

УДК 514.18: 378.147

DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-3-39-46

Н.В. Палий

Канд. техн. наук, доцент,
Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана,
Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Покадровая анимация в обучении начертательной геометрии

Аннотация. В работе описано использование покадровой анимации геометрических построений в курсе «Начертательная геометрия» для предоставления учебного графического материала в более доступной и наглядной для студентов форме.

Представлено электронное обеспечение занятий по начертательной геометрии, использующееся на кафедре «Инженерная графика» в МГТУ им. Н.Э. Баумана, выполненное в технике покадровой анимации в формате презентаций и формате электронных текстовых изданий.

Изложена техника создания покадровой анимации. Геометрические построения выполняются с помощью компьютерных графических систем по слоям, каждый слой содержит один шаг построения. При поочередном включении слоев создаётся ряд графических файлов, которые в определенной последовательности вставляются в слайды презентации или на страницы электронного текстового издания. При демонстрации на экране создаётся визуализация хода геометрических построений.

Электронное обеспечение занятий, выполненное в формате презентаций для демонстрации материала курса на экране в аудитории, используется преподавателями при чтении лекций и ведении практических занятий. Презентации содержат графический материал в технике покадровой анимации и минимальный текстовый материал, необходимые пояснения дает преподаватель.

Электронное обеспечение занятий, выполненное в виде электронного учебного наглядного пособия, используется для самостоятельной работы студентов. В отличие от презентаций для ведения аудиторных занятий, в электронном учебном наглядном пособии анимация геометрических построений сопровождается текстовым пошаговым описанием последовательности решения геометрических задач.

Основным преимуществом использования электронного обеспечения занятий, выполненного в технике покадровой анимации по сравнению с традиционным обеспечением, является наглядность и возможность последовательно, по шагам, разобраться в ходе графических построений с возможностью вернуться назад и повторить последовательность на любом этапе построений.

Ключевые слова: начертательная геометрия, графические построения, покадровая анимация, электронное обеспечение занятий, последовательность геометрических построений.

N.V. Paliy

Ph.D. of Engineering, Associate Professor,
Bauman Moscow State Technical University,
5, 2nd Baumanskaya, Moscow, 105005, Russia

Frame-By-Frame Animation in Teaching Descriptive Geometry

Abstract. The paper presents using of frame-by-frame animation of geometric constructions in the course "Descriptive Geometry" to present educational graphic material in a more accessible and visual form for students.

Electronic support of descriptive geometry classes used at the Department of Engineering Graphics at Bauman Moscow State Technical University made in the technique of frame-by-frame animation in the format of presentations and electronic text publications is presented.

The technique of creating frame-by-frame animation is described. Geometric constructions are performed using computer graphics systems, in layers; each layer contains one step of construction. When layers are showed on alternately, a number of graphic files are created, which are inserted in a certain sequence on presentation slides or on the pages of an electronic text publication. During the demonstration, a visualization of the course of geometric constructions is created on the screen.

Teachers when giving lectures and practical classes use electronic support of classes, made in the format of presentations to demonstrate the course material on the screen in the classroom. The presentations contain graphic material in the technique of frame-by-frame animation and minimal text material; the teacher gives the necessary explanations.

Electronic support of classes, made in the form of an electronic educational visual aid, is used for independent work of students. Unlike classroom presentations, in an electronic educational visual aid, the animation of geometric constructions is accompanied by a text step-by-step description of the sequence of solving geometric problems.

The main advantage of using electronic training software made in frame-by-frame animation technology compared to traditional software is the visibility and the ability to consistently, step by step, understanding the course of graphic constructions, with the ability to go back and repeat the sequence at any stage.

Keywords: descriptive geometry, graphic constructions, frame-by-frame animation, electronic support of classes, sequence of geometric constructions.

Введение

Начертательная геометрия — одна из основных базовых дисциплин подготовки инженерно-технических кадров, для эффективного изучения которой необходим системный подход с использованием современных компьютерных технологий [10; 11; 21; 26; 27].

Дисциплина «Начертательная геометрия» отличается большим количеством геометрических построений. Изучение начертательной геометрии вызывает у студентов значительные трудности [3; 6–8; 20; 25; 26; 32]. Это в основном связано со сложностью восприятия текста, описывающего последовательность геометрических построений по чертежам, содержащим полностью решенную задачу, и с объемом самих построений. Особенно эта проблема актуальна при

решении сложных задач, содержащих большое количество линий и обозначений на чертеже, таких как построение линий пересечения поверхностей, построение разверток поверхностей и тому подобных. Проблема усугубляется слабой геометрической подготовкой будущих студентов в школе [20; 25; 32].

