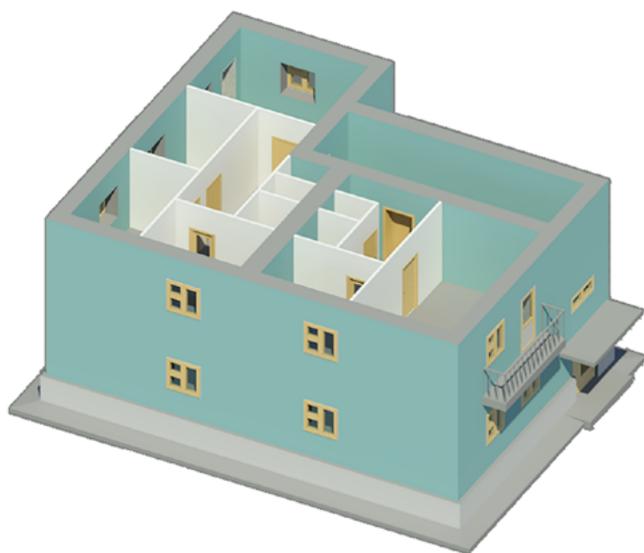


Рис. 6. 3D-модель здания, выполненная в программе Revit

точку объекта до пересечения с плоскостью, на которую проецируется объект».

Построенное в соответствии с приведенным определением изображение не будет обратимым. Отсутствие аксонометрических осей не позволяет установить форму, размеры объекта и его положение в пространстве. Помимо этого, под данное определение подходит любая параллельная проекция, например построение падающих теней. Падающая тень (рис. 4) от здания является совокупностью точек пересечения световых лучей s , проходящих через точки крыши здания, с поверхностью, на которую падает тень.

Для приведения определения в соответствие с теорией метода в стандарт необходимо внести изменения. Надлежит вернуться к определению, вытекающему из исследований ученых: «аксонометрическая проекция — это параллельная проекция геометрического объекта вместе с координатной системой, к которой он отнесен, на специально выбранную плоскость π^0 » [23–26].

Теоретические представления, нормативная база и практический опыт специалистов при построении аксонометрических проекций нашли свое воплощение в разработке систем автоматизированного проек-

тирования объектов. За последние годы разработаны различные CAD/CAM/CAE системы, имеющие различные области применения.

При помощи САПР формируются модели сложной техники, объектов строительства, искусственных сооружений и др. Учитывая, что графическая информация и ее визуальное восприятие в процессе проектирования имеют все возрастающее значение, обработка информации в виде геометрических моделей средствами компьютерной графики, особенно геометрическое 3D-моделирование [26, 27], приобретает актуальность.

В процессе работы модуля трехмерного твердотельного моделирования создается виртуальная математическая модель детали, изделия и т. п., имеющая реальные физические свойства и т. д.

Дальнейшим шагом в развитии моделирования можно считать информационное моделирование, получившее свое начало в сфере проектирования объектов капитального строительства [28]. Создаваемая посредством специализированных программ Revit, Allplan, Archicad, Renga, трехмерная геометрическая модель здания «наполняется» информацией, в том числе снабжается пространственно-временными привязками, обеспечивая представление всех физических и функциональных характеристик объекта. В результате такого подхода к проектированию предполагается получение единой информационной модели объекта, позволяющей не только проводить совместную работу различных специалистов на этапе проектирования, но также хранить, обмениваться и своевременно редактировать всю имеющуюся информацию. Такой принцип работы, конечно, требует на начальном своем этапе некоторых затрат, но в то же время позволяет существенно упростить совместную работу над проектом, избежать коллизий при проектировании, а также на финальном этапе позволяет быстро получать всю необходимую информацию об объекте, включая чертежи, визуальные образы и наглядные изображения (рис. 6).

Заключение

Метод аксонометрических проекций постоянно развивается и совершенствуется. Научные и практические разработки российских ученых являются основой для дальнейшего развития методов изображения и создания виртуальных математических моделей объектов с применением различных систем автоматизированного проектирования.

