

УДК 514.18

DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-4-43-51

Ю.В. Семагина

Канд. техн. наук, доцент,

Оренбургский государственный университет,
Россия, 460018, Оренбургская область, г. Оренбург,
пр. Победы, д. 13**Е.С. Козик**

Канд. техн. наук, доцент,

Оренбургский государственный университет,
Россия, 460018, Оренбургская область, г. Оренбург,
пр. Победы, д. 13**М.А. Ванчинова**

Канд. пед. наук, доцент,

Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
460047, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. Юных
Ленинцев, д. 20

Начертательная геометрия сегодня: проблемы и перспективы

Аннотация. На фоне постоянного сокращения в учебных планах времени, выделенного на контактную работу со студентами, возникают дискуссии на тему необходимости преподавания в вузах некоторых дисциплин, причем их список постоянно меняется. В нынешнем случае виток обсуждения связан с подписанием президентом России В.В. Путиным указа о реформе высшего образования. Сейчас это пилотный проект, который будет проходить тестирование в нескольких вузах в течение трех лет. Речь идет о переходе подготовки инженерных кадров от бакалавриата к специалитету. Реформа потребует значительных усилий по разработке новых учебных планов, корректировке перечня учебных дисциплин в них входящих. Одновременно с включением в этот перечень современных дисциплин идет процесс исключения устаревших и неактуальных.

По опыту прошлых лет «реформам» постоянно подвергаются дисциплины общепрофессионального цикла. Применительно к техническим специальностям бесменным аутсайдером тут является начертательная геометрия [8; 28]. Разработчики федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО), анонсировавшие компетентностный подход к процессу обучения и оценке знаний выпускников вузов, вероятно, также придерживаются мнения, что начертательная геометрия является «умирающей» дисциплиной.

Цель авторов статьи — попытка посмотреть на создавшуюся проблему не с точки зрения возраста начертательной геометрии, а лишь руководствуясь частотой и эффективностью применения ее методов в инженерной практике и моделировании геометрических объектов пространств размерности 2+ и более.

Поставленная цель потребовала решения нескольких задач. Одна из них — прояснение вопроса, что именно пытаются сделать реформаторы. Изъять из курса подготовки инженеров учебную дисциплину или же раздел математики, которым, по сути, является начертательная геометрия? Также необходимо

выяснить, для каких специальностей или направлений курс начертательной геометрии лишний или же устарел.

Ключевые слова: начертательная геометрия, инженер, моделирование, инженерная графика, компьютерная графика, пространство, размерность.

YU.V. Semagina

Ph.D. of Engineering, Associate Professor,

Orenburg State University,

13, Pobedy Ave, Orenburg, Orenburg region, 460018, Russia

E.S. Kozik

Ph.D. of Engineering, Associate Professor,

Orenburg State University,

13, Pobedy Ave, Orenburg, Orenburg region, 460018, Russia

M.A. Vanchinova

Ph.D. in Pedagogy, Associate Professor,

Gubkin branch of Gubkin Russian State University of Oil
and Gas (RGU),20, Yunykh Leninsev str., Orenburg, Orenburg region, 460047,
Russia

Descriptive Geometry Today: Problems and Prospects

Abstract. Against the background of constant reduction of the time allocated for contact work with students in curricula, there are discussions on the necessity of teaching some disciplines in universities, and their list is constantly changing. In the current case, the current round of discussion is connected with the signing of the decree on the reform by the President of Russia V.V. Putin. Putin signed a decree on the reform of higher education. Now it is a pilot project, which will be tested in several universities for three years. It is about the transition of engineering training from bachelor's degree to specialization. The reform will require considerable efforts to develop new curricula, adjust the list of academic disciplines included in them. Simultaneously with the inclusion of modern disciplines into this list, the process of excluding obsolete and irrelevant disciplines is underway.

According to the experience of the past years, disciplines of the general engineering cycle are constantly subjected to "reforms". In the case of technical specialties, descriptive geometry is a permanent outsider [8, 28]. The developers of the Federal State Educational Standards of Higher Education (FSSES HE), who announced a competency-based approach to the learning process and assessment of knowledge of university graduates, probably also hold the opinion that descriptive geometry is a "dying" discipline.

The purpose of the authors of the article is an attempt to look at the problem not from the point of view of the age of descriptive geometry, but only guided by the frequency and efficiency of its methods in engineering practice and modeling of geometric objects of spaces of dimension 2+ and more.

The set goal required the solution of several problems. One of them is to clarify the question of what exactly the reformers are trying to do. Is it to remove an academic discipline or a section of mathematics, which is, in fact, descriptive geometry, from the course of engineers' training? It is also necessary to find out for which specialties or directions the descriptive geometry course is superfluous or obsolete.

Keywords: descriptive geometry, engineer, modeling, engineering graphics, computer graphics, space, dimensionality.

Выступая на заседании Президиума Государственного совета 04.04.2023 (в г. Тула), посвящённом развитию промышленности страны в условиях санкционного давления, Президент России В.В. Путин в очередной раз обратил внимание на то, что «...сегодня один из самых приоритетных вопросов — развитие промышленности России». Им было отмечено, что базовым направлением для решения создавшихся проблем является «...подготовка квалифицированных инженерных, технических и рабочих кадров», от этого зависит обеспечение технологической независимости страны. То же самое отметил глава Минобрнауки России Валерий Фальков. Он заявил, что «технологическая независимость страны и регионов в первую очередь обеспечивается исследователями, учеными, инженерами и...» другими участниками производственных процессов [7; 29].

