

## Web-пособие для студентов, обучающихся курсу начертательной геометрии

А. А. Жирова<sup>1</sup>, Е. В. Попов<sup>1</sup>, С.И. Ротков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Ильинская улица, 67, Нижний Новгород, 603950, Россия

### Аннотация

Программа KinPerGeo предназначена для использования в процессе обучения студентов высших учебных заведений основам начертательной геометрии. Программа позволяет наглядно демонстрировать студентам в форме интерактивных роликов основы аппарата проецирования, законы формирования чертежей базовых фигур, преобразования чертежей и решение позиционных и метрических задач на них. Для формирования демонстрационных роликов широко используются 3D модели фигур и сцен моделирования. Программа написана при использовании языка программирования JavaScript и библиотек Three.js и OrbitControls.js. В программе есть возможность анимации моделей, а также управления точкой обзора 3D сцены при помощи мыши, что способствует пониманию студентами алгоритмов формирования, преобразования чертежей и решение на них задач начертательной геометрии.

### Ключевые слова

JavaScript, HTML, начертательная геометрия, 3D.

## Web-based Guide for Students Studying the Course of Descriptive Geometry

A. A. Zhironova<sup>1</sup>, E. V. Popov<sup>1</sup>, S.I. Rotkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 67 Ilinskaya Street, Nizhny Novgorod, 603950 Russia

### Abstract

The KinPerGeo program is intended for use in the process of teaching students of higher educational institutions the basics of descriptive geometry. The program allows students to visually demonstrate in the form of interactive videos the basics of the projection apparatus, the laws for the formation of drawings of basic figures, the transformation of drawings and the solution of positional and metric problems on them. 3D models of figures and modeling scenes are widely used to form demonstration videos. The program was written using the JavaScript programming language and the Three.js and OrbitControls.js libraries. The program has the ability to animate models, as well as control the viewpoint of a 3D scene with the mouse, which helps students understand the algorithms for forming, converting drawings and solving descriptive geometry problems on them.

### Keywords

JavaScript, HTML, descriptive geometry, 3D.

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия

EMAIL: krim5.62@mail.ru (А.А. Жирова); popov\_eugene@list.ru (Е.В. Попов); rotkovs@mail.ru (С.И. Ротков)

ORCID: 0000-0002-7259-8326 (А.А. Жирова); 0000-0002-3058-2369 (Е.В. Попов); 0000-0002-0234-9041 (С.И. Ротков)



© 2022 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

## 1. Введение

В России в настоящее время обеспечение высокого качества профессионального образования определяется следующими положениями: вступлением в общее европейское пространство высшего образования; переходом к комплексной оценке деятельности образовательных учреждений; внедрением системы обеспечения качества подготовки высококвалифицированных специалистов. Таким образом, главной задачей высшего профессионального образования в ВУЗе является обеспечение высокого уровня профессиональной подготовки будущих специалистов [1].

В настоящее время онлайн обучение становится актуальным, поскольку помогает учащимся быстрее и эффективнее усваивать новую информацию. Оно позволяет обучаться, не выходя из дома, используя, не привязываясь к определенному месту и времени. К тому же, это дает возможность кооперироваться с другими студентами, независимо от их территориального местонахождения. Электронное обучение – это большой дидактический потенциал электронных ресурсов по сравнению с традиционными, что дает возможность очень хорошей, эффективной самостоятельной подготовки. Для осуществления взаимодействия между преподавателем и студентом создано достаточно много систем дистанционного обучения (СДО), однако аспекту взаимодействия между собой преподавателей кафедры не уделяется достаточного внимания, потому что первостепенной задачей, при переходе на онлайн обучение, было установить общение между преподавателем и студентом.

Начертательная геометрия является одной из учебных дисциплин, изучаемых в высших технических учебных заведениях. Она изучает и обосновывает способы изображений пространственных форм (линий, поверхностей, тел) на плоскости и способы решений задач геометрического характера по заданным изображениям указанных форм. Таким образом, значение начертательной геометрии заключается в разработке теоретических основы черчения. Изображения, построенные по правилам, изучаемым в курсе начертательной геометрии, позволяют мысленно представить формы предметов, их взаимное расположение в пространстве, определить размеры, исследовать геометрические свойства [2].

Изучая начертательную геометрию, студенты знакомятся с методами графического решения задач. Эти методы, хотя и обладают меньшей точностью по сравнению с аналитическими, могут с успехом применяться, в частности, при решении задач с использованием ЭВМ. Это ещё более повышает роль начертательной геометрии в инженерном образовании.

Для будущего инженера, особенно инженера-конструктора, чрезвычайно важно пространственное мышление, пространственное воображение. Начертательная геометрия, вызывая усиленную работу пространственного воображения, развивает его.

Большинство задач, решаемых студентами в курсе начертательной геометрии, способствуют развитию у студентов пространственного мышления и воображения. Данная дисциплина необходима широкому кругу специалистов: инженерам-конструкторам машин и аппаратов, строителям различных сооружений, архитекторам, топографам и т.д. [2]

Для развития пространственного воображения студентов в учебной практике все большее применение находят различные компьютерные информационные системы (ИС), САПРы и другие программные комплексы. Большая их часть относительно сложна, что накладывает определенные ограничения на их широкое использование в учебном процессе [3, 4].

