

Научная статья**УДК 378.147****DOI: 10.25683/VOLBI.2026.76.1690****Aleksandra Vladimirovna Keshelyan**

Candidate of Engineering,
Assistant of the Department RK1 Engineering Graphics,
Bauman Moscow State
Technical University
(National Research University)
Moscow, Russian Federation
keshelyanav@bmstu.ru

Ekaterina Aleksandrovna Strazhkova

Assistant of the Department RK1 Engineering Graphics,
Bauman Moscow State
Technical University
(National Research University)
Moscow, Russian Federation
strazhkova@bmstu.ru

Alina Stepanovna Vodchits-Ozmidova

Senior Lecturer of the Department RK1 Engineering Graphics,
Bauman Moscow
State Technical University
(National Research University)
Moscow, Russian Federation
vodchits-ozmidovaas@bmstu.ru

Александра Владимировна Кешелян

канд. техн. наук,
ассистент кафедры РК1 «Инженерная графика»,
Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
Москва, Российская Федерация
keshelyanav@bmstu.ru

Екатерина Александровна Стражкова

ассистент кафедры РК1 «Инженерная графика»,
Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
Москва, Российская Федерация
strazhkova@bmstu.ru

Алина Степановна Водчиц-Озмидова

старший преподаватель кафедры РК1 «Инженерная графика»,
Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
Москва, Российская Федерация
vodchits-ozmidovaas@bmstu.ru

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПАС-3D ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЕКЦИОННЫХ ЗАДАЧ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

5.8.7 — Методология и технология профессионального образования

Аннотация. В статье рассматриваются методические основания, на которых строится применение системы КОМПАС-3D как средства визуализации проекционных задач при изучении начертательной геометрии в техническом вузе. Значимость данной темы связана с определенным противоречием: несмотря на масштабное внедрение САД-сред в инженерное образование, студенты по-прежнему испытывают затруднения, связанные с осмысленным переходом от пространственной формы объекта к его ортогональному изображению. Цель работы заключается в теоретическом обосновании методики, при которой применение КОМПАС-3D выступает инструментом управляемой визуализации, объединяющим анализ геометрической формы, построение цифровой модели и самостоятельное выполнение проекционного чертежа. Методология работы опирается на несколько источников. Были изучены современные публикации по геометро-графической подготовке, проведено сопоставление методических подходов к работе в САД-средах, выполнено педагогическое моделирование учебных действий, а также разобраны типичные затруднения обучающихся. На этой базе предложена переходная дидактическая модель. Она соединяет разбор условия задачи, создание упрощенной трехмерной модели, ее соотнесение с ортогональными про-

екциями, самостоятельное построение чертежа и диагностику допущенных ошибок. Показано, что цифровая модель работает не так, как обычное наглядное пособие или замена чертежа. Ее назначение — визуально-аналитическое сопровождение и диагностика учебного процесса, за счет чего обнаруживаются ошибки пространственного анализа, рассогласованность видов и затруднения в объяснении логики построения. Особый интерес представляет постепенное ослабление роли визуальной опоры: как раз этот механизм помогает студенту перейти от готовой модели к самостоятельному графическому действию. Новизна исследования — в уточнении роли КОМПАС-3D как переходного дидактического звена между пространственным, цифровым и графическим уровнями учебной деятельности. Практическая ценность работы в том, что методику можно применить при проектировании занятий, составлении заданий возрастающей сложности и разборе ошибок, которые допускают обучающиеся.

Ключевые слова: начертательная геометрия, КОМПАС-3D, проекционные задачи, компьютерная графика, инженерная графика, пространственное мышление, трехмерное моделирование, ортогональное проецирование, визуализация, методика обучения, профессиональное образование, графическая подготовка

Для цитирования: Кешелян А. В., Стражкова Е. А., Водчиц-Озмидова А. С. Методика применения КОМПАС-3D для визуализации проекционных задач при изучении начертательной геометрии // Бизнес. Образование. Право. 2026. № 3(76). С. 413—419. DOI: 10.25683/VOLBI.2026.76.1690.