Основываясь на истории развития и современной теории метода аксонометрических проекций, можно утверждать, что в действующий стандарт ГОСТ 2.317 надлежит внести изменения. Следует установить следующее определение: аксонометрическая проекция — это параллельная проекция геометрического объекта вместе с координатной системой, к которой он отнесен, на специально выбранную плоскость.

Библиографический список

1. Воронин Н. Н. Очерки по истории русского зодчества / Н. Н. Воронин. — М.-Л., 1934.
2. Виргинский В. С. Творцы новой техники в крепостной России: Очерки жизни и деятельности выдающихся русских изобретателей XVIII — пер. пол. XIX века / В. С. Виргинский. — М.: Госиздат, 1962. — 406 с.
3. Севастьянов Я. А. Основания начертательной геометрии / Я. А. Севастьянов. — СПб., 1821. — 186 с.
4. Севастьянов Я. А. Приложение начертательной геометрии к воздушной перспективе, к проекции карт и к гномонике / Я. А. Севастьянов. — СПб., 1831. — 157 с.
5. Редер А. Х. Об изометрической проекции / А. Х. Редер. СПб., 1861.
6. Макаров Н. И. Исторический очерк развития перспективы, как науки / Н. И. Макаров. — СПб., 1880. — 38 с.
7. Курдюмов В. И. Курс начертательной геометрии. Отдел I. Введение. Проекция ортогональные. Часть I. Проекция точек, линий и плоскостей / В. И. Курдюмов // Сборник Института Инженеров путей сообщения Императора Александра I. — Вып. XXXII. — СПб., 1895. — 431 с.
8. Фролов А. Дополнения к элементарной начертательной геометрии / А. Фролов // Элементарная начертательная геометрия с чертежами в тексте и с задачами для самостоятельной работы учащихся. Для реальных училищ. — СПб., 1884.
9. Каргин Д. И. К истории графики / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 191, б/д. — 215 л.
10. Каргин Д. И. Изображения у народов Древнего Востока архитектурных форм / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 197, б/д. — 28 л.
11. Каргин Д. И. Техническая графика античной Греции / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 194, б/д. — 3 л.
12. Каргин Д. И. Искусство древнего Востока // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 272, б/д. — 66 л.
13. Каргин Д. И. Очерк развития технической графики / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 193, б/д. — 76 л.
14. Каргин Д. И. Техническая графика в допетровской Руси / Д. И. Каргин. — Л., 1941. — 38 с.
15. Каргин Д. И. Чертежное дело в России в XVIII в. / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 193, 1949. — 183 л.
16. Каргин Д. И. Успехи науки технической графики за XXX лет Советской власти / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 32, 1947. — 336 л.
17. Каргин Д. И. Роль Института инженеров путей сообщения в деле насаждения начертательной геометрии в России / Д. И. Каргин // Тез. докл. IV научно-техн. конф. ЛИИЖТа. — Л.: ЛИИЖТ, 1939. — С. 146–147.
18. Каргин Д. И. Техническая графика в Древней Руси / Д. И. Каргин // Тез. докл. X научно-техн. конф. ЛИИЖТа. — Л.: ЛИИЖТ, 1947. — С. 158.
19. Каргин Д. И. Точность графических расчетов / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 10, II ч., 1937. — 383 л.
20. Каргин Д. И. Исторические данные о глазе. Глаз — анатомия и другое / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 27, б/д. — 47 л.
21. Каргин Д. И. Техническая графика в допетровской Руси / Д. И. Каргин // ПФА РАН, ф. 802, оп. 1, ед. хр. 190, 1940. — 195 л.