Происхождение слова «инженер» связывают с латинским *ingenium* — способности, изобретательность. По данным литературных источников, инженер — это специалист, осуществляющий инженерную деятельность [5; 33].

В рамках выполняемых инженерами работ можно выделить большое количество профилей. Например, инженер-механик, инженер-электрик, инженер-строитель, инженер-химик, биоинженер, инженер-эколог, военный инженер, инженер-программист и др. По мнению авторов, инженер — это специалист, который занимается разработкой, проектированием, конструированием, изготовлением, эксплуатацией и обслуживанием различных технических устройств, машин, оборудования, систем и сооружений [4; 5; 33]. Мы ограничим наше рассмотрение наиболее распространенными видами производственной деятельности: инжинирингом и строительством [12; 20]. Несмотря на широкий спектр понятий термина «инженер», будем исходить из того, что во всех случаях это специалист с высшим образованием.

Это и определило поставленную авторами задачу выяснить области применения начертательной геометрии не только в процессе подготовки инженерных кадров, но и на производстве, в исследовательской практике.

Хорошо известное в инженерных кругах выражение профессора В.И. Курдюмова: «Если чертеж является языком техники, одинаково понятным всем народам, то начертательная геометрия служит грамматикой этого мирового языка...» за последние полтора века не утратило актуальности. К сожалению, в последнее столетие, по утверждению специалистов, люди не стали умнее, наоборот, они стали медленнее соображать и терять творческие способности [13; 20].

Внедрение в инженерную практику средств вычислительной техники не привело к грандиозным

позитивным изменениям. Применение различных САПР (систем автоматизированного проектирования) в режиме электронного кульмана (именно так они в основном и используются) вряд ли может служить основанием для отказа от освоения «грамматики» языка инженеров. Более того, по мнению авторов, роль начертательной геометрии в условиях применения средств вычислительной техники должна только возрастать [11].

Знакомство с первыми публикациями по основам создания САПР и машинной графике [10; 15; 21; 30; 31] вызывает стойкое ощущение встречи с основами начертательной геометрии в контексте ее прикладной функции при решении ряда технических задач. Создается впечатление, что авторы стараются соответствовать характеру геометрической школы Монжа. Клейн говорил о ней, что в характере этой школы «яркое пространственное восприятие естественным образом связано с аналитическими представлениями. Аналитическая форма — это не самоцель, а лишь кратчайшая формулировка реально воспринимаемых пространственных отношений» [10]. На практике начертательная геометрия объединилась с алгеброй. Геометрические построения начертательной геометрии переводились на язык анализа. Каждая аналитическая операция трактовалась как запись геометрической картины.

Практически во всех публикациях, начиная со дня появления начертательной геометрии как учебной дисциплины, следует отметить, что ее главной задачей является развитие пространственного мышления учащихся [24]. Не формирование, а именно развитие. По умолчанию предполагается, что у всех студентов уже сформировано это мышление. В результатах обучения отмечается, что уровень пространственного мышления повышается. В подавляющем большинстве даются не численные, но качественные или косвенные оценки. Это вполне объяснимо как трудностью в получении численных оценок, так и тем, что на пространственное мышление оказывают влияние и другие дисциплины.

Для приблизительной оценки уровня пространственного мышления давайте обратимся к оценке результатов у детей старшего дошкольного возраста. По данным [3], на начальном этапе только около 35% исследуемых имели пространственное мышление на среднем уровне, более 50% — на низком уровне. Применение специальных методик развития пространственного мышления привело к тому, что доля исследуемых с низким уровнем приблизилась к 30%, со средним — к 70% и высоким — к 10%. Это позволяет считать, что ситуация с пространственным мышлением улучшилась вдвое. Вряд ли можно надеяться на то, что к моменту поступления в вуз она изменит-

ся. Маловероятно и то, что приемы начертательной геометрии (ввиду малого объема учебной нагрузки) могут значительно изменить ситуацию в лучшую сторону.

Начертательная геометрия также решает задачу формирования у студентов системного подхода по визуализации геометрических объектов, представленных на чертеже [17], что в какой-то мере компенсирует недостаточный уровень пространственного мышления.

Методы начертательной геометрии позволяют конструировать и визуализировать геометрические объекты пространств выше трех (многомерных объектов) [18; 19]. Использование аналогов чертежей трехмерного пространства, комплексного чертежа (эпюр Радищева-Мемке, рис. 1) и аксонометрических изображений (рис. 2) позволяет определять вид моделирующих экспериментальные данные зависимости [35], что весьма важно в исследовательской практике.

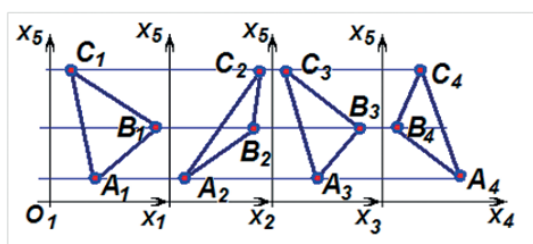


Рис. 1

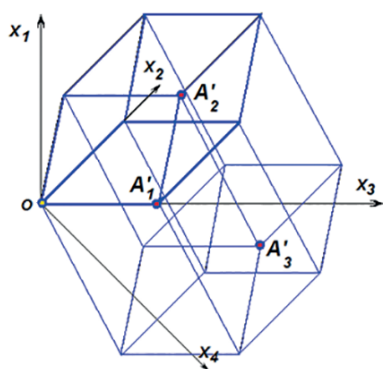


Рис. 2

Высшее образование, как и всё в нашем мире, подвержено модным тенденциям. Сегодня, с приходом в нашу жизнь средств вычислительной техники, в области геометро-графической подготовки доминирует идея применения твердотельного моделирования (3D-моделирования) как основного средства построения и визуализации изображений.