Original article

METHODOLOGY FOR USING KOMPAS-3D TO VISUALIZE PROJECTION PROBLEMS IN THE STUDY OF DESCRIPTIVE GEOMETRY

5.8.7 — Methodology and technology of vocational education

Abstract. *The paper substantiates, from a methodological standpoint, the use of KOMPAS-3D for visualizing projection problems in a descriptive geometry course at a technical university. The topic is timely because CAD tools are now widely used in engineering programs, yet students still struggle to make a real transition from the spatial form of an object to its orthographic depiction. The aim pursued here is to ground an approach in which KOMPAS-3D serves as an instrument of guided visualization, linking form analysis, digital modeling, and the learner's independent construction of a projection drawing. As its methodological foundation, the study draws on a review of recent publications devoted to geometric and graphic instruction, a comparative examination of CAD-oriented pedagogical approaches, pedagogical modeling of students' learning actions, and a content-based analysis of the difficulties typically encountered by students. A transitional didactic model is put forward, encompassing examination of the task conditions, construction of a simplified three-dimensional mo-*

del, comparison of that model against orthographic projections, independent execution of the drawing, and diagnostic review of the errors made. The digital model, the study finds, does not function merely as an illustration or a stand-in object; instead, it takes on a visual-analytical and diagnostic role, revealing errors in spatial reasoning, discrepancies between the views, and difficulties in accounting for projection logic. The scientific novelty of the work resides in a clarified understanding of KOMPAS-3D's role as an intermediary didactic link connecting the spatial, digital, and graphic levels of a student's learning activity. Its practical significance is reflected in the applicability of the proposed approach to lesson design, graded assignments, and error diagnosis.

Keywords: *descriptive geometry, KOMPAS-3D, projection problems, computer graphics, engineering graphics, spatial thinking, three-dimensional modeling, orthographic projection, visualization, teaching methodology, professional education, graphic training*

For citation: Keshelyan A. V., Strazhkova E. A., Vodchits-Ozmidova A. S. Methodology for using KOMPAS-3D to visualize projection problems in the study of descriptive geometry. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2026;3(76): 413—419. DOI: 10.25683/VOLBI.2026.76.1690.

Введение

Инженерная подготовка сегодня немыслима без CAD-платформ, трехмерного моделирования и компьютерной графики — их присутствие в учебном процессе только нарастает. При этом умение работать в конкретной программе вовсе не гарантирует, что у студента сформировано пространственное мышление: изображение объекта нередко получается автоматически, а связь между его формой, направлением проецирования, конкретным видом и готовым чертежом остается для обучающегося неочевидной. По этой причине работа с КОМПАС-3D в рамках начертательной геометрии нуждается в особой методической организации.

Изученность проблемы. Отечественные исследования, посвященные применению цифровых инструментов в геометро-графической подготовке, определяют их прежде всего как способ повысить наглядность обучения и упорядочить учебный процесс. Потенциал программы КОМПАС-3D при освоении графических дисциплин демонстрируют в своей работе В. А. Семенов, Р. Г. Вахитова и Ф. Т. Зиганшина [1]. Необходимость методического обеспечения дистанционных занятий обосновывают Р. Р. Анамова и Г. К. Хотина [2]. Е. П. Бояшова усматривает связь между результативностью обучения и конструктивным геометрическим моделированием [3]. Причинно-следственную природу учебных затруднений раскрывают в своем исследовании Е. В. Верхотурова и Г. А. Ивашенко [4]. Информатизацию инженерного образования рассматривают И. А. Козлова и Р. Б. и Б. М. Славины [5]. Значение последовательного освоения начертательной геометрии и компьютерной графики подчеркивает в своих работах Ж. А. Назарова [6; 7]. Трансформацию графических дисциплин с перестройкой методики обучения связывают Р. Р. Анамова с соавторами [8].

Похожий круг проблем разрабатывают и зарубежные авторы, изучающие связь CAD-образования, пространственных способностей и проектного мышления. Ф. Диллинг и А. Фоглер устанавливают, что развитие пространственных способностей средствами CAD происходит только при условии включения в учебный процесс аналитических действий [9]. И. Ших и У. Шер считают программную среду образовательным инструментом лишь при условии анализа, преобразования и обоснования [10]. Э. и С. Гутьеррес де Раве и Ф. Х. Хименес-Орнеро обосновывают продуктивность сочетания CAD с ортогональным проецированием [11; 12]. К. А. Бартлетт и Дж. Д. Камба конкретизируют понятие пространственных способностей в контексте CAD-образования [13], а З. Нгкобо, О. Риполь Чакон и Д. Рочман соотносят их формирование с практическим преобразованием формы и последовательностью заданий [14—16].