В нынешней политической ситуации в стране многие зарубежные компании ушли с отечественного рынка программного обеспечения (ПО), что еще более актуализирует разработку отечественного софта в разных отраслях деятельности.

*Цель работы* – в разработке Web ПО ИС поддержки учебного курса по начертательной геометрии с 3D-моделями чертежей с анимацией.

*Предмет изучения* – модели и методы основ начертательной геометрии и элементы разработки ИС на языке программирования JavaScript.

*Объект изучения* – ИС поддержки изучения предметов геометрической направленности на кафедрах ИГ и САПР в высшей школе.

Для достижения заявленной цели в работе необходимо решить следующие задачи.

1. Изучить теоретический материал по методике преподавания геометрических дисциплин в высшей школе.
2. Ознакомиться с принципами организации и архитектурой существующих аналогичных систем.
3. На базе рассмотренных материалов разработать концепцию и определить цели, задачи и архитектуру создаваемой системы.
4. Обеспечить сбор обучающих материалов по начертательной геометрии для формирования банка 3D моделей для визуализации геометрического аппарата проецирования с целью решения широкого класса позиционных задач.
5. Разработать алгоритмическое и программное обеспечения создаваемой ИС.
6. Выполнить тестирование и отладку опытного образца системы.

## 2. Методы обучения

Методы обучения содержат способы и характеры организации познавательной деятельности студентов. Различают классификации, по признакам [3]:

- источники познания (вербальные, наглядные, практические методы обучения);
- методы логики (аналитико-синтетические, индуктивные, дедуктивные методы обучения);
- тип обучения (объяснительно-иллюстративный, проблемно-развивающие методы обучения);
- уровень познавательной самостоятельности студентов (репродуктивные, продуктивные, эвристические методы обучения);
- уровень проблемности (показательный, монологический, диалогический, эвристический, исследовательский, алгоритмический, программированный методы обучения);
- дидактические цели и функции (методы стимулирования, организации и контроля);
- вид деятельности преподавателя (методы изложения и методы организации самостоятельной учебной деятельности) и пр.

Разнообразие подходов дает возможность определить более оптимальные и эффективные условия организации процесса обучения с учетом дидактических функций.

Преимущественно эффективными методами являются активные методы обучения, вовлекающие студентов в учебно-познавательную деятельность.

В [3] приводится следующее определение активным методам обучения:

Активные методы обучения – это способы активизации учебно-познавательной деятельности студентов, которые побуждают их к активной мыслительной и практической деятельности в процессе овладения материалом, когда активен не только преподаватель, но активны и студенты.

Активные методы обучения решают три учебно-организационные задачи.

1. Подчинение процесса обучения управляющему взаимодействию преподавателя.
2. Обеспечение активного участия студентов любого уровня подготовки.
3. Установление контроля процесса усвоения учебного материала.

Суть активных методов состоит в обеспечении выполнения задач, при решении которых студенты самостоятельно овладевают умениями и навыками.

Многие методы преподавания нуждаются в модернизации. Исключение не является и курс начертательной геометрии. Согласно [3]:

Начертательная геометрия – раздел математики, в котором пространственные фигуры (оригиналы или объекты) изучаются с помощью моделей изображений на плоскости – или чертежей.

Предметом дисциплины является разработка математических и геометрических методов построения и чтения чертежей, а также методов решения на чертежах геометрических задач, связанных с оригиналом.

Решать те или иные технические задачи можно как аналитическим методом, так и графическим, выбрав подходящий. Большую часть задач быстрее и проще решать графически.

Обучающими материалами в данной дисциплине являются различные учебные пособия и методические указания. Лекционный курс проводится по этим материалам и объясняется последовательным начертанием чертежей и правил изучаемой темы. Плоские чертежи понимаемы малым количеством студентов. Для повышения наглядности процесса требуются другие методы – интерактивные. Таковых курсов с наглядными пособиями мало.

Наиболее полно раскрывает специфику обучения дисциплине «Начертательная геометрия и Инженерная графика» система методов, предложенная в монографии [3].

1. Объяснительно-иллюстративный метод. Заключается в том, что учащиеся получают знания на лекции, из учебной, методической литературы в «готовом» виде. Метод предполагает передачу учащемуся большого количества информации. Студенты при этом становятся участниками научного поиска. Данный подход широко используется в вузовской практике.

2. Репродуктивный метод. Преподаватель с помощью заданий организует работу студентов на занятиях по воспроизведению пройденного материала и способов деятельности. При этом студенты вырабатывают какой-то образец ответов. Два первых метода совместимы при показе своих знаний студентами.

3. Проблемное изложение. Ставится проблема, которая раскрывается преподавателем с учётом логических доводов к возможному решению. Студенты мысленно следят, принимают посильное участие и усваивают этапы решения поставленной проблемы.

4. Частично-поисковый метод. Преподаватель конструирует учебную проблему, распределяет её на вспомогательные, намечая пути поиска, а сам поиск и выводы делают студенты, при этом мотивируя свои действия. Здесь преподаватель может ориентировать студентов некоторыми продуманными в последовательности вопросами. Такой метод способствует активизации мышления, возбуждению интереса к познанию на семинарах.

5. Исследовательский метод. Это способ организации самостоятельной работы студентов, творческой активности по решению новых проблем, которые они находят при изучении проблемы. И только потом, обнаружив эту проблему, скрытую в учебном материале и осознают недостаток своих знаний для её разрешения. Студенты обращаются к преподавателю, и «включается» первый метод.