Для предоставления учебного графического материала в более доступной и наглядной для студентов форме используют различные средства современных компьютерных технологий [1; 4; 5; 8; 9; 12–15; 17–20; 22; 23; 29; 30].

В МГТУ им. Н.Э. Баумана на кафедре «Инженерная графика» создано наглядное электронное обеспечение занятий по начертательной геометрии, выполненное в технике покадровой анимации [24; 31].

Электронное обеспечение занятий представлено в двух форматах:

- в формате презентаций для демонстрации материала курса на экране в аудитории. Презентация используется преподавателями для чтения лекций и ведения семинарских занятий со студентами;
- в формате электронных текстовых изданий в виде учебных наглядных пособий, которые используются студентами для самостоятельной работы.

Техника создания покадровой анимации в начертательной геометрии

Предварительно составляется сценарий изложения материала курса по темам с последовательностью геометрических построений по шагам.

Геометрические построения выполняются с помощью компьютерных графических систем, например, Компас или *AutoCAD*, по слоям, каждый слой содержит один шаг построения. При поочередном включении слоев создаётся ряд графических файлов (в формате *JPEG*, *GIF* и др.), которые в определенной последовательности вставляются в слайды презентации или на страницы электронного текстового издания.

При демонстрации геометрических построений в технике покадровой анимации происходит последовательный показ слайдов презентации или страниц электронного текстового издания, содержащих заранее созданные графические файлы. Каждый последующий слайд содержит изображение, совпадающее с изображением предыдущего слайда, но дополненное пошаговыми графическими построениями.

При использовании этой технологии на экране создаётся визуализация последовательного хода решения задачи.

Использование покадровой анимации при проведении аудиторных занятий

Презентации для лекций и семинаров содержат графический материал в технике покадровой анимации, с помощью последовательных построений поясняющий основные положения метода проекций на чертеже Монжа и в аксонометрии, правила построения изображений геометрических фигур и их взаимного положения, способы преобразования и примеры решения позиционных и метрических задач [31]. Содержание материала соответствует современному уровню преподавания начертательной геометрии для студентов инженерно-технических специальностей [16].

На слайдах презентации для лекций и семинаров имеется минимальный текстовый материал, а необходимые пояснения дает преподаватель.

На рис. 1 представлены слайды презентации для лекций с примером последовательного пояснения материала по теме «Прямые частного положения в плоскости». На каждом слайде на рис. 1 имеется наглядное изображение и изображение на чертеже Монжа, которые при последовательной смене слайдов достраиваются на один шаг. Степень детализации слайдов может быть различной и определяется этапами графических построений в соответствии с последовательностью решения задачи.

Для простых графических задач наглядное изображение на слайде может быть статичным, т.е. не достраивается по шагам, по содержанию полностью соответствует конечному результату решения задачи. Построения на чертеже Монжа всегда выполняются в технике покадровой анимации с нужной степенью детализации.

Скорость смены слайдов регулирует преподаватель. При необходимости на любом этапе пояснений имеется возможность вернуться назад и повторить последовательность построений. Студенты выполняют пошаговые построения в рабочих тетрадях для лекций и семинаров [2; 28], содержащих исходный графический материал, соответствующий представленному на экране.

Использование преподавателем презентаций, выполненных в технике покадровой анимации на занятиях, кроме наглядности при изложении материала, позволяет эффективно использовать время занятий, так как преподаватель не выполняет построения вручную на доске. В условиях ведения занятий преподавателями с разным уровнем подготовки [3; 8; 9], наличие электронного ресурса в виде презентаций нивелирует различия в уровне подготовке преподавателей и тем самым повышает качество занятий на кафедре в целом.