Определимся с понятиями «модель» и «моделирование». Предположим, что модель — это своего рода представление реального объекта, системы или

процесса, которое позволяет анализировать и понимать его свойства и взаимодействия. А моделирование — это процесс, который позволяет создать модель для изучения и анализа реальной системы или явления.

Модель геометрического объекта, сформированная средствами вычислительной техники, как и всякая другая имитационная модель, перед ее использованием для решений той или иной задачи должна пройти этап верификации, т.е. проверки соответствия ее представления (поведения) предположениям оператора. И еще, кроме этого, должна быть проведена проверка на адекватность по тем свойствам, которые являются для оператора (конструктора, проектировщика) существенными. Полная адекватность возможна только при тождестве между моделью и прототипом [34]. Только после этого можно говорить о том, что требуемая модель создана. Использование средств вычислительной техники для визуализации модели в форме, понятной оператору, значительно упрощает процесс проектирования.

Верификация и проверка адекватности моделей, созданных в системах автоматизированного проектирования, может быть осуществлена только в случае использования человеком и ЭВМ единой знаковой системы. Другими словами, диалог должен вестись на языке, понятном человеку и вычислительной машине. Наиболее удобным, по мнению авторов, является язык геометрических образов. По данным, приводимым психологами, до 90% информации человек получает через зрительный канал.

В подавляющем большинстве случаев созданная машиной модель выводится на экран монитора (или на твердый носитель) в виде чертежа в ортогональных проекциях, линейной перспективы или аксонометрии [22; 26]. Зрительный аппарат человека на небольших расстояниях от пространственного объекта формирует «зрительную иллюзию» без искажений, как при ортогональном проецировании: на расстоянии до 10 метров — в аксонометрической проекции, а на расстояниях более 10 метров — в линейной перспективе [23].

Изображение пространственного объекта в зрительной области головного мозга человека формируется по следующей схеме (рис. 3).

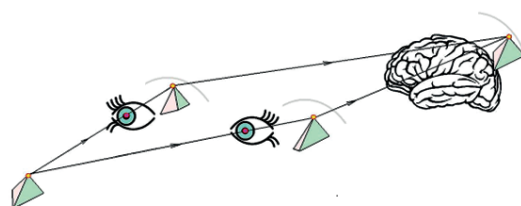


Рис. 3

В системе бинокулярного зрения на сетчатке правого и левого глаза формируется изображение пространственного объекта.

После передачи информации с сетчаток в зрительной области головного мозга формируется изображение этого объекта. Аналогичным образом получается изображение на экране растрового монитора (рис. 4).

Через точку объекта проводится ось zO декартовой системы координат. Плоскость xOy принимается за картинную плоскость экрана.

Проецирование точки в плоскостях zOy и zOx позволяют получить экранные координаты исходной точки P' .

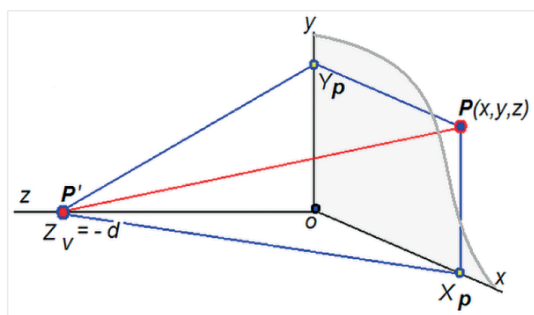


Рис. 4

Приведенные на рис. 1 и 2 схемы являются частными случаями реализации метода двух изображений, применяемого для формирования чертежей в начертательной геометрии (рис. 5).

Основным инструментом в этом методе является проецирование.

На первом этапе из вспомогательных центров S_1 и S_2 пространственный объект A проецируется на вспомогательные плоскости Π_1 и Π_2 .

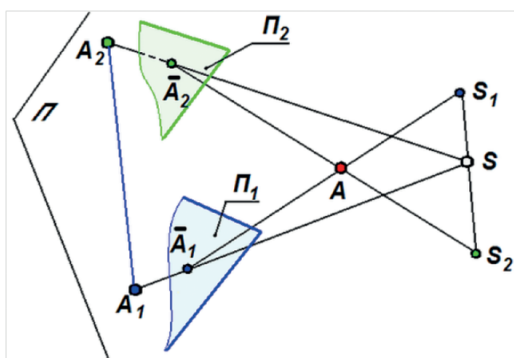


Рис. 5

Затем из основного центра S вспомогательные проекции A_1 и A_2 перепроецируются на главную картинную плоскость Π .

A_1 и A_2 получили название проекций точки A , а сам чертеж на плоскости Π — обратимого двухкартинного чертежа. Такой чертеж при наличии представления о том, где располагаются центры проецирования, всегда позволяет восстановить форму и положение объекта в пространстве [9].

Этот метод, в зависимости от расположения плоскостей и центров проецирования (основных и вспомогательных) может формировать комплексный чертеж (чертеж Монжа, рис. 6) и различные аксонометрические чертежи (рис. 7).