Отсюда следует, что учебный процесс не делится непременно на этапы, в реальной учебной работе все описанные методы сочетаются, переплетаются и чередуются.

Одним из интерактивных курсов является курс начертательной геометрии с использованием программы AutoCAD[5].

AutoCAD — система автоматизированного проектирования для двухмерного и трехмерного проектирования и черчения. Ранние версии AutoCAD оперировали элементарными объектами, такими как круги, линии, дуги и др., из которых составлялись более сложные объекты. Однако на современном этапе программа включает в себя полный набор средств, обеспечивающих комплексное трёхмерное моделирование, в том числе работу с произвольными формами, создание и редактирование 3D-моделей тел и поверхностей, улучшенную 3D-навигацию и эффективные средства выпуска рабочей документации. Начиная с версии 2010, в AutoCAD реализована поддержка параметрического черчения, то есть возможность накладывать на объект геометрические или размерные зависимости. Это гарантирует, что при внесении любых изменений в проект, определённые параметры и ранее установленные между объектами связи сохраняются.

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод, что использование AutoCAD и подобных ей программ для курса НГ слишком нерационально. Нужны более простые и эффективные, в плане визуализации, программы, для обращения с которыми не нужно дополнительное обучение.

## 2.1. Постановка задачи

Разработать алгоритмическое и программное обеспечение макета информационной системы поддержки учебного курса по начертательной геометрии. В состав макета войдут:

- модуль Главной страницы;
- модуль построения чертежа точки;
- модуль построения чертежа отрезка;
- модуль ортогонального проецирования прямого угла;
- модуль Определения истинной величины отрезка методом преобразования чертежа;
- модуль Определения истинной величины отрезка методом прямоугольного треугольника;
- язык разработки – JavaScript с использованием HTML.

Архитектуру разработанного Web ПО можно представить в виде схемы (рисунок 1). «Главная» страница является связующим звеном, из которого можно перейти в одну из пяти частей по средствам ссылок (рисунок 2). Открытие каждой из частей ведет к концу алгоритма. Возврат на «главную» страницу может быть осуществлена только по средству браузерной отмены страницы (кнопка «назад» в браузере).

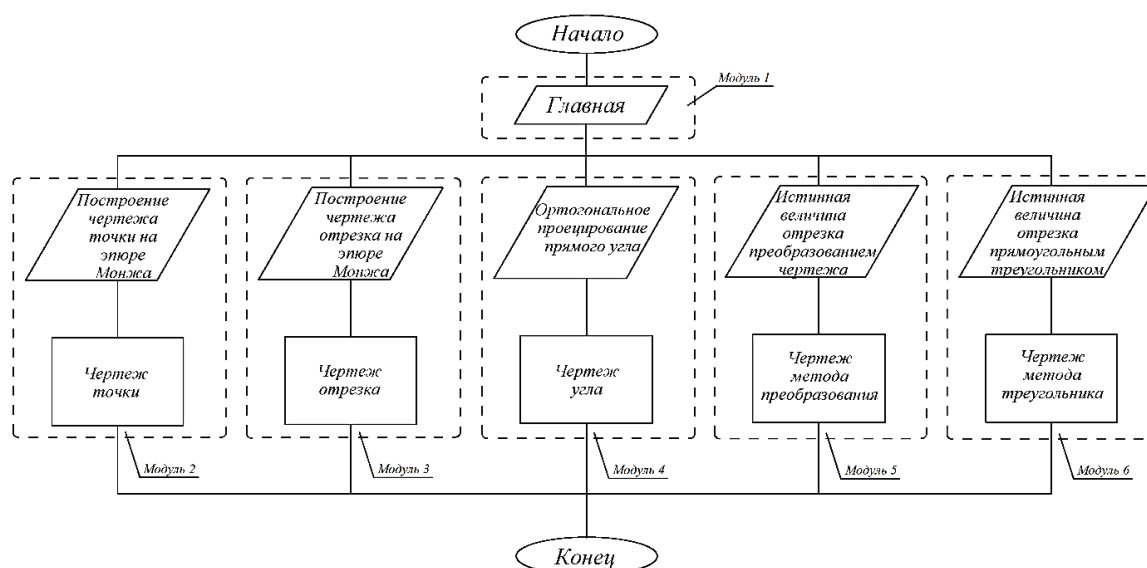


Рисунок 1 – Состав макета

|                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="#">Построение чертежа точки на эпюре Монжа</a>                                   |
| <a href="#">Построение чертежа отрезка на эпюре Монжа</a>                                 |
| <a href="#">Ортогональное проецирование прямого угла</a>                                  |
| <a href="#">Определение истинной величины отрезка методом преобразования чертежа</a>      |
| <a href="#">Определение истинной величины отрезка методом прямоугольного треугольника</a> |

Рисунок 2 – Ссылки на «главной» странице

### 3. Описание разработанного ПО

Предлагаемое ПО разработано на языке JavaScript с поддержкой HTML.