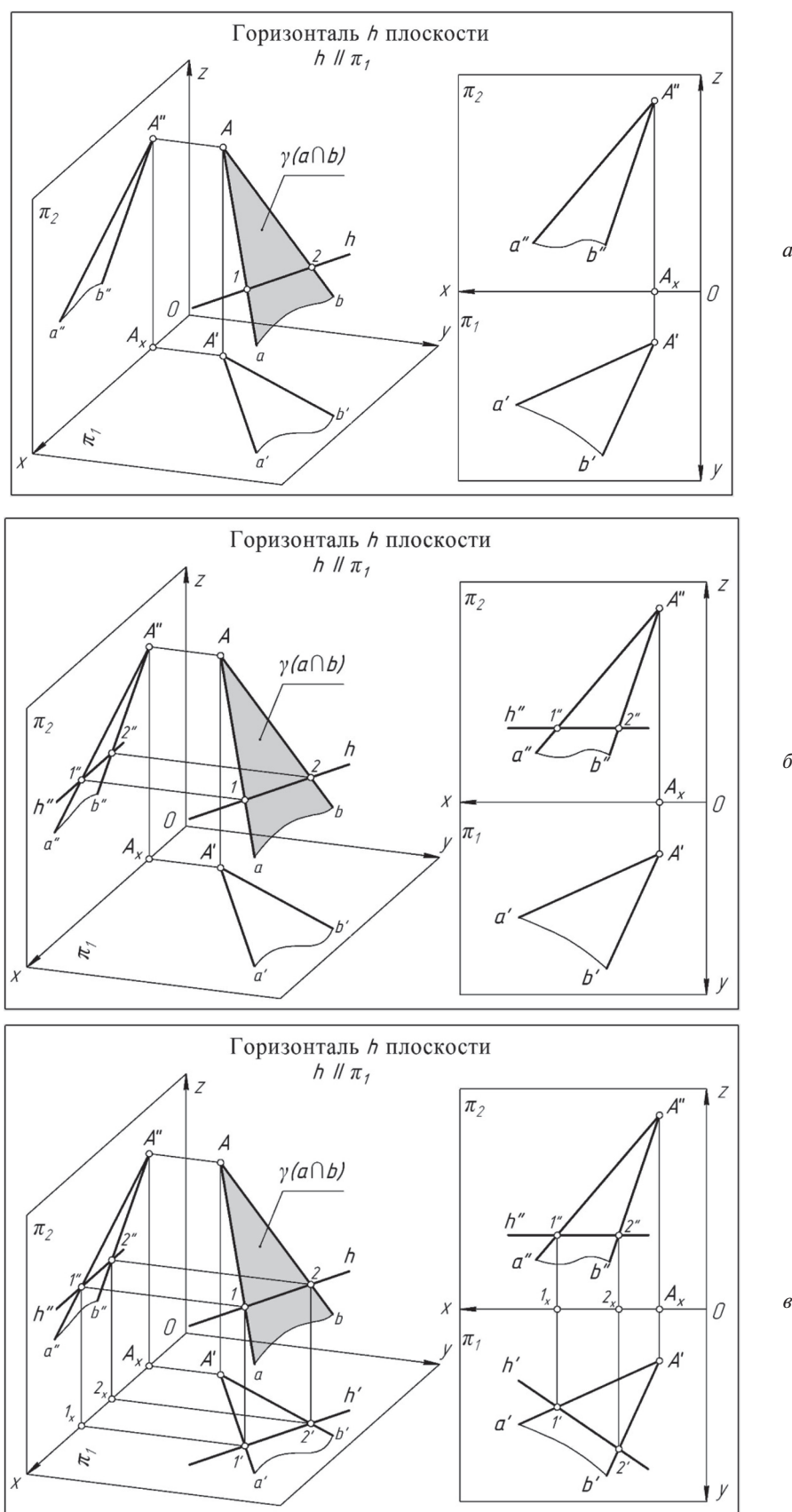


Рис. 1. Слайды презентации для лекции с примером последовательного пояснения материала по теме «Прямые частного положения в плоскости»

Использование покадровой анимации для самостоятельной работы студентов

Для самостоятельной работы студентов создано электронное учебное наглядное пособие [24], выполненное в текстовом формате в технике покадровой анимации. Просмотр на экране материала пособия происходит постранично.

Электронное учебное наглядное пособие представляет собой расширенный конспект лекций по начертательной геометрии.

В отличие от презентаций для ведения аудиторных занятий, в электронном учебном наглядном пособии покадровая анимация геометрических построений сопровождается текстовым пошаговым описанием последовательности геометрических построений.

В пособии представлены следующие разделы курса: метод проекций, проекции геометрических фигур, способы преобразования, пересечение геометрических фигур, плоскость, касательная к поверхности, нормаль поверхности, развертки поверхностей, аксонометрия.

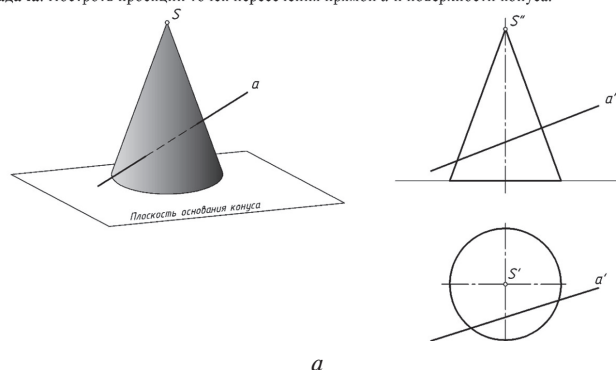
На рис. 2 приведен пример последовательного решения задачи из электронного учебного наглядного пособия на тему «Пересечение прямой линии с поверхностью вращения».