22. Раушенбах Б. В. Пространственные построения в живописи / Б. В. Раушенбах. — М.: Наука, 1980. — С. 165–184.
23. Каргин Д. И. Выбор наивыгоднейших аксонометрических проекций / Д. И. Каргин // ПФА РАН ф. 802, ед. хр. 302, 1938. — 104 л.
24. ГОСТ 2.317—2011. Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции. — М.: АО «Кодекс», 2023. — 8 с.
25. Елисеев Н. А. Профессор Д. И. Каргин — исследователь истории и теории аксонометрии / Н. А. Елисеев. — Русская наука в биограф. очерках: Деятели русской науки. — СПб.: «Дмитрий Буланин»: СПбФ ИИЕТ, 2003. — С. 55–65.
26. Елисеев Н. А. Инженерная и компьютерная графика, Ч. 1: курс лекций / Н. А. Елисеев, Ю. Г. Параскевопуло, Д. В. Третьяков. — СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. — 145 с.
27. Елисеев Н. А. Роль технической графики в передаче информации / Н. А. Елисеев // Проблемы информатики: философия, науковедение, образование. Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. — С. 297–300.
28. Елисеев Н. А. Изучение информационного моделирования зданий и сооружений в рамках дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» / Н. А. Елисеев, Н. Н. Елисеева, Е. Н. Параскевопуло // Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии: материалы VII Международной научно-практической интернет-конференции (09.06.2020). — М.: Спутник +, 2020. — 29 с. — С. 95–98.

Дата поступления: 03.04.2023

Решение о публикации: 23.04.2023

Контактная информация:

ЕЛИСЕЕВ Николай Александрович — канд. техн. наук, доц.; ena1981@yandex.ru

ПАРАСКЕВОПУЛО Юрий Григорьевич — канд. техн. наук, доц.; 7540430@mail.ru

ЕЛИСЕЕВА Наталья Николаевна — канд. техн. наук, доц.; neliseeva83@mail.ru

Axonomic Projections in Russia: Yesterday, Today, Tomorrow

N. A. Eliseev, Yu. G. Paraskevopulo, N. N. Eliseeva

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Eliseev N. A., Paraskevopulo Yu. G., Eliseeva N. N. Axonomic Projections in Russia: Yesterday, Today, Tomorrow // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 2, pp. 414–423. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-414-423

Purpose: The history of the development of axonomic projections is considered in this work. The contribution of Russian scientists to the theory of this method is established. The analysis of the current state of the regulatory framework has been carried out. The necessity of making changes to the current standard is justified. Archival and handwritten sources have been investigated. The article shows the way of the consistent emergence, development and improvement of the theory of axonomic projections. Examples of its use in different periods are shown. The contribution of Russian scientists to the improvement of the theory of the axonometry method and its application in construction and industry is established. The main advantages of axonometry are shown: visual clarity and the possibility to determine the parameters of a real object based on such images. The inaccuracies of the axonometry theory representation in modern regulatory documents are analyzed. The necessity to depict axonomic axes when creating images is indicated. Axonomic projections are considered as a method of geometric modeling in computer-aided design systems, which allows

creating visual planar models of artificial structures and other objects. This also allows to create a unified information model of the object, to carry out joint work of various specialists at the design stages, to ensure the storage and editing of information throughout the entire life cycle of the object. **Methods:** To achieve results, various research methods have been applied: theoretical analysis of historical, scientific literature, normative and program-methodical documentation, study of the experience of graphic images of foreign and domestic specialists, generalization and systematization of scientific provisions on the research topic, analysis of the results of research work. **Results:** The necessity of making changes to the existing regulatory documents is justified. **Practical significance:** The correct display of axonometry in regulatory documents will improve its practical application and specialist training.

Keywords: Axonometric projection, complex drawing, parallel projection, geometric modeling, axonometric axes, drawing reversibility, three-dimensional solid-state modeling, building information modeling.