В [6] JavaScript представлен как *сценарный* язык, то есть на JavaScript создаются *сценарии*. Различие между программой и сценарием в том, под управлением какой среды они выполняются. Сценарии на языке JavaScript *интерпретируются*. Но интерпретация выполняется не в явном виде, а средствами браузера. сценарий должен быть включен в веб-документ. При открытии веб-документа браузером сценарий выполняется встроенными средствами браузера. Веб-документы создаются с использованием специального языка, который называется *языком гипертекстовой разметки*, или *HTML* (сокращение от английского *HyperText Markup Language*).

Для программирования 3D в JavaScript в работе использована библиотека three.js [7]. Ее часто ассоциируют с WebGL, поскольку в ней для визуализации 3D объектов используются элементы WebGL — низкоуровневое api, предназначенное для отображения точек, линий и треугольников на плоскости. Особенностью WebGL является весьма значительный объем кода для отображения указанных выше примитивов и именно здесь выгодно использовать Three.js. Она предназначена для обработки сцен, источников света, теней, различных материалов, текстур. Для этого в библиотеке широко используется аппарат 3D-математики [7]. Все библиотеки и учебные материалы находятся в свободном доступе в интернете. Данное Web-приложение является платформонезависимой и работает на любых операционных системах.

#### 4. Архитектура разработанной системы

Открыв саму программу, становится видна «главная» страница (рисунок 3). На ней видно название и 5 ссылок, названия которых соответствует теме. Пример открытия работы производился в браузере FireFox.

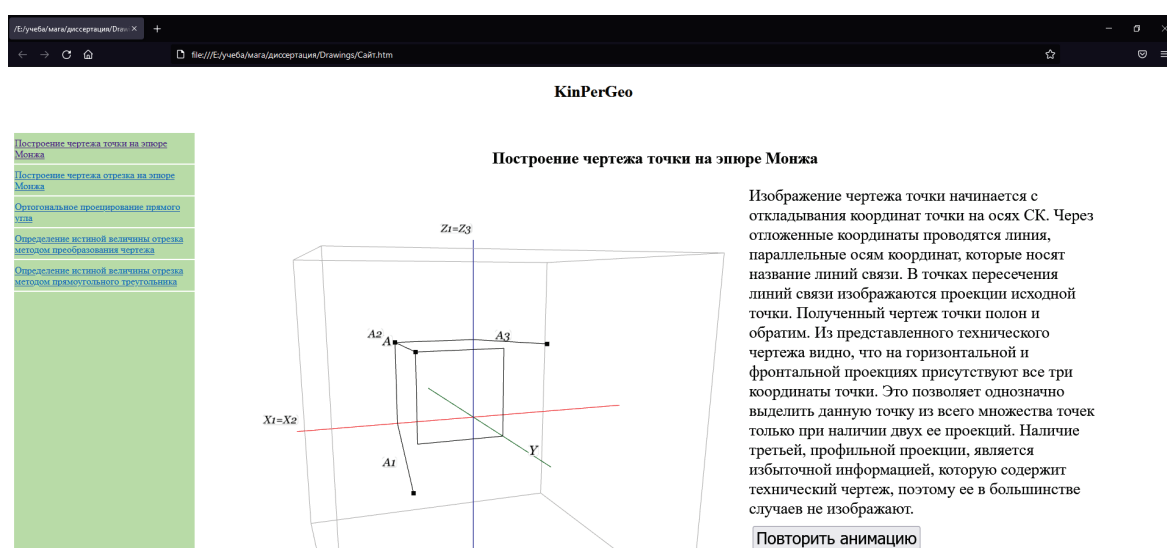


Рисунок 3 – Сайт с открытым чертежом

Перейдя по первой ссылке открывается новая страница *построения чертежа точки на эпюре Монжа* (рисунок 4).

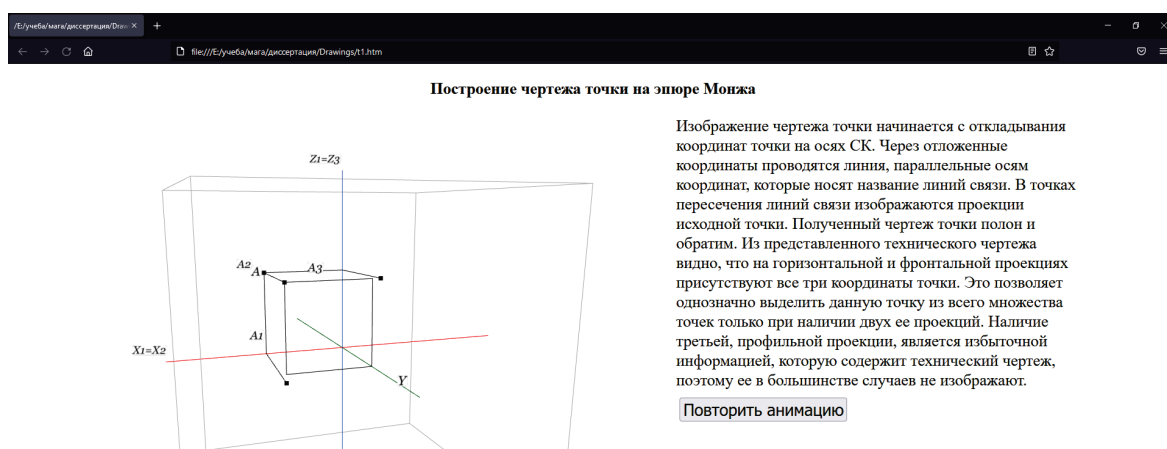


Рисунок 4 – Построения чертежа точки на эпюре Монжа

На странице сразу же после открытия начинается анимация (рисунок 5) перехода 3D чертежа в 2D эпюру Монжа (рисунок 6). Справа от чертежа есть небольшое описание построения и определения.