Материал электронного учебного наглядного пособия позволяет студентам самостоятельно подготовиться к сдаче домашних, контрольных заданий и экзамена по курсу «Начертательная геометрия».

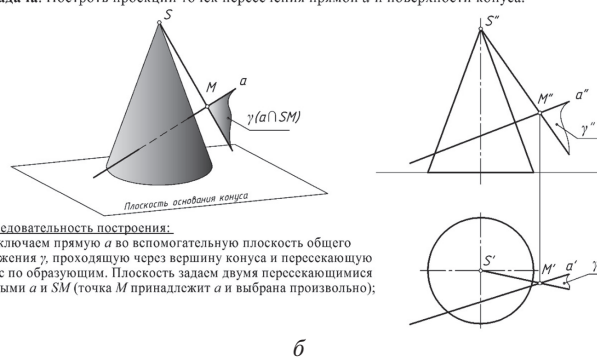
Преимуществом электронного учебного наглядного пособия по сравнению с традиционными учебниками по начертательной геометрии является наглядность и возможность последовательно, по шагам, разобрать ход графических построений при решении задач, с возможностью вернуться назад и повторить последовательность построений на любом этапе решения задачи.

Кроме электронного учебного пособия, для самостоятельной работы студентов создано электронное обеспечение в форме презентации, которое используется при подготовке к практическим занятиям и контрольным мероприятиям. У студентов есть рабочие тетради для практических занятий с условиями задач по каждой теме курса [2]. Примерно 40% задач рабочей тетради решены с использованием покадровой анимации и доступны студентам в виде презентации. В презентации покадровая анимация геометрических построений при решении задач сопровождается текстовым пошаговым описанием последовательности геометрических построений, аналогично материалу электронного учебного пособия. Остальные приблизительно 60% задач из рабочей тетради студенты решают самостоятельно или с помощью преподавателя.

Задача. Построить проекции точек пересечения прямой a и поверхности конуса.



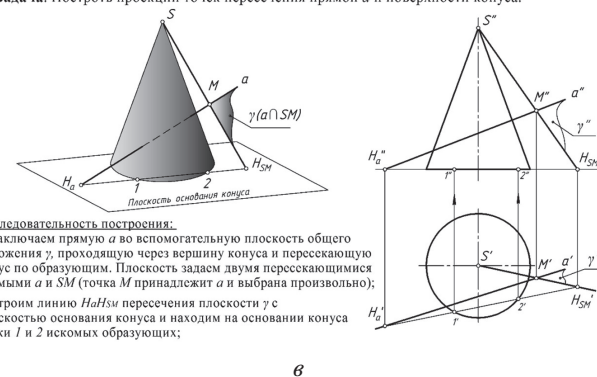
Задача. Построить проекции точек пересечения прямой a и поверхности конуса.



Последовательность построения:

1) заключаем прямую a во вспомогательную плоскость общего положения γ , проходящую через вершину конуса и пересекающую конус по образующим. Плоскость задаем двумя пересекающимися прямыми a и SM (точка M принадлежит a и выбрана произвольно);

Задача. Построить проекции точек пересечения прямой a и поверхности конуса.

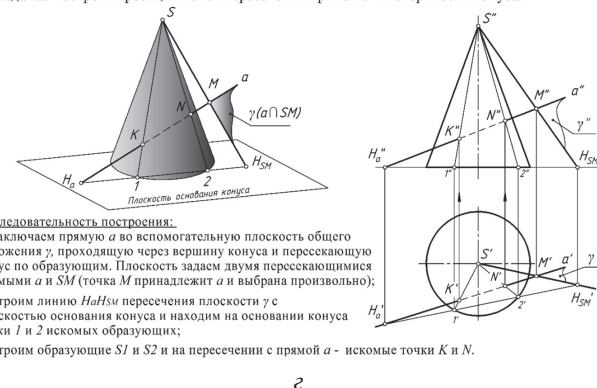


Последовательность построения:

1) заключаем прямую a во вспомогательную плоскость общего положения γ , проходящую через вершину конуса и пересекающую конус по образующим. Плоскость задаем двумя пересекающимися прямыми a и SM (точка M принадлежит a и выбрана произвольно);

2) строим линию h_0 пересечения плоскости γ с плоскостью основания конуса и находим на основании конуса точки 1 и 2 искоемых образующих;

Задача. Построить проекции точек пересечения прямой a и поверхности конуса.