References

- Voronin N. N. *Ocherki po istorii russkogo zodchestva* [Essays on the history of Russian architecture]. Moscow — Leningrad, 1934. (In Russian)
- Virginiskii V. S. *Tvortsy novoi tekhniki v krepostnoi Rossii: Ocherki zhizni i deyatelnosti vydaiushchikhsya russkikh izobretatelei XVIII — per. pol. XIX veka* [Creators of new technology in serf Russia: Essays on the life and work of outstanding Russian inventors of the 18th to the mid-19th century]. Moscow: Gosizdat Publ., 1962, 406 p. (In Russian)
- Sevastyanov Ya. A. *Osnovaniya nachertatel'noi geometrii* [Foundations of descriptive geometry]. St. Petersburg, 1821, 186 p. (In Russian)
- Sevastyanov Ya. A. *Prilozhenie nachertatel'noi geometrii k vozduhnoi perspektive, k proektsii kart i k gnomonike* [Application of descriptive geometry to aerial perspective, map projection, and gnomonics]. St. Petersburg, 1831, 157 p. (In Russian)
- Reder A. Kh. *Ob izometricheskoi proektsii* [On isometric projection]. St. Petersburg, 1861. (In Russian)
- Makarov N. I. *Istorichekii ocherk razvitiya perspektivy, kak nauki* [Historical essay on the development of perspective as a science]. St. Petersburg, 1880, 38 p. (In Russian)
- Kurdyumov V. I. *Kurs nachertatel'noi geometrii*. Otdel I. Vvedenie. Proektsii ortogonal'nye. Chast' I. Proektsii toчек, linii i ploskosteй [Course of descriptive geometry. Part I. Introduction. Orthogonal projections. Section I. Projections of points, lines, and planes]. *Sbornik Instituta Inzhenerov putei soobshcheniya Imperatora Alexandra I* [Collection of the Institute of Engineers of Communication Ways of Emperor Alexander I]. St. Petersburg, 1895, vol. 32, 431 p. (In Russian)
- Frolov A. *Doplneniya k elementarnoi nachertatel'noi geometrii* [Additions to elementary descriptive geometry]. *Elementarnaya nachertatel'naia geometriia s chertezhami v tekste i s zadachami dlia samostoiatel'noi raboty uchashchikhsia. Dlia real'nykh uchilishch* [Elementary descriptive geometry with drawings in the text and problems for independent work of students. For real schools]. St. Petersburg, 1884. (In Russian)
- Kargin D. I. *K istorii grafiki* [On the history of graphics]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. khr. 191, b/d, 215 p. (In Russian)
- Kargin D. I. *Izobrazheniia u narodov Drevnego Vostoka arkhitekturnykh form* [Depictions of architectural forms among the peoples of the ancient East]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. khr. 197, b/d, 28 p. (In Russian)
- Kargin D. I. *Tekhnicheskaya grafika antichnoy Gretsii* [Technical graphics of ancient Greece]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. kh. 194, b/d, 3 p. (In Russian)
- Kargin D. I. *Iskusstvo drevnego Vostoka* [Art of ancient East]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. kh. 272, b/d, 66 p. (In Russian)
- Kargin D. I. *Ocherk razvitiya tekhnicheskoy grafiki* [Overview of the development of technical graphics]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. kh. 193, b/d, 76 p. (In Russian)
- Kargin D. I. *Tekhnicheskaya grafika v dopetrovskoy Rusi* [Technical graphics in pre-Petrine Russia]. Leningrad, 1941, 38 p. (In Russian)