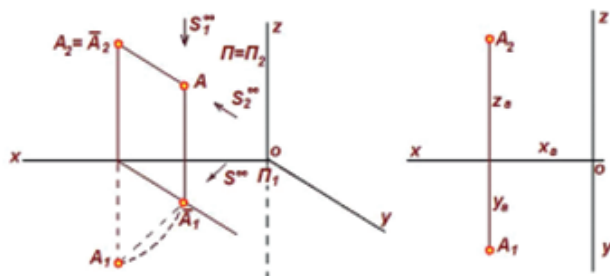


Рис. 6

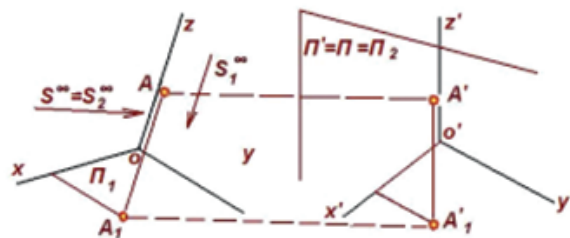


Рис. 7

Линейная перспектива (рис. 8) также является частным случаем метода двух изображений. С некоторой оговоркой к таким чертежам можно отнести и чертежи в проекциях с числовыми отметками (рис. 9). Стоит только вспомнить, что отметка $z = n$ — это уравнение фронтально-проецирующей прямой, проходящей через точку с отметкой n .

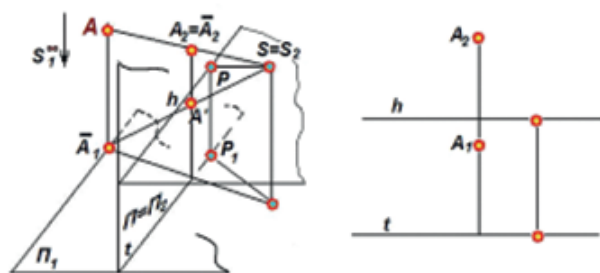


Рис. 8

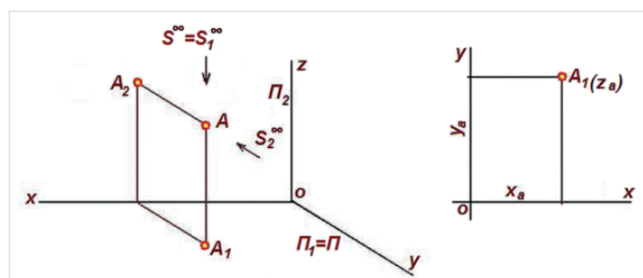


Рис. 9

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что твердотельное моделирование (несмотря на «модную упаковку») является одним из приложений классической начертательной геометрии.

Использование средств вычислительной техники в учебном процессе освоения графики может вызывать иллюзию того, что программное обеспечение обладает безграничными возможностями. Линии на экране имеют одинаковую яркость и толщину, изменение типа линии предельно просто, параллельность и перпендикулярность линий достигается посредством использования специальных команд и объектных привязок. Встроенные шрифты соответствуют ГОСТ 2.304. Набор инструментов превышает возможности традиционной готовальни и набора лекал. Какая уж тут начертательная геометрия?

Однако попытка решить не типовую задачу приводит к необходимости привлечения знаний и навыков «устаревшей» начертательной геометрии. Например, необходимо описать окружность вокруг квадрата. Использование клавиши «Кривая по точкам» приводит к результату (*Shline*, рис. 10). Вместе с этим известный способ поиска центра и радиуса окружности позволяет получить искомую кривую (рис. 11).

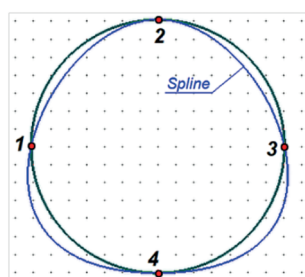


Рис. 10

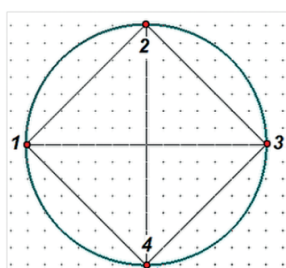


Рис. 11

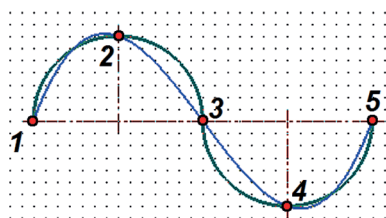


Рис. 12

Такой же результат получается и при попытке построить обвод пяти точек из дуг окружностей (рис. 12). Изображение на экране монитора, по наперед заданным условиям, дуг плоских и пространственных кривых различного вида и обводов из них требует знаний методов их построения, и это методы начертательной геометрии.

Моделирование пространственных геометрических объектов с использованием среды 3D в принципе невозможно без знания методов конструирования как поверхностей в целом, так и отсеков поверхностей по наперед заданным условиям [21; 31].

Имея большой опыт преподавания основ компьютерной графики студентам технических направлений, авторы с уверенностью отмечают, что при построении твердотельных моделей возможно, чисто интуитивно, использовать операции «Выдавливание» и «Вращение». Но даже в этом простейшем случае необходимо правильно выбрать плоскость для построения эскиза модели — фронтальную, горизонтальную или профильную — понятия, изучаемые в самом начале курса начертательной геометрии.

Все остальные команды, например «Элемент по траектории» или «Элемент по сечениям», уже требуют четкого понимания пользователем принципов формирования кинематических объектов и объектов, заданных набором сечений. То есть вновь требуется знание основ конструирования каркасов поверхностей. Если говорить об использовании разделов моделирования «Поверхности» и «Элементы каркаса» в САПР, то они полностью базируются на методах начертательной геометрии.