Рисунок 5 – Анимация «разворота» модели

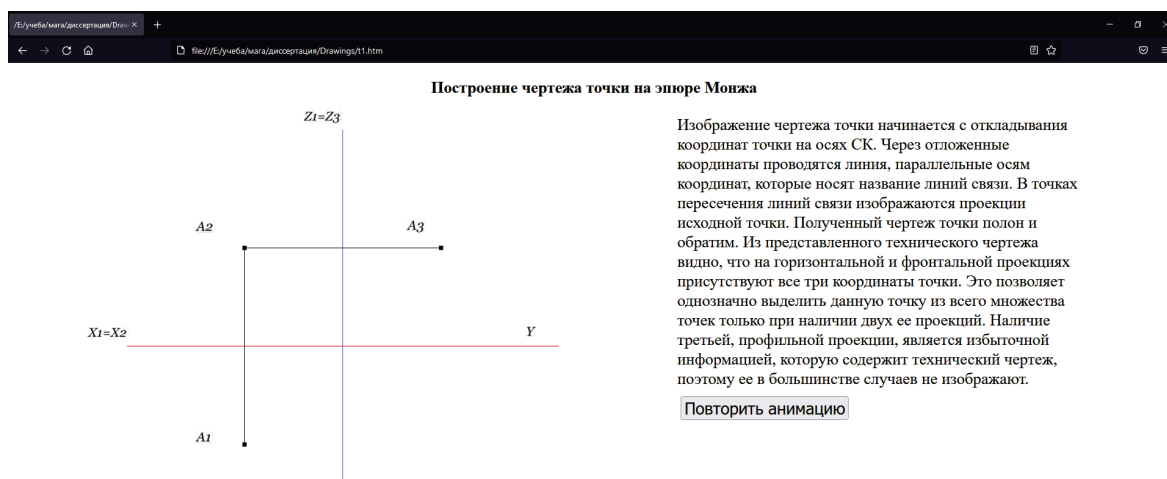


Рисунок 6 – Эпюра Монжа

Перейдя по второй ссылке открывается страница Построение чертежа отрезка на эпюре Монжа (рисунок 7).

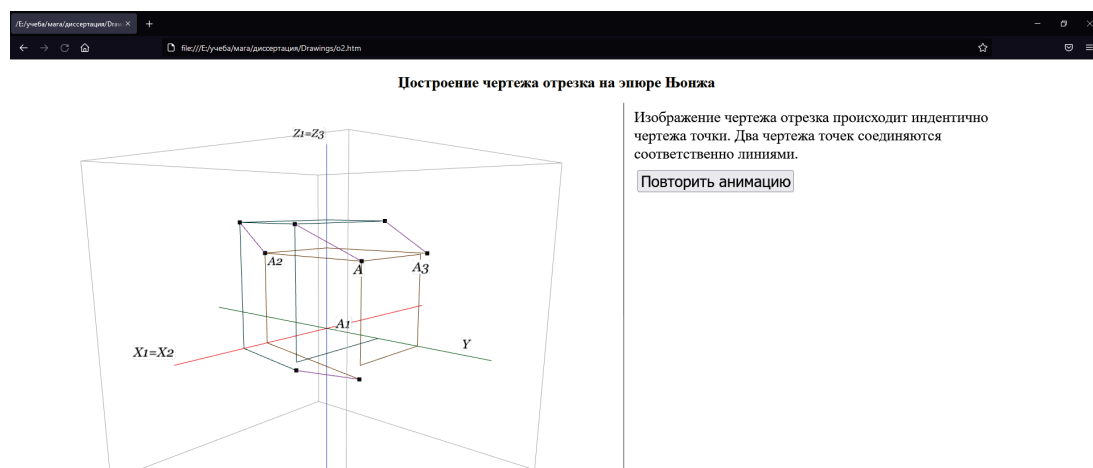


Рисунок 7 – Построение чертежа отрезка на эпюре Монжа



Как и в предыдущем случае сразу же начинается анимация (рисунок 8) перехода 3D чертежа в 2D эпюру Монжа (рисунок 9).