Целесообразность разработки темы определяется тем, что в существующей литературе вопрос о функции КОМПАС-3D — как элемента, обеспечивающего переход от пространственного образа предмета к его цифровой модели и далее к самостоятельно выполняемому проекционному построению, — освещен недостаточно точно. При отсутствии подобной ясности цифровая модель рискует свестись либо к иллюстрации, либо к средству, позволяющему обойти непосредственно графическую работу.

Цель исследования — теоретически обосновать методу применения КОМПАС-3D в качестве средства управляемой визуализации проекционных задач, которое позволяет перейти от анализа пространственной формы объекта к самостоятельному построению ортогонального чертежа.

Задачи исследования:

1) проанализировать актуальные направления применения CAD-сред в геометро-графической подготовке обучающихся;

2) установить риск, при котором проекционный анализ подменяется простым автоматическим формированием изображения;

3) аргументировать целесообразную очередность учебных действий — от анализа условия задачи к построению модели, а затем к проекциям и чертежу;

4) выявить признаки, по которым можно диагностировать понимание связи между пространственной формой объекта и ее проекционным изображением.

Гипотеза строится на следующем допущении: трехмерная модель ведет к осмысленному решению проекционных задач только тогда, когда КОМПАС-3D служит промежуточной визуально-аналитической опорой, а не инструментом для быстрого получения ответа.

Новизна работы заключается в теоретическом обосновании переходной дидактической модели, внутри которой КОМПАС-3D связывает три уровня учебной деятельности: пространственный анализ объекта, цифровую визуализацию его формы и самостоятельное построение ортогональных проекций.

Теоретическая ценность исследования видна в том, что дидактическая роль CAD-среды при изучении начертательной геометрии получает более точное определение. **Практическая сторона** связана с тем, что методику можно применить для построения занятий, подготовки заданий с плавно возрастающей сложностью, выявления ошибок и развития у студентов понимания связи между объемной формой и ее плоским изображением.

Основная часть

Возможности КОМПАС-3D при визуализации проекционных задач раскрываются сразу по нескольким линиям: объект можно показать, как трехмерную конструкцию, сменить точку наблюдения, обнаружить скрытые элементы формы и сравнить построенную модель с ее плоским изображением. Однако учебная ценность зависит не от самого обращения к программе, а от того, насколько выполняемые в ней действия отвечают геометрическому смыслу задачи.

Исходной точкой подхода служит анализ формы, а не изучение интерфейса. Первоначальная геометрия объекта проявляется в эскизе; операции выдавливания и вырезания делают наглядным изменение объема; поворот модели помогает проверить направление взгляда, а сравнение видов подтверждает согласованность ортогональных изображений. Команда программы в такой логике лишь внешне оформляет то мыслительное действие, которое студент должен произвести сам.

С методической стороны существенно, чтобы зависимость от зрительного образа модели со временем убывала. Сначала модель дает первичное понимание формы объекта; затем она нужна для сопоставления этой формы с видами и проекциями; позже ее роль смещается — теперь это средство самопроверки для учащегося. По этой причине в начале обучения разумно брать простые учебные детали и небольшой набор команд: эскиз, создание элементарного объема, вырезание, изменение ориентации модели и получение базовых видов.

Ценность КОМПАС-3D измеряется не ростом скорости черчения, а тем, что переход от мысленного пространственного образа к его графическому виду совершается осознанно. Цифровая среда дает шанс заметить расхождение между ожидаемым и фактически полученным изображением

и понять, на каком шаге появилась ошибка. За счет этого визуализация не просто иллюстрирует, но и обучает и служит диагностике.

Методология исследования. Исследование имеет теоретико-методический характер и направлено на выстраивание такой последовательности учебных действий, при которой КОМПАС-3D не подменяет собой классический графический анализ. Методическую основу составили изучение научной литературы, сравнительно-методический анализ, педагогическое моделирование, содержательный разбор типичных затруднений и методическое обобщение.