Все вышесказанное приводит к однозначному выводу — методы начертательной геометрии применяются инженерами при решении практически всех профессиональных задач [25]. Применение средств вычислительной техники лишь упрощает выполнение технической документации (чертежей) и облегчает процессы вычислений. В силу того, что в процессе взаимодействия одним из элементов системы является человек (инженер), то и весь процесс должен быть адаптирован под него. Независимо от нашего мнения и наших предпочтений, человек мыслит геометрическими образами и язык общения человек-машина должен строиться именно на них. Этому нет альтернатив! Попытка изъятия из языка техники (чертежа) ее грамматики (начертательной геометрии) приводит к тому, что он распадается на «множество диалектов».

Нынешняя попытка избавить процесс подготовки инженерных кадров от начертательной геометрии далеко не первая. В 70-х гг. прошлого столетия начертательную геометрию уже отменяли. И только вмешательство представителей аэрокосмической

отрасли несколько затормозило этот процесс. Была создана компромиссная учебная дисциплина — инженерная графика. Изначально предполагалось, что теоретической основой этой дисциплины будет начертательная геометрия.

Следует отметить, что инженерная графика и техническое черчение не являются аналогичными курсами. Если посмотреть на учебники черчения для вузов и техникумов [1; 32], изданные в последние годы прошлого столетия, то обнаружится, что почти половину объема в них занимают материалы по курсу начертательной геометрии.

Со временем из-за уменьшения объема учебной нагрузки доля начертательной геометрии катастрофически уменьшилась. В настоящее время дисциплина инженерная графика воспринимается как аналог технического черчения, хотя это разные дисциплины. Это не замедлило сказаться на результатах обучения. Новоиспеченные инженеры не спешат идти на производство, а одна из причин этого — неграмотность при работе с технической документацией.

В объявлениях по подбору инженерно-технических кадров в рамках необходимых компетенций встречается фраза «требуется специалист (инженер), умеющий работать с чертежами...» [16].

Нынешний низкий уровень геометро-графической подготовки выпускников технических направлений напрямую связан с тем, что время, отведенное в учебных планах на геометро-графическую подготовку, неуклонно приближается к нулю [2; 29]. Это происходит на фоне увлечения цифровизацией моделей, твердотельным моделированием, применением различных способов визуализации в разрабатываемых презентациях, учебных пособиях и массовых онлайн-курсах [6; 14; 27].

Необходимо помнить, что 3D-модели, независимо от формы их записи, были, есть и будут геометрическими объектами, а их формирование и визуализация возможны только с использованием чертежей — плоских эквивалентов пространства, построенных с использованием методов «устаревшей» начертательной геометрии.

Литература

1. Боголюбов С.К. Черчение: учебник для машиностроит. спец. сред. спец. учеб. заведений [Текст] / С.К. Боголюбов, А.В. Воинов. — 2-е изд., стер. — М.: Машиностроение, 1981. — 303 с.
2. Бойков А.А. Проблемы геометро-графической подготовки студентов вузов [Текст] / А.А. Бойков, К.Т. Егизарян, А.В. Ефремов, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2023. — Т. 11. — № 1. — С. 4–22. — DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-4-22.
3. Братухина Ю.С. Результаты исследования уровня развития пространственного мышления детей старшего дошкольного возраста [Электронный ресурс] // Аллея науки / Quantum. — 2018. — Т. 6. — № 11. — С. 824–830. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_36925165_56904427.pdf (дата обращения: 11.11.2023).
4. Вразнова М.Н. Инженерная профессия сегодня [Электронный ресурс] // Высшее образование в России. — 2004. — № 5. — С. 115–116. — URL: <https://vovr.elpub.ru> (дата обращения: 11.11.2023).
5. Горохов В.Г. Знать, чтобы делать. История инженерной профессии и ее роль в современной культуре [Текст] / В.Г. Горохов. — М.: Знание, 1987. — 176 с.
6. Дамчаасурэн Х. Внедрение электронной технологии в образование [Текст] / Х. Дамчаасурэн // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 3. — С. 39–45. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-39-45.
7. Заседание Президиума Государственного совета [Электронный ресурс] // KREMLIN.RU: официальное интернет-представительство президента России. — 2023. — 4 апр. — URL <http://kremlin.ru/events/president/news/70860> (дата обращения: 11.11.2023).
8. Иванов Г.С. Перспективы начертательной геометрии как учебной дисциплины [Текст] / Г.С. Иванов // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 1. — С. 26–27. — DOI: 10.12737/467.
9. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований) [Текст] / Г.С. Иванов. — М.: Изд-во «Машиностроение», 1987. — 188 с.
10. Клейн Ф. Элементарная математика с точки зрения высшей [Текст]. Т. 2: Геометрия / Ф. Клейн; пер. с нем. — 2-е изд. — М.-Л.: Гос. техн.-теорет. изд-во, 1934. — 444 с.
11. Козлова И.А. Графические дисциплины и информатизация инженерного образования [Текст] / И.А. Козлова, Р.Б. Славин, Б.М. Славин // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 4. — С. 35–45. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-35-45.
12. Корнилов И.К. Инновационная деятельность и инженерное искусство [Текст] / И.К. Корнилов. — М.: Мир кн., 1996. — 194 с.
13. Маркова Т. «Почему люди стремительно глупеют» [Электронный ресурс] // RIDUS.RU: периодическое интернет-издание. — 2021. — 4 авг. — URL: <https://www.ridus.ru/pochemu-lyudi-stremitelno-glupeyut-359196.html?ysclid=lotu4tuaz4245713920> (дата обращения: 11.11.2023).
14. Мусаева Т.В. Дополненная реальность в проведении занятий по инженерным техническим дисциплинам проектирования [Текст] / Т.В. Мусаева, А.А. Ураго // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 2. — С. 29–45. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-35-45.