15. Kargin D. I. *Chertezhnoye delo v Rossii v XVIII v.* [Drafting in Russia in the 18th century]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. kh. 193, 1949, 183 p. (In Russian)
16. Kargin D. I. *Uspekhi nauki tekhnicheskoy grafiki za XXX let Sovetskoy vlasti* [Successes of technical graphics science during XXX years of Soviet power]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. kh. 32, 1947, 336 p. (In Russian)
17. Kargin D. I. Rol' Instituta inzhenerov putey soobshcheniya v dele nasazhdeniya nachertatel'noy geometrii v Rossii [The role of the Institute of Railway Engineers in promoting descriptive geometry in Russia]. *Tez. dokl. IV nauchno-tekhn. konf. LIIZhTA* [Abstracts IV scientific and technical. conf. LIIZhTA]. Leningrad: LIIZHT Publ., 1939, pp. 146–147. (In Russian)
18. Kargin D. I. Tekhnicheskaya grafika v Drevney Rusi [Technical graphics in ancient Russia]. *Tez. dokl. X nauchno-tekhn. konf. LIIZhTA* [Abstracts X scientific and technical. conf. LIIZhTA]. Leningrad: LIIZHT Publ., 1947, pp. 158. (In Russian)
19. Kargin D. I. *Tochnost' graficheskikh raschetov* [Accuracy of graphic calculations]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. kh. 10, II ch., 1937, 383 p. (In Russian)
20. Kargin D. I. *Istoricheskiye dannyye o glaze. Glaz — anatomiya i drugoye* [Historical data about the eye. Eye — anatomy and others]. PFA RAN, f. 802, op. 1, ed. kh. (In Russian)
21. Kargin D. I. *Tekhnicheskaya grafika v dopetrovskoy Rusi* [Technical graphics in pre-Petrine Russia]. PFAN RAN, f. 802, op. 1, ed. hr. 190, 1940, 195 p. (In Russian)
22. Raushenbah B. V. *Prostranstvennyye postroeniya v zhivopisi* [Spatial constructions in painting]. Moscow: Nauka Publ., 1980, pp. 165–184. (In Russian)
23. Kargin D. I. *Vybor naivygodneysheikh aksometri-cheskikh proektsiy* [Selection of the most advantageous axonometric projections]. PFAN RAN f. 802, ed. hr. 302, 1938, 104 p. (In Russian)
24. GOST 2.317—2011. *Edinaya sistema konstruktor-skoy dokumentatsii. Aksometricheskiye proektsii* [GOST 2.317—2011. Unified system of design documentation. Axonometric projections]. Moscow: AO “Kodeks” Publ., 2023, 8 p. (In Russian)
25. Eliseev N. A. Professor D. I. Kargin — issledovatel' istorii i teorii aksometrii [Professor D. I. Kargin — researcher of the history and theory of axonometry]. *Russkaya nauka v biograf. ocherkakh: Deyateli russkoy nauki* [Russian science in biographical sketches: Personalities of Russian science]. St. Petersburg: “Dmitry Bulanin”: SPbF IET Publ., 2003, pp. 55–65. (In Russian)
26. Eliseev N. A. *Inzhenernaya i kompyuternaya grafika, Ch. 1: kurs lektsiy* [Engineering and computer graphics, Part 1: Lecture course]. St. Petersburg: FGBOU VO PGUPS Publ., 2017, 145 p. (In Russian)
27. Eliseev N. A. Rol' tekhnicheskoy grafiki v peredache informatsii [The role of technical graphics in information transmission]. *Problemy informatiki: filosofiya, naukovedenie, obrazovanie. Izvestiya SPbGETU “LETI”* [Problems of computer science: philosophy, history, education. Proceedings of SPbGETU “LETI”]. St. Petersburg: SPbGETU “LETI” Publ., 2007, pp. 297–300. (In Russian)
28. Eliseev N. A., Eliseeva N. N., Paraskyevopulo E. N. Izuchenie informatsionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzheniy v ramkakh dis tsip liny “Nachertatel'naya geometriya, inzhenernaya i kompyuternaya grafika” [Studying information modeling of buildings and structures within the discipline “Descriptive geometry, engineering and computer graphics”]. *Innovatsionnyye tekhnologii v stroitel'stve i geoekologii: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii (09.06.2020)* [Innovative technologies in construction and geoecology: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Internet Conference (06.09.2020)]. Moscow: Sputnik + Publ., 2020, 29 p., pp. 95–98. (In Russian)

Received: April 03, 2023

Accepted: April 23, 2023

Author's information:

Nikolay A. ELISEEV — PhD in Engineering,
Associate Professor; ena1981@yandex.ru

Yuri G. PARASKEVOPULO — PhD in Engineering,
Associate Professor; 7540430@mail.ru

Natalia N. ELISEEVA — PhD in Engineering,
Associate Professor; neliseeva83@mail.ru