Обзор источников помог выделить наиболее актуальные сегодня направления изучения CAD-систем, геометрографической подготовки и пространственного мышления. Сравнительно-методический анализ использовался, чтобы сопоставить традиционную объяснительно-иллюстративную схему занятия с моделью, где цифровое представление объекта работает как управляемый визуальный ориентир. Порядок действий преподавателя и студента при решении проекционной задачи удалось выстроить через педагогическое моделирование.

Подробный разбор затруднений обучающихся дал возможность разнести ошибки по нескольким уровням: неполные представления о пространственной форме, неточности при построении цифровой модели, трудности перехода от модели к ортогональным проекциям, рассогласованность видов, неверное установление видимости и неспособность объяснить полученный чертеж. На эти уровни и опирается дальнейшая диагностика.

Разработанная методика построена на принципе постепенного сокращения визуальной поддержки для учащегося. Начало работы — разбор условия задачи и определение пространственных особенностей рассматриваемого объекта. Следующий шаг — построение его упрощенной модели с последующим сопоставлением такого представления с типовыми видами и признаками видимости. Только после выполнения этих этапов студент переходит к самостоятельному построению чертежа. Что касается итоговой проверки, она затрагивает не только качество полученного изображения: обучающемуся необходимо кратко пояснить логику собственных построений и указать вероятные причины допущенных неточностей.

Результаты исследования. Основным итогом проведенного исследования выступает переходная дидактическая модель применения КОМПАС-3D в процессе решения проекционных задач. Она объединяет три уровня учебной деятельности: пространственный уровень, предполагающий анализ формы объекта; цифровой уровень, на котором проверяются выдвинутые ранее предположения; графический уровень, где студент самостоятельно выполняет ортогональный чертеж и поясняет принцип его построения.

Данная модель не допускает прямого копирования изображения из программного обеспечения. Сначала у обучающегося складывается собственное представление о форме объекта, далее это представление конкретизируется посредством трехмерной модели, после чего модель сопоставляется с системой видов, и лишь на завершающем этапе осуществляется переход непосредственно к выполнению чертежа. Именно такая последовательность действий обеспечивает то, что цифровая среда выступает не заменителем самостоятельного решения задачи, а инструментом, придающим этому решению геометрическую обоснованность.

Начинается всё с пространственного уровня модели, который задает исходный объект анализа: учащемуся нужно определить, из каких элементарных объемов состоит деталь, какие ее части выступают, какие образованы вырезанием и какие связи между частями важны для будущих проекций. Выдвинутую гипотезу студент проверяет на цифровом уровне средствами КОМПАС-3D, но эта проверка не заменяет само рассуждение: полученная в программе форма сопоставляется с исходным условием, и представление о детали уточняется. Следующий шаг относится к графическому уровню: в систему ортогональных видов переносят не картинку из программы, а итог самостоятельного анализа учащегося.

Разделение на уровни как раз и сохраняет педагогический смысл начертательной геометрии. Если организовать работу иначе и получать виды автоматически с первых минут, студент увидит готовое графическое решение раньше, чем у него сложится понимание его геометрических оснований. Предлагаемая же последовательность построения иначе: цифровая модель возникает лишь на этапе, сле-

дующем за предварительным анализом, и выполняет функцию проверочного инструмента. Отсюда и роль программы КОМПАС-3D в учебном процессе — она задействуется не для получения готового ответа, а как средство, обеспечивающее переход от зрительного образа к обоснованному построению проекций.

Вследствие этого меняется и сама специфика контроля. Значение приобретает не только правильность выполнения линий на чертеже, но и способность обучающегося аргументированно раскрыть, по какой причине определенный элемент присутствует на одном виде, но оказывается скрыт или передан иным образом на другом, каким образом обеспечена согласованность контуров, а также почему именно такое изображение получается при определенном направлении обзора. Образовательный результат в этом случае получает форму не отдельного чертежа, а устойчивой взаимосвязи, объединяющей самостоятельное графическое действие, цифровую визуализацию и пространственный анализ (см. табл.).