15. Ньюмен У. Основы интерактивной машинной графики [Текст] / У. Ньюман, Р. Спрулл; под ред. В.А. Львова; пер. с англ. В.М. Грина и О.Н. Родинко. — М.: Мир, 1976. — 573 с.
16. Оюунжаргал Ч. Тенденции обучения в инженерной графике [Текст] / Ч. Оюунжаргал, Э. Оюунзаяа // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 2. — С. 53–59. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-53-59.
17. Павлов С.И. Позиционные задачи в начертательной геометрии [Электронный ресурс] / С.И. Павлов, Ю.В. Семагина // Концепт. 2014. — Т. 20. — С. 2726–2730. — URL: <http://e-koncept.ru/2014/54809.htm> (дата обращения: 11.11.2023).
18. Первицова В.Н. Многомерная начертательная геометрия и геометрические методы исследования многокомпонентных систем [Текст] / В.Н. Первицова, Н.В. Наумович, Г.Е. Дмитренко, Е.Е. Зайцева, М.Г. Подылина // Труды Московского научно-методического семинара по начертательной геометрии и инженерной графике: сб. статей / под ред. И.И. Котова, В.С. Левицкого. — М.: МАИ, 1972. — Вып. 3. — С. 23–24.
19. Первицова В.Н. Теоретические основы построения чертежей многомерных фигур в синтетическом и векторном изложении с применением для исследования многокомпонентных систем [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01 / В.Н. Первицова. — М., 1974. — 31 с.
20. Писаренко Д. «Ума не надо? Современному человеку мозг больше не нужен» [Электронный ресурс] // AIF.RU: Ежедневная электронная газета. — 2019. — 17 авг. — URL: https://aif.ru/society/science/uma_ne_nado_sovremennomu_cheloveku_mozg_bolshe_ne_nuzhen (дата обращения: 11.11.2023).
21. Принс М.Д. Машинная графика и автоматизация проектирования [Текст] / Д.М. Принс; пер. с англ. Ю.Л. Зимана. — М.: Сов. радио, 1975. — 230 с.
22. Прокопенко В.Т. Психология зрительного восприятия [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.Т. Прокопенко, В.А. Трофимов, Л.П. Шарок. — СПб.: Изд-во СПбГУ-ИТМО, 2006. — 73 с.
23. Психология ощущений и восприятий: хрестоматия по психологии / Под. ред. Ю. Б. Гиппенрейтер и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЧеРо, 1999. — 628 с.
24. Русинова Л.П. Формирование системно-пространственного мышления студентов технических вузов: на примере преподавания начертательной геометрии: автореферат дис. ... кандидата педагогических наук [Текст]: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Л.П. Русинова. — Ижевск, 2007. — 22 с.
25. Сальков Н.А. Начертательная геометрия — базис технического образования [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2023. — Т. 11. — № 3. — С. 47–72. — DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-3-47-72.
26. Сальков Н.А. Феномен присутствия начертательной геометрии в других учебных дисциплинах [Текст] / Н.А. Сальков, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 4. — С. 61–73. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-61-73.
27. Тихонов-Бугров Д.Е. Дистанционная любовь или обучение графическим дисциплинам в условиях пандемии [Текст] / Д.Е. Тихонов-Бугров, С.Н. Абросимов // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 3. — С. 44–51. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-44-51.
28. Тихонов-Бугров Д.Е. Инженерная графика в свете расставания с болонским соглашением [Текст] / Д.Е. Тихонов-Бугров, С.Н. Абросимов // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 3. — С. 45–53 — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-3-45-53
29. Фальков В. Подготовка инженерных кадров для нас большой приоритет [Электронный ресурс] // BMSTU. RU: Официальный сайт Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. — 2023. — 31 окт. — URL: <https://bmstu.ru/news/valerii-falkov-podgotovka-inzhenernykh-kadrov-dlya-nas-bolshoi-prioritet> (дата обращения: 11.11.2023).
30. Фоли Дж. Основы интерактивной машинной графики: В 2 кн. [Текст] / Дж. Фоли, Андрис вэн Дэм; под ред. Ю.М. Баяковского; пер. с англ. В.А. Галактионова, Ю.М. Лазутина, О.Н. Родинко. — М.: Мир, 1985. — 367 с.
31. Фокс А.Д. Вычислительная геометрия: применение в проектировании и на производстве [Текст] / А.Д. Фокс, М. Пратт; пер. с англ. Г.П. Бабенко, Г.П. Воскресенского. — М.: Мир, 1982. — 304 с.
32. Хаскин А.М. Курс черчения [Текст]: учебник для заоч. техникумов УССР / А.М. Хаскин, С.А. Воеводский, З.Я. Красниц. — 2-е изд., стер. — Киев: Техніка, 1965. — 385 с.
33. Шаповалов Е.А. Общество и инженер: философско-социологические проблемы инженерной деятельности [Текст] / Е.А. Шаповалов. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. — 183 с.
34. Шеннон Р.Ю. Имитационное моделирование систем — искусство и наука [Текст] / Р.Ю. Шеннон; под ред. Е.К. Масловского; пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 418 с.
35. Bogodukhov S.I. Effect of Continuous Laser Treatment on the Wear Resistance of Hard Alloy WCo8 [Электронный ресурс] / S.I. Bogodukhov, E.S. Kozik, E. Svidenko, Yu.V. Semagina // Materials Science Forum, 2023. V. 1083, pp 210–216. — DOI: 10.4028/p-5qcma7. URL: <https://doi.org/10.4028/p-5qcma7> (accessed 11 November 2023).