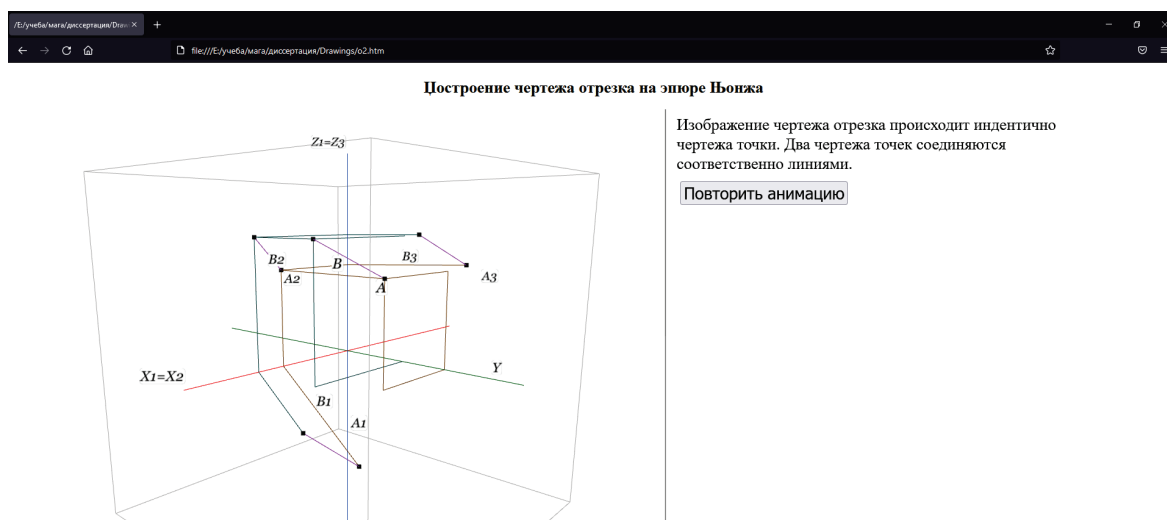


Рисунок 8 – Анимация «разворота» модели отрезка

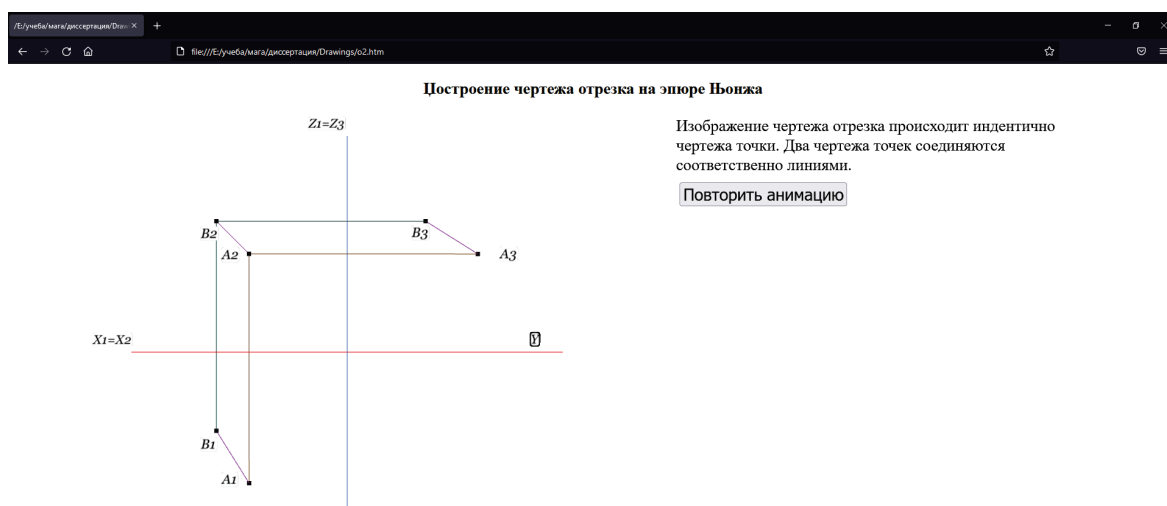


Рисунок 9 – Эпюра Монжа отрезка

Третья ссылка открывает страницу с Ортогональной проекцией прямого угла (рисунок 10).

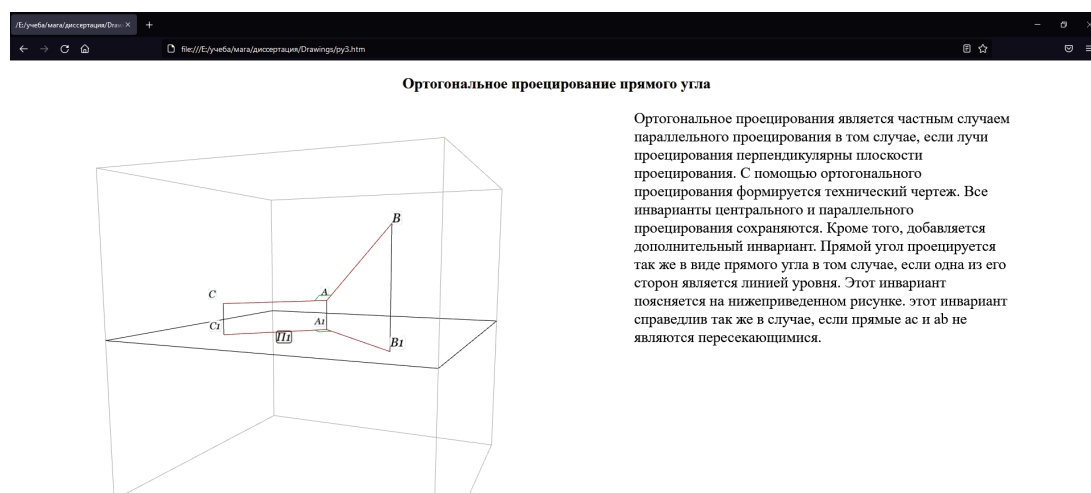


Рисунок 10 – Ортогональное проектирование прямого угла



Сразу после открытия начинается анимация вращения чертежа вокруг своей оси (рисунок 11, рисунок 12, рисунок 13), она бесконечна.