Методическая модель применения КОМПАС-3D при решении проекционных задач

Этап работы	Действие обучающегося	Функция КОМПАС-3D	Методическая задача преподавателя	Ожидаемый результат
Анализ условия задачи	Выделяет форму объекта, основные элементы и их взаимное расположение	Не используется либо используется минимально	Направить внимание на геометрическое содержание задачи	Сформировано первичное пространственное представление
Построение упрощенной модели	Создает простую трехмерную модель с ограниченным набором команд	Визуализирует пространственную структуру объекта	Не допустить смещения внимания на интерфейс программы	Уточнена форма объекта и взаимное положение элементов
Сопоставление модели и проекций	Сравнивает модель с видами, анализирует направление взгляда и видимость	Обеспечивает проверку связи между формой и изображением	Организовать обсуждение согласованности видов	Осознана логика ортогонального проецирования
Самостоятельное выполнение чертежа	Выполняет построение без прямого копирования изображения из программы	Служит вспомогательной опорой либо средством последующей проверки	Сохранить самостоятельность графического действия	Получен осмысленный проекционный чертеж
Диагностический разбор ошибки	Объясняет причину расхождения между моделью и чертежом	Помогает выявить уровень затруднения	Использовать ошибку как материал для коррекции обучения	Определены индивидуальные учебные затруднения

Примечание: сост. авторами.

Таблица показывает, как распределяются задачи между обучающимся, преподавателем и программной средой. На стадии осмысления условия задачи обращение к КОМПАС-3D сведено к минимуму — это сделано намеренно, чтобы студент сохранял способность самостоятельно ориентироваться в пространственных построениях. Когда формируется модель, программное обеспечение выступает инструментом верификации первоначального предположения о геометрической форме объекта. На стадии, где модель соотносится с проекционными изображениями, программа помогает установить соответствие между трехмерным объемом и его плоскостным отображением. Наконец, при выполнении студентом чертежа без посторонней помощи роль программы становится второстепенной: она используется лишь для проверки полученного результата.

Методическое моделирование дало возможность выделить диагностические категории ошибок. Первую из них составляют ошибки пространственного анализа: искаженное представление о форме объекта, о его выступающих и вырезанных элементах, а также о сопряжениях и взаимном расположении составных частей. Вторую категорию образуют ошибки циф-

рового моделирования — ситуации, когда команды выполняются внешне корректно, но итоговая модель не соответствует поставленному условию. Третья категория обусловлена трудностями перехода к проекционным изображениям: неверно выбранное направление взгляда, рассогласованность видов между собой и непонимание того, что один и тот же элемент может по-разному отображаться на разных видах. Четвертая категория включает ошибки видимости и слабо обоснованное объяснение результата.

Результативность подхода оценивается по ряду признаков: насколько точно согласованы виды между собой, правильно ли выделены видимые и скрытые линии контура, может ли учащийся раскрыть связь между объемной моделью и ее ортогональным отображением, в какой степени чертеж выполнен самостоятельно и насколько ясно студент называет источник допущенной неточности. Такая оценка учитывает не только внешнее качество изображения, но и глубину стоящего за ним пространственного мышления.

Обратимся к практическому применению подхода на примере задания по построению видов несложной учебной детали. На первом этапе студентам предстоит

определить набор элементов, подлежащих отображению на главном виде, а также на видах сверху и слева; далее ими создается упрощенная модель, включающая ограниченное количество операций формообразования. Полученная модель сопоставляется с ортогональными изображениями, и лишь после того, как обсуждены направление взгляда, взаимная согласованность видов и особенности отображения невидимых контуров, обучающиеся переходят к самостоятельному выполнению чертежа.

Полученные данные соответствуют выводам ряда современных научных работ [9—16], авторы которых связывают развивающий эффект *CAD*-инструментов для пространственного анализа с необходимостью активной трансформации формы и осмысленного сопоставления модели с ее проекцией. Отсюда следует, что подтверждена не универсальная эффективность КОМПАС-3D как такового, а определенная методическая логика его встраивания в учебный процесс.

Обсуждение результатов исследования. В отличие от классического объяснительно-иллюстративного подхода, рассматриваемая методика предполагает прохождение учащимся полного цикла учебного действия: он разбирает условие задачи, выдвигает гипотезу о форме объекта, подтверждает эту гипотезу проверке посредством модели, соотносит полученную модель с проекциями, составляет чертеж и поясняет допущенные ошибки. При этом цифровая визуализация выступает инструментом, органично встроенным в содержание начертательной геометрии, а не средством демонстрации уже готового решения.