References

1. Bogolyubov S.K., Voinov A.V. *Chercheniye: uchebnik dlya mashinostroit. spets. sred. spets. ucheb. zavedeniy* [Drawing: a textbook for machine-building specialties of secondary special educational institutions]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981. 303 p. (in Russian)
2. Boykov A.A., Egiazaryan K.T., Efremov A.V., Kadykova N.S. Problemy geometro-graficheskoy podgotovki studentov vuzov [Problems of geometry-graphic training of university students]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics].

- 2023, V. 11, I. 1, pp. 4–22. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-4-22. (in Russian)
3. Bratukhina Y.S. Results of the study of the level of development of spatial thinking of children of senior preschool age. *Alley of Science*, 2018, V. 6, I. 11, pp. 824–830. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_36925165_38378732.pdf https://elibrary.ru/download/elibrary_36925165_56904427.pdf (accessed 11 November 2023).
 4. Vrazhnova, M.N. Inzhenernaya professiya segodnya [Engineering profession today]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher education in Russia]. 2004, I. 5, pp. 115–116. (in Russian)
 5. Gorokhov V.G. Rezul'taty issledovaniya urovnya razvitiya prostranstvennogo myshleniya detej starshego doshkol'nogo vozrasta [Know to do. History of engineering profession and its role in modern culture]. Moscow, Znanie Publ., 1987. 176 p. (in Russian)
 6. Damchaasuren H. Vnedrenie elektronnoy tekhnologii v obrazovanie [Introduction of electronic technology in education]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021, V. 9, I. 3, pp. 39–45. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-39-45. (in Russian)
 7. Zasedanie Prezidiuma Gosudarstvennogo Soveta [Meeting of the Presidium of the State Council]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/70860> (accessed 11 November 2023).
 8. Ivanov G.S. Perspektivy nachertatel'noj geometrii kak uchebnoj discipliny [Perspectives of descriptive geometry as an educational discipline]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2013, V. 1, I. 1, pp. 26–27. DOI: 10.12737/467. (in Russian)
 9. Ivanov G.S. *Konstruirovaniye tekhnicheskikh poverhnostey (matematicheskoe modelirovaniye na osnove nelineynykh preobrazovaniy)* [Design of technical surfaces (mathematical modeling on the basis of nonlinear transformations)]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1987. 188 p. (in Russian)
 10. Klein F. Elementary mathematics from the point of view of higher mathematics. Berlin. Verlag von Julius Springer, 1925. V. 2. 444 p. (Russ. ed.: Klejn F. *Elementarnaya matematika s tochki zreniya vysshej. V. 2: Geometriya*. Leningrad, State Publishing House of Technical and Theoretical Literature, 1934. 444 p.).
 11. Kozlova I.A., Slavin R.B., Slavin B.M. Graficheskie discipliny i informatizatsiya inzhenernogo obrazovaniya [Graphic disciplines and informatization of engineering education]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 4, pp. 35–45. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-35-45. (in Russian)
 12. Kornilov I.K. *Innovatsionnaya deyatel'nost' i inzhenernoye iskusstvo* [Innovation activity and engineering art]. Moscow, Mir knigi Publ., 1996. 194 p. (in Russian)
 13. Markova T. *Pochemu lyudi stremitel'no glupeyut* [Why people are rapidly getting stupider] // Available at: <https://www.ridus.ru/pochemu-lyudi-stremitel'no-glupeyut-359196.html?ysclid=lotu4tuaz4245713920> (accessed 11 November 2023).
 14. Musaeva T.V., Urago A.A. Dopolnennaya real'nost' v provedenii zanyatiy po inzhenernym tekhnicheskim disciplinam proektirovaniya [Augmented reality in conducting classes in engineering and technical disciplines of design]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021, V. 9, I. 2, pp. 29–45. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-46-55. (in Russian)
 15. William M. Newman, Robert F. Sproull. Principles of interactive computer graphics, Addison Wesley Publishing Company. 1973. 541 p. (Russ. ed.: Lvov V.A. *Osnovy interaktivnoy mashinnoy grafiki*. Moscow, Mir Publ., 1976. 573 p.).
 16. Oyuunzhargal Ch., Oyuunzayaa E. Tendentsii obucheniya v inzhenernoy grafike [Trends of training in engineering graphics]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 2, pp. 53–59. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-53-59. (in Russian)
 17. Pavlov S.I., Semagina Y.V. Positional tasks in descriptive geometry. Scientific and methodical electronic journal «Concept», 2014, V. 20, pp. 2726–2730. Available at: <http://e-koncept.ru/2014/54809.htm> (accessed 11 November 2023).
 18. Pervikova V.N., Naumovich N.V., Dmitrenko G.E., Zaitseva E.M.G. Podylina Multidimensional descriptive geometry and geometrical methods of investigation of multicomponent systems. *Trudy Moskovskogo nauchno-metodicheskogo seminara po nachertatel'noj geometrii i inzhenernoy grafike* [Proc. of the Moscow Scientific and Methodological Seminar on descriptive geometry and engineering graphics]. Moscow, 1972, pp. 23–24. (in Russian)
 19. Pervikova V.N. *Teoreticheskie osnovy postroeniya chertezhej mnogomernykh figur v sinteticheskoy i vektornom izlozhenii s primeneniem dlya issledovaniya mnogokomponentnykh system. Abstract Dokt. Diss.* [Theoretical bases of drawing construction of multidimensional figures in synthetic and vector presentation with application to the study of multicomponent systems Abstract Doct. Diss.]. Moscow, 1974. 31 p.
 20. Pisarenko D. *Uma ne nado? Sovremennomu cheloveku mozg bol'she ne nuzhen* [No need for a brain? Modern man does not need a brain anymore]. Available at: https://aif.ru/society/science/uma_ne_nado_sovremennomu_cheloveku_mozg_bolshe_ne_nuzhen (accessed 11 November 2023).
 21. Prins M. David Interactive graphics for computer-aided design. Addison Wesley Publishing Company, 1971. 301 p. (Russ. ed.: Prins M. David. *Mashinnaya grafika i avtomatizatsiya proektirovaniya*. Moscow, Sov. radio, 1975. 230 p.).
 22. Prokopenko V.T., Trofimov V.A., Sharok L.P. *Psihologiya zritel'nogo vospriyatiya* [Psychology of visual perception]. St. Petersburg, SPbGUITMO Publ., 2006. 73 p. (in Russian)
 23. *Psihologiya oshchushchenij i vospriyatiy: hrestomatiya po psikhologii* [Psychology of sensations and perceptions: a textbook on psychology]. Moscow, CheRo Publ., 1999. 628 p. (in Russian)
 24. Rusinova L.P. *Formirovaniye sistemno-prostranstvennogo myshleniya studentov tekhnicheskikh vuzov: na primere prepodavaniya nachertatel'noj geometrii. Abstract Cand. Diss.* [Formation of system-spatial thinking of students of technical universities: by the example of teaching descriptive geometry. Abstract Cand. Diss.]. Izhevsk, 2007. 22 p.