Ортогональное проецирование прямого угла

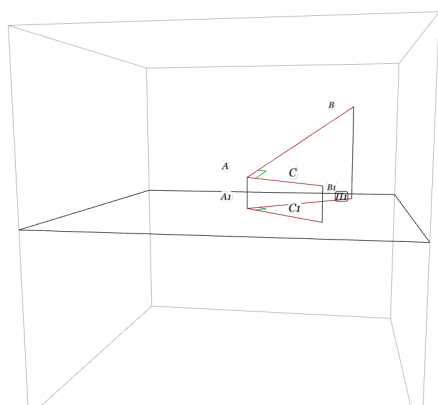


Рисунок 11 – Первая фаза вращения

Ортогональное проецирование является частным случаем параллельного проецирования в том случае, если лучи проецирования перпендикулярны плоскости проецирования. С помощью ортогонального проецирования формируется технический чертеж. Все инварианты центрального и параллельного проецирования сохраняются. Кроме того, добавляется дополнительный инвариант. Прямой угол проецируется так же в виде прямого угла в том случае, если одна из его сторон является линией уровня. Этот инвариант поясняется на нижеприведенном рисунке. Этот инвариант справедлив так же в случае, если прямые  $ac$  и  $ab$  не являются пересекающимися.



Ортогональное проецирование прямого угла

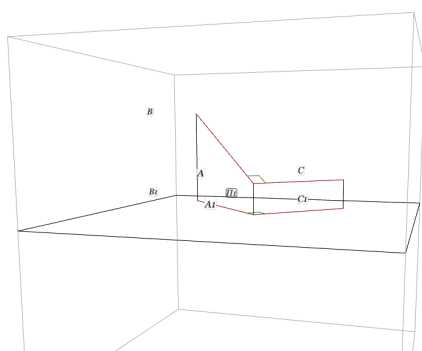


Рисунок 12 – Вторая фаза вращения

Ортогональное проецирование является частным случаем параллельного проецирования в том случае, если лучи проецирования перпендикулярны плоскости проецирования. С помощью ортогонального проецирования формируется технический чертеж. Все инварианты центрального и параллельного проецирования сохраняются. Кроме того, добавляется дополнительный инвариант. Прямой угол проецируется так же в виде прямого угла в том случае, если одна из его сторон является линией уровня. Этот инвариант поясняется на нижеприведенном рисунке. Этот инвариант справедлив так же в случае, если прямые  $ac$  и  $ab$  не являются пересекающимися.



Ортогональное проецирование прямого угла

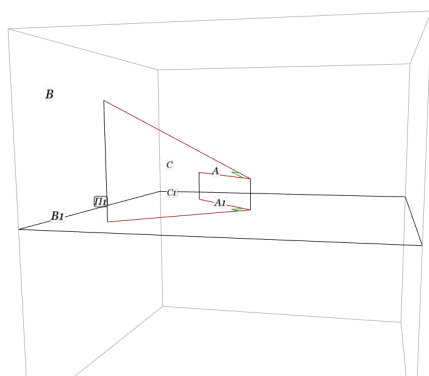


Рисунок 13 – третья фаза вращения

Ортогональное проецирование является частным случаем параллельного проецирования в том случае, если лучи проецирования перпендикулярны плоскости проецирования. С помощью ортогонального проецирования формируется технический чертеж. Все инварианты центрального и параллельного проецирования сохраняются. Кроме того, добавляется дополнительный инвариант. Прямой угол проецируется так же в виде прямого угла в том случае, если одна из его сторон является линией уровня. Этот инвариант поясняется на нижеприведенном рисунке. Этот инвариант справедлив так же в случае, если прямые  $ac$  и  $ab$  не являются пересекающимися.

По четвертой ссылке открывается Определение истинной величины отрезка методом преобразования чертежа (рисунок 14) Данный и следующий чертежи статичны, однако их можно самостоятельно вращать при помощи. Эта функция есть у всех чертежей.

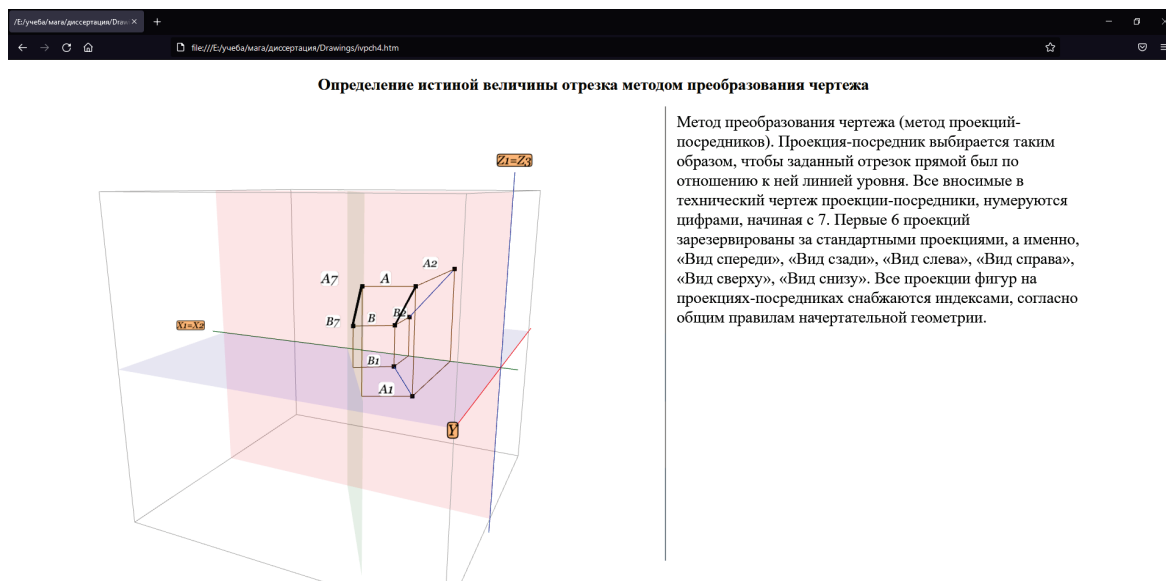


Рисунок 14 – Определение истинной величины отрезка методом преобразования чертежа