Последовательность построения:

1) заключаем прямую a во вспомогательную плоскость общего положения γ , проходящую через вершину конуса и пересекающую конус по образующим. Плоскость задаем двумя пересекающимися прямыми a и SM (точка M принадлежит a и выбрана произвольно);

2) строим линию h_0 пересечения плоскости γ с плоскостью основания конуса и находим на основании конуса точки 1 и 2 искоемых образующих;

3) строим образующие SK и SN и на пересечении с прямой a - искоемые точки K и N .

Рис. 2. Пример последовательного решения задачи из электронного учебного наглядного пособия для самостоятельной работы студентов

Заключение

Применение на кафедре «Инженерная графика» МГТУ им. Н.Э. Баумана электронного обеспечения занятий по начертательной геометрии, выполненного в технике покадровой анимации, позволяет интенсифицировать учебный процесс за счет:

- более доступной и наглядной для студентов формы подачи учебного материала с визуализацией последовательности графических построений;

- более эффективного использования преподавателем времени занятий и нивелирования различия в уровне подготовке преподавателей.

В результате применения электронного обеспечения занятий отмечено повышение успеваемости обучающихся до 90%.

Следует отметить, что использование разработанного электронного обеспечения занятий по начертательной геометрии в дистанционном образовании во время пандемии также показало его достаточную эффективность.

Литература

1. Белобородова Т.Л. Электронный образовательный ресурс в курсе начертательной геометрии МГТУ им. Н.Э. Баумана [Текст] / Т.Л. Белобородова, И.Ф. Боровиков, Н.В. Палий, Л.С. Сенченкова, Н.Г. Суркова // В сб.: Цифровые технологии в инженерном образовании: новые тренды и опыт внедрения. Сборник трудов Международного форума, 2020. — С. 18–20.
2. Белобородова Т.Л. Начертательная геометрия: Рабочая тетрадь [Текст] / Т.Л. Белобородова, Н.В. Палий, Л.С. Сенченкова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. — 44 с.
3. 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
4. Бойков А.А. Компьютерные средства поддержки учебных курсов графических дисциплин [Текст] / А.А. Бойков // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 2. — С. 29–31. — DOI: 10.12737/791
5. Бояшова Е.П. Особенности дистанционного обучения геометро-графическим дисциплинам с использованием методов конструктивного геометрического моделирования [Текст] / Е.П. Бояшова // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 3. — С. 46–56. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-46-56
6. Верхотурова Е.В. Причинно-следственный анализ проблем геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза [Текст] / Е.В. Верхотурова, Г.А. Иващенко // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 2. — С. 60–69. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69
7. Вольхин К.А. Проблемы графической подготовки студентов технического университета [Текст] / К.А. Вольхин, Т.А. Астахова // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 3. — С. 25–30. — DOI: 10.12737/6522
8. Вышнепольский В.И. Всероссийская научно-методическая конференция «Проблемы инженерной геометрии» и семинар «Геометрия и графика» 2021 г. [Текст] / В.И. Вышнепольский, Н.С. Кадыкова, Т.А. Верещагина // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 2. — С. 35–52. — DOI 10.12737/2308-4898-2022-10-2-35-52
9. Вышнепольский В.И. Методическая система проведения занятий на кафедре «Инженерная графика» РТУ МИРЭА [Текст] / В.И. Вышнепольский, А.А. Бойков, К.Т. Егизарян, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2023. — Т. 11. — № 1. — С. 23–34. — DOI 10.12737/2308-4898-2023-11-1-23-34
10. Вышнепольский В.И. Организация практико-ориентированного обучения на кафедре «Инженерная графика» РТУ МИРЭА [Текст] / В.И. Вышнепольский, А.А. Бойков, А.В. Ефремов, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2023. — Т. 11. — № 1. — С. 35–43. — DOI 10.12737/2308-4898-2023-11-1-35-43
11. Вышнепольский В.И. Цели и методы обучения графическим дисциплинам [Текст] / В.И. Вышнепольский, Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 2. — С. 8–9. — DOI: 10.12737/777
12. Горячкина А.Ю. Эффективность применения мультимедийных разработок при изучении графических дисциплин [Текст] / А.Ю. Горячкина, О.М. Корягина, И.А. Горюнова // Главный механик. — 2021. — № 2. — С. 44–45.
13. Горячкина А.Ю. Применение мультимедийных технологий в курсе начертательной геометрии [Текст] / А.Ю. Горячкина, И.А. Горюнова, О.М. Корягина // Cloud of Science. — 2019. — Т. 6. — № 1. — С. 63–70.
14. Гузнецов В.Н. Использование цифровых технологий на кафедре инженерной графики МГТУ им. Н.Э. Баумана [Текст] / В.Н. Гузнецов // Научное обозрение. Педагогические науки. — 2020. — № 2. — С. 10–14. DOI: 10.17513/srps.2279
15. 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
16. Иванов Г.С. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / Г.С. Иванов. — 3-е изд. — М.: Изд-во МГУЛ, 2012. — 224 с.
17. Игнатъев С.А. Повышение наглядности представления изучаемых в начертательной геометрии объектов