Овладение командами *CAD*-системы тоже не исчерпывает суть методики. Обращение к программе только ради быстрого получения изображения не гарантирует, что учащийся поймет логику проекционных построений. Предлагаемый подход исходит из другого мерила: значимость работы в КОМПАС-3D определяется не числом освоенных функций, а тем, насколько они включены в анализ формы объекта, выбор направления взгляда, взаимное согласование видов и качество итогового чертежа.

Многое здесь зависит от профессионального уровня преподавателя. Ему приходится следить не только за технической стороной работы с программой, но и за ходом мысли учащегося: задавать вопросы о форме объекта, требовать обоснования выбранного вида, обращать внимание на признаки видимости и трактовать ошибку как материал для диагностики. Если преподаватель сводит занятие к простому показу команд, его развивающий потенциал заметно падает, и урок фактически превращается в освоение интерфейса.

У работы есть ограничение методологического свойства: изложенные положения теоретичны, а экспериментальная проверка эффективности модели в статье не выполнялась. Последующая эмпирическая проверка могла бы включать сравнение двух групп обучающихся: занимавшихся по традиционной схеме и осваивавших материал по описанной последовательности — с оценкой по ряду параметров: точность согласования видов, корректность определения видимости, качество объяснения допущенной ошибки и способность испытуемых самостоятельно выполнить аналогичное задание.

Отдельным направлением развития методики служит формирование банка учебных заданий по принципу нарастающей сложности: от распознавания формы объекта и построения его видов до анализа разрезов и сечений,

поиска ошибок в готовых изображениях и раскрытия связи между моделью и ее проекцией. Подобная логика построения заданий подтверждает положение о том, что пространственная визуализация формируется благодаря деятельности преобразованию формы и осмыслению собственных графических действий [15; 16].

Заключение

Результаты проведенной работы свидетельствуют о том, что обращение к КОМПАС-3D в преподавании начертательной геометрии обретает методическое обоснование лишь при условии, что программа выполняет роль промежуточного визуально-аналитического звена между пространственным образом объекта и его проекционным изображением. Компьютерная модель не должна подменять собой самостоятельно выполняемый чертеж — ее назначение состоит в том, чтобы помочь студенту понять, как соотносятся между собой форма предмета, его вид и ортогональная проекция.

Цель, сформулированная в начале исследования, достигнута благодаря теоретическому обоснованию переходной дидактической модели. Задачи работы предполагали рассмотрение современных подходов к применению *CAD*-сред, выявление рисков, которые несет автоматизированная подмена проекционного анализа, характеристику последовательности учебных действий — от анализа условия задачи до самостоятельного выполнения чертежа, — а также обозначение диагностических признаков, по которым можно судить о степени понимания материала.

К основным факторам риска относятся слишком ранний показ уже готовой модели, смещение фокуса внимания в сторону интерфейса, автоматическое формирование изображения, при котором геометрическая логика построения остается нераскрытой, и воспроизведение результата на сугубо формальном уровне. Ослабить влияние этих факторов позволяет ряд условий: необходим предварительный анализ условия задачи; на начальном этапе целесообразно ограничивать набор доступных команд; построенную модель необходимо в обязательном порядке сопоставлять с системой проекций; важно сохранять самостоятельность графического действия.

Педагогические рекомендации, адресованные преподавателю, охватывают подбор заданий с постепенно нарастающей сложностью, обращение к программе КОМПАС-3D лишь после того, как форма детали подвергнется предварительному анализу, рассмотрение вопросов, касающихся направления взгляда, взаимной согласованности видов и признаков видимости, а также диагностику типичных ошибок. Прикладная значимость представленной модели заключается в ее пригодности для использования на занятиях по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике.