25. Sal'kov N.A. Nachertatel'naya geometriya – bazis tekhnicheskogo obrazovaniya [The origins of formation of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2023, V. 11, I. 3, pp. 47–72. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-3-47-72. (in Russian)
26. Sal'kov N.A., Kadykova N. S. Fenomen prisutstviya nachertatel'noj geometrii v drugih uchebnykh disciplinakh [The phenomenon of descriptive geometry existence in other student courses]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021, V. 8, I. 4, pp. 61–73. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-61-73. (in Russian)
27. Tikhonov-Bugrov D.E., Abrosimov S.N. Distancionnaya lyubov' ili obuchenie graficheskimi disciplinami v usloviyakh pandemii [Remote love or graphical courses in pandemic conditions]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 3, pp. 44–51. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-44-51. (in Russian)
28. Tikhonov-Bugrov D.E., Abrosimov S.N. Inzhenernaya grafika v svete rassstavaniya s bolonskim soglasheniem [Engineering graphics in the light of parting with the Bologna agreement]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 3, pp. 45–53. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-3-45-53. (in Russian)
29. Falkov V. Podgotovka inzhenernykh kadrov dlya nas bol'shoj priorit [Training of engineering personnel is a big priority for us]. Available at: <https://bmstu.ru/news/valerii-falkov-podgotovka-inzhenernykh-kadrov-dlya-nas-bolshoi-prioritet> (accessed 11 November 2023).
30. Prins M. David Interactive graphics for computer-aided design. Addison Wesley Publishing Company, 1975. 230 p. (Russ. ed.: Prins M. David. *Mashinnaya grafika i avtomatizatsiya proektirovaniya*. Moscow, Sov. Radio Publ., 1975. 230 p.)
31. Foley J., Andris van Dam Fundamentals of interactive machine graphics. Addison Wesley Publishing Company, 1982. 664 p. (Russ. ed.: Foley J., Andris van Dam. *Osnovy interaktivnoj mashinnoj grafiki*. Moscow, Mir Publ., 1985. 367 p.)
32. Faux I.D., Pratt M.J. Computational geometry for design and manufacture Ellis Horwood Limited Publ. 1981. 331 p. (Russ. ed.: Faux, I. D., Pratt M.J. *Vychislitel'naya geometriya: primeneniye v proektirovanii i na proizvodstve*. Moscow, Mir Publ., 1982. 307 p.)
33. Haskin A.M., Voevodskiy S.A., Krasnits Z.Y. *Kurs chereniya: uchebnyy dlya zauch. tekhnikumov USSR* [Drawing course: a textbook for correspondence technical schools of the Ukrainian SSR]. Kiev, Tehnika Publ., 1965. 385 p. (in Russian)
34. Shapovalov E.A. *Obshchestvo i inzhener: filosofsko-sotsiologicheskie problemy inzhenernoj deyatel'nosti* [Society and Engineer: philosophical and sociological problems of engineering activity]. Leningrad, LSU Publ., 1984. 183 p. (in Russian)
35. Shannon R.Y. Simulation modeling of systems — art and science. Prentice-Hall Publ., 1975. 387 p. (Russ. ed.: Shannon, Robert Y. *Imitacionnoye modelirovaniye sistem — iskusstvo i nauka*. Moscow, Mir Publ., 1978. 418 p.)
36. Bogodukhov S.I., Kozik E.S., Svidenko E.V., Semagina Yu.V. Effect of Continuous Laser Treatment on the Wear Resistance of Hard Alloy WCo8. Materials Science Forum, 2023. V. 1083, pp. 210–216. DOI: 10.4028/p-5qcm7.