- [Текст] / С.А. Игнатъев, Э.Х. Муратбаев, М.В. Воронина // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 44–53. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-44-53
18. Игнатъев С.А. Функциональные возможности среды Wolfram Mathematica для визуализации кривых линий и поверхностей [Текст] / С.А. Игнатъев, А.И. Фоломкин, Э.Х. Муратбаев // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 1. — С. 29–38. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-1-29-38
 19. Игнатъев С.А. Визуализация задач начертательной геометрии посредством Wolfram Mathematica [Текст] / С.А. Игнатъев, А.И. Фоломкин, Э.Х. Муратбаев // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 4. — С. 74–84. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-74-84
 20. 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
 21. Лепаров М.Н. О геометрии, еще один раз [Текст] / М.Н. Лепаров // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 3–13. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13
 22. 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. 46–55. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-46-55
 23. Палий Н.В. Использование информационных технологий в преподавании начертательной геометрии [Текст] / Н.В. Палий // Педагогический журнал. — 2022. — Т. 12. — № 3-1. — С. 392–396. — DOI 10.34670/AR.2022.55.81.020
 24. Палий Н.В. Начертательная геометрия: учеб. наглядное пособие [Электронный ресурс] / Н.В. Палий; под ред. Л.С. Сенченковой. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021.
 25. Сальков Н.А. Основные причины плохого усвоения начертательной геометрии [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 2. — С. 3–11. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-3-11
 26. Сальков Н.А. Системный подход к изучению начертательной геометрии [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 14–23. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-14-23
 27. Сальков Н.А. Отражение развития инженерной геометрии в журнале «Геометрия и графика» [Текст] / Н.А. Сальков, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 2. — С. 82–100. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-82-100
 28. Сенченкова Л.С. Начертательная геометрия: Рабочая тетрадь для использования на лекционных занятиях [Текст] / Л.С. Сенченкова, Н.В. Палий. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. — 56 с.
 29. Сенченкова Л.С. Опыт использования компьютерных технологий в учебном процессе в МГТУ им. Н.Э. Баумана [Текст] / Л.С. Сенченкова, Н.В. Палий, Т.Л. Белобородова // Заметки ученого. — 2021. — № 7-1. — С. 55–58.
 30. Сенченкова Л.С. Методика использования компьютерной презентации при изучении курса «Начертательная геометрия» [Текст] / Л.С. Сенченкова, Н.В. Палий, Т.Л. Белобородова // Инновационное развитие. — 2018. — № 9. — С. 25–27.
 31. Сенченкова Л.С. Начертательная геометрия: учеб. наглядное пособие [Электронный ресурс] / Л.С. Сенченкова, Н.В. Палий. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.
 32. Тихонов-Бугров Д.Е. О некоторых проблемах графической подготовки в технических вузах (взгляд из Санкт-Петербурга) [Текст] / Д.Е. Тихонов-Бугров // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 2. — № 1. — С. 46–53. — DOI: 10.12373/3848.

References

1. Beloborodova T.L., Borovikov I.F., Paliy N.V., Senchenkova L.S., Surkova N.G. Elektronnyi obrazovatelnyi resurs v kurse nachertatelnoi geometrii [Electronic educational resource in the course of descriptive geometry BMSTU]. *V sbornike: Cifrovye tehnologii v inzhenernom obrazovanii: novye trendy i opyt vnedreniya. Sbornik trudov Mezhdunarodnogo foruma* [In the collection: Digital technologies in engineering education: new trends and implementation experience. Proceedings of the International Forum], 2020, pp. 18–20. (in Russian)
2. Beloborodova T.L., Paliy N.V. Senchenkova L.S. *Nachertatel'naya geometriya: Rabochaya tetrad* [Descriptive geometry: Workbook]. Moscow, of Bauman Moscow State Technical University Publ., 2022. 44 p. (in Russian)
3. Boykov A.A., Egiazaryan K.T., Efremov A.V., Kadykova N.S. Problemy geometro-graficheskoi podgotovki studentov vuzov [Problems of geometric-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)
4. Boykov A.A. Komp'yuternye sredstva podderzhki uchebnykh kursov graficheskikh disciplin [Computer tools to support training courses in graphic disciplines]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2013, v. 1, i. 2, pp. 29–31. DOI: 10.12737/791 (in Russian)
5. Boyashova E.P. Osobennosti distantsionnogo obucheniya geometro-graficheskimi distsiplinami s ispolzovaniem metodov konstruktivnogo geometricheskogo modelirovaniya [Features of Distance Learning in Geometric and Graphic Disciplines Using Methods of Constructive Geometric Modeling]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2021, v. 9, i. 3, pp. 46–56. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-46-56 (in Russian)
6. Verhoturova E.V., Ivaschenko G.A. Prichinno-sledstvennyi analiz problem geometro-graficheskoi podgotovki obuchaiushchihya tekhnicheskogo vuza [Cause and Effect Dia-