Научная новизна работы обусловлена уточнением функции КОМПАС-3D — данная система выступает инструментом, интегрирующим пространственный, цифровой и графический уровни учебной деятельности. Дальнейшее развитие исследования подразумевает проверку предложенной методики в рамках педагогического эксперимента, формирование банка учебных задач, а также определение критериев, по которым можно судить о сформированности пространственного мышления обучающихся.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Семенов В. А., Вахитова Р. Г., Зиганшина Ф. Т. КОМПАС-3D как инструмент освоения графических дисциплин // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2021. № 2(36). С. 127—131. DOI: 10.17122/2541-8904-2021-2-36-127-131.
2. Анамова Р. Р., Хотина Г. К. Методики и средства обучения для дистанционных занятий по геометро-графическим дисциплинам // Наука и школа. 2021. № 3. С. 137—153.
3. Бояшова Е. П. Особенности дистанционного обучения геометро-графическим дисциплинам с использованием методов конструктивного геометрического моделирования // Геометрия и графика. 2021. Т. 9. № 3. С. 46—56. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-46-56.
4. Верхотурова Е. В., Иващенко Г. А. Причинно-следственный анализ проблем геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза // Геометрия и графика. 2022. Т. 10. № 2. С. 60—69. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69.
5. Козлова И. А., Славин Р. Б., Славин Б. М. Графические дисциплины и информатизация инженерного образования // Геометрия и графика. 2022. Т. 10. № 4. С. 35—45. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-35-45.
6. Назарова Ж. А. Обоснование последовательного изучения разделов начертательной геометрии и инженерной компьютерной графики // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 1. С. 133—137. DOI: 10.17513/snt.39510.
7. Назарова Ж. А. Геометро-графическая подготовка студентов технических специальностей в современных условиях // Геометрия и графика. 2024. Т. 12. № 1. С. 41—49. DOI: 10.12737/2308-4898-2024-12-1-41-49.
8. Трансформация геометро-графических дисциплин в МАИ при переходе к базовому высшему образованию / Р. Р. Анамова, А. В. Рипецкий, С. А. Леонова и др. // Alma Mater. Вестник высшей школы. 2025. № 6. С. 83—89. DOI: 10.20339/AM.06-25.083.
9. Dilling F., Vogler A. Fostering Spatial Ability Through Computer-Aided Design: a Case Study // Digital Experiences in Mathematics Education. 2021. Vol. 7. Iss. 2. Pp. 323—336. DOI: 10.1007/s40751-021-00084-w.
10. Shih Y. T., Sher W. Exploring the Role of CAD and its Application in Design Education // Computer-Aided Design and Applications. 2021. Vol. 18. No. 6. Pp. 1410—1424. DOI: 10.14733/cadaps.2021.1410-1424.
11. Gutiérrez de Ravé E., Jiménez-Hornero F. J. A 3D Descriptive Geometry Problem-Solving Methodology Using CAD and Orthographic Projection // Symmetry. 2024. Vol. 16. Iss. 4. Art. 476. DOI: 10.3390/sym16040476.
12. Gutiérrez de Ravé S., Gutiérrez de Ravé E., Jiménez-Hornero F. J. Integrating CAD and Orthographic Projection in Descriptive Geometry Education: A Comparative Analysis with Monge's System // Education Sciences. 2025. Vol. 15. Iss. 11. Art. 1492. DOI: 10.3390/educsci15111492.
13. Bartlett K. A., Camba J. D. Toward a Broader Understanding of Spatial Ability in CAD Education // Computer-Aided Design & Applications. 2024. Vol. 21. No. 1. Pp. 39—54. DOI: 10.14733/cadaps.2024.39-54.
14. Ngcobo Z. Keeping Pace with 21st Century Skills: The Role of Computer-Aided Design in Teaching Engineering Graphics and Design // International Journal of Learning, Teaching and Educational Research. 2025. Vol. 24. No. 12. Pp. 546—568. DOI: 10.26803/ijlter.24.12.24.
15. Ripoll Chacón O. Influencia del dibujo técnico en el desarrollo de la visión espacial: una revisión sistemática de la literatura // UTE. Teaching & Technology, Universitas Tarraconensis. 2025. Núm. 2. Art. e3930.
16. Rochman D. Geometry in Motion: A Craft Perspective for Design and Teaching: A Case Study — The Hinge // Computer-Aided Design & Applications. 2026. Vol. 23. No. 3. Pp. 302—316. DOI: 10.14733/cadaps.2026.302-316.