Переход по последней пятой ссылке открывается Определение истинной величины отрезка методом прямоугольного треугольника (рисунок 15).

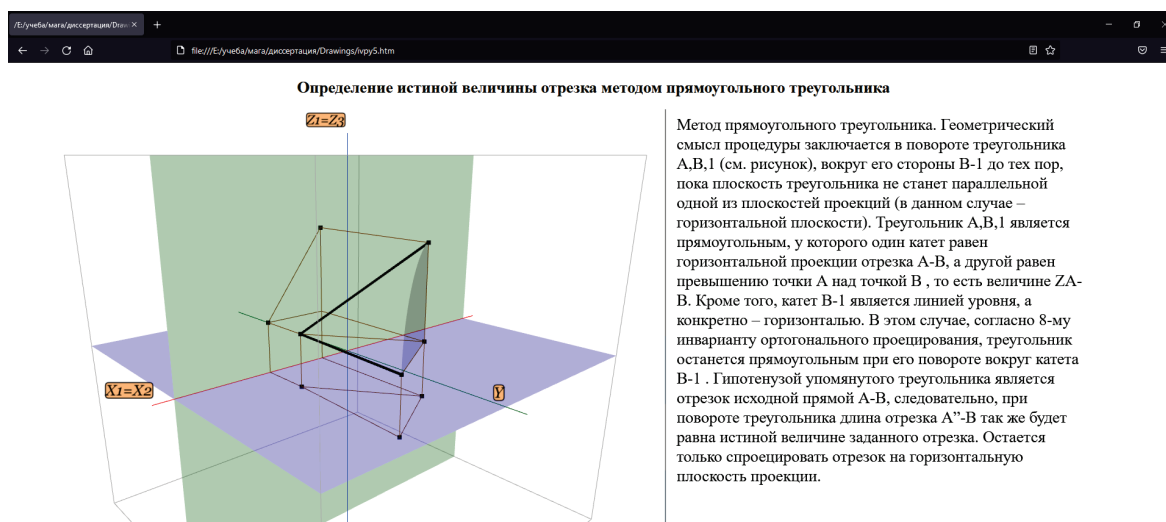


Рисунок 15 – Определение истинной величины отрезка методом прямоугольного треугольника

## 5. Заключение

В результате выполнения работы:

1. изучен теоретический материал по методике преподавания геометро–графических дисциплин в высшей школе;
2. проведен обзор литературных и Интернет–источников, позволивший ознакомиться с принципами организации и архитектурой существующих аналогичных систем;
3. на базе рассмотренных материалов разработана концепция и определены цели, задачи и архитектура создаваемого Web ПО;

4. проведен сбор обучающих материалов по начертательной геометрии для формирования банка 3D-моделей для визуализации геометрического аппарата проецирования с целью решения широкого класса позиционных задач;
5. разработано алгоритмическое и программное Web обеспечения поддержки курса «Начертательной геометрии»;
6. выполнена комплексная отладка и тестирование созданного ПО, обнаружившее его работоспособность и эффективность.

## 6. Список источников

- [1] Стасенко М. С. Специфика обучения дисциплинам «начертательная геометрия» и «инженерная графика» как многофакторный социальный процесс обеспечения высокого уровня профессиональной подготовки будущих специалистов / М. С. Стасенко, Т. Н. Рязанова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2017. № 47 (181). С. 227-232. URL: <https://moluch.ru/archive/181/46739/> (дата обращения: 26.06.2022).
- [2] Жирных Б.Г., Серегин В.И., Шарикиан Ю.Э. Начертательная геометрия: учебник. / Под общ. ред. В.И.Серегина – 1-е изд. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 168 с.: ил.
- [3] Горбатова М.К., Назипова М.А. Методики преподавания в высшей школе: учебное пособие. / Н.Новгород: ННГУ 2012. 53с.
- [4] Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. – М.: ДМК Пресс, 2020. 406 с.: ил.
- [5] Хейфец А.Л., Логиновский А.Н. Начертательная геометрия и компьютерное геометрическое моделирование: Учебное пособие. / Челябинск: Изд-во ЮУрГУ 2013г. 89 с. [https://resh.susu.ru/Tetrad\\_2013\\_Log\\_Xeif.pdf](https://resh.susu.ru/Tetrad_2013_Log_Xeif.pdf).
- [6] Васильев А.Н. Программирование на JavaScript в примерах и задачах. / Москва: Изд-во «Э» 2017. 720с.
- [7] Three.js r141[электронный ресурс]: Three.js – JavaScript 3D Library Режим доступа: URL: <https://threejs.org>.