- gram of the Problems of Geometric and Graphic Training of Students at a Technical University]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2022, v. 10, i. 2, pp. 60–69. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69 (in Russian)
7. Volkhin K.A., Astakhova T.A. Problemy graficheskoy podgotovki studentov tekhnicheskogo universiteta [Problems of graphic training of Technical University students]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2014, v. 2, i. 3, pp. 25–30. DOI: 10.12737/6522 (in Russian)
 8. Vyshnepolskiy V.I., Kadykova N.S., Vereschagina T.A. Vserossiiskaya nauchno-metodicheskaya konferentsiya "Problemy inzhenernoi geometrii" i seminar "Geometriya i grafika" 2021 g [All-Russian scientific and methodological conference "Problems of engineering geometry" and the seminar "Geometry and graphics" 2021]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2022, v. 10, i. 2, pp. 35–52. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-35-52 (in Russian)
 9. Vyshnepolskiy V.I., Boykov A.A., Egiazaryan K.T., Kadykova N.S. Metodicheskaya sistema provedeniya zanyatii na kafedre "Inzhenernaya grafika" RTU MIREA [Methodological system for conducting classes at the department of "Engineering graphics" RTU MIREA]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2023, v. 11, i. 1, pp. 23–34. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-23-34 (in Russian)
 10. Vyshnepolskiy V.I., Boykov A.A., Efremov A.V., Kadykova N.S. Organizatsiya praktiko-orientirovannogo obucheniya na kafedre "Inzhenernaya grafika" RTU MIREA [Arrangement of practice-oriented learning at the department of "Engineering graphics" RTU MIREA]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2023, v. 11, i. 1, pp. 35–43. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-35-43 (in Russian)
 11. Vyshnepolskiy V. I., Sal'kov N. A. Tseli i metody obucheniya graficheskimi distsiplinami [The aims and methods of teaching drawing]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2013, i. 1, i. 2, pp. 8–9. DOI: <https://doi.org/10.12737/777> (in Russian)
 12. Goryachkina A.Yu., Koryagina O.M., Goryunova I.A. Effektivnost primeneniya multimediiynykh razrabotok pri izuchenii graficheskikh disciplin [The efficiency of the multimedia developments use in the study of graphic disciplines]. *Glavnyi mehanik* [Chief Mechanic], 2021, i. 2, pp. 44–45. (in Russian)
 13. Goryachkina A.Yu., Goryunova I.A., Koryagina O.M. Primenenie multimediiynykh tekhnologii v kurse nachertatelnoi geometrii [Application of multimedia technologies in the course of descriptive geometry]. *Cloud of Science*, 2019, v. 6, i. 1, pp. 63–70. (in Russian)
 14. Guzenkov V.N. Ispolzovanie cifrovyykh tekhnologii na kafedre inzhenernoi grafiki MGTU im. N.E. Bauman [Use of digital technologies at the department engineering graphics of BMSTU]. *Nauchnoe obozrenie. Pedagogicheskie nauki* [Scientific review. Pedagogical sciences], 2020, i. 2, pp. 10–14. DOI: 10.17513/srps.2279 (in Russian)
 15. Damchaasuren H. Vnedrenie elektronnoi tekhnologii v obrazovanie [Introduction of Electronic Technology into 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)
 16. Ivanov G.S. *Nachertatel'naya geometriya* [Descriptive geometry]. Moscow, MGUL Publ., 2012, 224 p. (in Russian)
 17. Ignat'ev S.A., Muratbakeev E.H., Voronina M.V. Povyshenie naglyadnosti predstavleniya izuchaemykh v nachertatelnoi geometrii ob'ektov [Increasing the Visibility of Representation for Objects Studying in Descriptive Geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2022, v. 10, i. 1, pp. 44–53. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-44-53 (in Russian)
 18. Ignat'ev S.A., Folomkin A.I., Muratbakeev E.H. Funktsionalnye vozmozhnosti sredy Wolfram Mathematica dlya vizualizatsii krivykh linii i poverhnostei [Wolfram Mathematica Functional Possibilities for Curved Lines and Surfaces Visualization]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2021, v. 9, i. 1, pp. 29–38. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-1-29-38 (in Russian)
 19. Ignat'ev S.A., Folomkin A.I., Muratbakeev E.H. Vizualizatsiya zadach nachertatelnoi geometrii posredstvom Wolfram Mathematica [Descriptive Geometry Problems Visualization by Wolfram Mathematica]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2020, v. 8, i. 4, pp. 74–84. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-74-84 (in Russian)
 20. Kozlova I.A., Slavin R.B., Slavin B.M. Graficheskie distsipliny 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)
 21. Leparov M.N. O geometrii, eshche odin raz [About geometry, one more time]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2022, v. 10, i. 1, pp. 3–13. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13 (in Russian)
 22. Musaeva T.V., Urago A.A. Dopolnennaya realnost v provedenii zanyatii po inzhenernym tekhnicheskimi distsiplinami [Augmented Reality in Conducting Classes in Engineering and Technical Disciplines of Design]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2021, v. 9, i. 2, pp. 46–55. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-46-55 (in Russian)
 23. Paliy N.V. Ispolzovanie informatsionnykh tekhnologii v prepodavanii nachertatelnoi geometrii [The use of information technology in the teaching of descriptive geometry]. *Pedagogicheskii zhurnal* [Pedagogical journal], 2022, v. 12, i. 3-1, pp. 392–396. DOI: 10.34670/AR.2022.55.81.020 (in Russian)
 24. Paliy N.V. *Nachertatel'naya geometriya: uchebnoe naglyadnoe posobie (Elektronnyi resurs)* [Descriptive geometry: an educational visual aid (Electronic resource)]. Moscow, Publ. of Bauman Moscow State Technical University, 2021. (in Russian)
 25. Sal'kov N.A. Osnovnye prichiny plokhogo usvoeniya nachertatelnoi geometrii [The main reasons for poor assimilation of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2021, v. 9, i. 2, pp. 3–11. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-3-11 (in Russian)