REFERENCES

1. Semeno V. A., Vakhitova R. G., Ziganshina F. T. KOMPAS-3D as a tool for learning graphic disciplines. *Vestnik UGN-TU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya ekonomika = Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy*. 2021;2(36):127—131. (In Russ.) DOI: 10.17122/2541-8904-2021-2-36-127-131.
2. Anamova R. R., Khotina G. K. Teaching methods and tools for distance learning in geometric and graphic disciplines. *Nauka i shkola = Science and School*. 2021;3:137—153. (In Russ.)
3. Boyashova E. P. Features of Distance Learning in Geometric and Graphic Disciplines Using Methods of Constructive Geometric Modeling. *Geometriya i grafika = Geometry & Graphics*. 2021;9(3):46—56. (In Russ.) DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-46-56.
4. Verhoturova E. V., Ivaschenko G. A. Cause and Effect Diagram of the Problems of Geometric and Graphic Training of Students at a Technical University. *Geometriya i grafika = Geometry & Graphics*. 2022;10(2):60—69. (In Russ.) DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69.
5. Kozlova I. A., Slavin R. B., Slavin B. M. Graphic Disciplines and Informatization of Engineering Education. *Geometriya i grafika = Geometry & Graphics*. 2022;10(4):35—45. (In Russ.) DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-35-45.
6. Nazarova Z. A. Justification of the consistent study of the sections of descriptive geometry and engineering computer graphics. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high technologies*. 2023;1:133—137. (In Russ.) DOI: 10.17513/snt.39510.
7. Nazarova Z. A. Geometric and Graphic Training of Technical Students in Modern Conditions. *Geometriya i grafika = Geometry & Graphics*. 2024;12(1):41—49. (In Russ.) DOI: 10.12737/2308-4898-2024-12-1-41-49.
8. Anamova R. R., Ripetskiy A. V., Leonova S. A. et al. Transformation of geometric and graphic disciplines in MAI during the transition to basic higher education. *Alma mater. Vestnik vysshei shkoly*. 2025;6:83—89. (In Russ.) DOI: 10.20339/AM.06-25.083.
9. Dilling F., Vogler A. Fostering Spatial Ability Through Computer-Aided Design: a Case Study. *Digital Experiences in Mathematics Education*. 2021;7(2):323—336. DOI: 10.1007/s40751-021-00084-w.
10. Shih Y. T., Sher W. Exploring the Role of CAD and its Application in Design Education. *Computer-Aided Design and Applications*. 2021;18(6):1410—1424. DOI: 10.14733/cadaps.2021.1410-1424.

11. Gutiérrez de Ravé E., Jiménez-Hornero F. J. A 3D Descriptive Geometry Problem-Solving Methodology Using CAD and Orthographic Projection. *Symmetry*. 2024;16(4):476. DOI: 10.3390/sym16040476.
12. Gutiérrez de Ravé S., Gutiérrez de Ravé E., Jiménez-Hornero F. J. Integrating CAD and Orthographic Projection in Descriptive Geometry Education: A Comparative Analysis with Monge's System. *Education Sciences*. 2025;15(11):1492. DOI: 10.3390/educsci15111492.
13. Bartlett K. A., Camba J. D. Toward a Broader Understanding of Spatial Ability in CAD Education. *Computer-Aided Design & Applications*. 2024;21(1):39—54. DOI: 10.14733/cadaps.2024.39-54.
14. Ngcobo Z. Keeping Pace with 21st Century Skills: The Role of Computer-Aided Design in Teaching Engineering Graphics and Design. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 2025;24(12):546—568. DOI: 10.26803/ijlter.24.12.24.
15. Ripoll Chacón O. Influence of technical drawing on the development of spatial visualization ability: a systematic literature review. *UTE. Teaching & Technology, Universitas Tarraconensis*. 2025;2:e3930. (In Spanish)
16. Rochman D. Geometry in Motion: A Craft Perspective for Design and Teaching: A Case Study — The Hinge. *Computer-Aided Design & Applications*. 2026;23(3):302—316. DOI: 10.14733/cadaps.2026.302-316.

Статья поступила в редакцию 07.06.2026; одобрена после рецензирования 05.07.2026; принята к публикации 06.07.2026.
The article was submitted 07.06.2026; approved after reviewing 05.07.2026; accepted for publication 06.07.2026.