26. Sal'kov N.A. Sistemnyi podhod k izucheniu nachertatelnoi geometrii [A systematic approach to the study of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2022, v. 10, i. 1, pp. 14–23. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-14-23 (in Russian)
27. Sal'kov N.A., Kadykova N.S. Otrazhenie razvitiya inzhenernoi geometrii v zhurnale “Geometriya i grafika” [Representation of Engineering Geometry Development in “Geometry and Graphics” Journal]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2020, v. 8, iL. 2, pp. 82–100. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-82-100 (in Russian)
28. Senchenkova L.S., Paliy N.V. *Nachertatel'nyaya geometriya: Rabochaya tetrad dlya ispolzovaniy na leksionnykh zaniyatiyakh* [Descriptive geometry: Workbook for use in lectures], Moscow, Of Bauman Moscow State Technical University Publ., 2022. 56 p. (in Russian)
29. Senchenkova L.S., Paliy N.V., Beloborodova T.L. Opyt ispolzovaniya komputernykh tekhnologii v ychebnom processe v MGTU im. N.E. Baumana [Computer technologies experience in the educational process at the Bauman Moscow State Technical University]. *Zametki ychenogo* [Scientist's Notes], 2021, i. 7-1, pp. 55–58. (in Russian)
30. Senchenkova L.S., Paliy N.V., Beloborodova T.L. Metodika ispolzovaniya komputernoi prezentatsii pri izuchenii kursa “Nachertatel'noy geometrii” [Technique of using computer presentation in the study of the course “Descriptive geometry”]. *Innovacionnoye razvitiye* [Innovative Development], 2018, i. 9, pp. 25–27. (in Russian)
31. Senchenkova L.S., Paliy N.V. *Nachertatel'naya geometriya: uchebnoye naglyadnoye posobie (Elektronnyi resurs)*. [Descriptive geometry: educational visual aid (Electronic resource)]. Moscow, Publ. of Bauman Moscow State Technical University, 2017. (in Russian)
32. Tihonov-Bugrov D.E. O nekotorykh problemakh graficheskoi podgotovki v tehnikeskikh vuzakh (vzglyad iz Sankt-Peterburga) [About some problems of graphic training in technical universities (view from St. Petersburg)]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2013, v. 2, i. 1, pp. 46–53. DOI: 10.12737/3848 (in Russian)