

УДК 378

DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-70-85

В.И. Вышнепольский

Канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского, д. 78

А.А. Бойков

Старший преподаватель,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского, д. 78

К.Т. Егиазарян

Ассистент,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119454, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 78

А.В. Ефремов

Старший преподаватель,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119571, Москва, пр-т Вернадского, д. 78

Научно-исследовательская работа на кафедре «Инженерная графика» РТУ МИРЭА

Аннотация. Привлечение студентов к научной деятельности — важный этап в становлении будущего ученого. При этом основной сложностью является необходимость заинтересовать студента. Одним из факторов способных вызвать такую заинтересованность является обеспечение духа соревновательности при первых попытках научной работы. Для этого кафедрой инженерной графики РТУ МИРЭА проводятся две секции научно-практической конференции студентов и аспирантов РТУ МИЭА: «Умный дом» для студентов радиотехнических специальностей, где студенты занимаются проектированием и реализацией в виде прототипов различных радиотехнических приборов и датчиков, и «Начертательная геометрия» для студентов всех направлений образования, где студенты представляют на суд жюри свои проекты как в области исследований академических геометрических знаний, так и в области практического применения таковых. Лучшим проектам, представленным на секциях, предоставляется возможность выступить на Всероссийском студенческом конкурсе «Инновационные разработки», также организованном кафедрой инженерной графики в рамках Всероссийской студенческой олимпиады по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике. За полгода между этими мероприятиями студенты исправляют проект для коррекции замечаний, высказанных жюри, а также дорабатывают нереализованные планы в случае наличия таковых. Следующим этапом в развитии студентов — участников вышеупомянутых конференции и конкурса — подготовка на основе проделанной работы научной статьи в журналы, индексируемые в РИНЦ. Студент получает опыт подготовки публикаций, после чего обычно научная работа продолжается, и студент принимает участие в различных научных конференциях с докладами, где получает опыт выступления перед аудиторией и взаимодействия с ней, а также под руководством научного руководителя занимается подготовкой научной статьи или целого ряда статей в реферируемые

научные журналы, при этом получая опыт общения с рецензентами и исправления их замечаний по работе. Этот опыт дает студенту навык самостоятельности в дальнейшей научной работе.

Ключевые слова: квазивращение, геометрические места точек, конструктивная геометрия, квазимногогранники, фракталы.

V.I. Vyshnepolsky

Ph.D. in Pedagogy, Associate Professor, Head of Chair,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Av., Moscow, 119571, Russia

A.A. Boykov

Senior Lecturer,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia

K.T. Egiazaryan

Assistant,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Av., Moscow, 119571, Russia

A.V. Efremov

Senior Lecturer,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Av., Moscow, 119571, Russia

Scientific Research at the Department of Engineering Graphics of the RTU MIREA

Abstract. Involving students in scientific activities is an important stage in the development of a future scientist. At the same time, the main difficulty is the need to interest the student. One of the factors that can generate such interest is to ensure the spirit of competition in the first attempts at scientific work. To do this, the Department of Engineering Graphics holds two sections in the Scientific and practical conference of students and graduate students of the RTU MIREA: "Smart Home", for students of radio engineering specialties, where students are engaged in the design and implementation of prototypes of various radio engineering devices and sensors, and "Descriptive Geometry", for students of all areas of education, where they present their projects to the jury both in the field of research of academic geometric knowledge, as well as in the field of their practical application. The authors of the best projects presented in the sections are given the opportunity to speak at the All-Russian Student Competition "Innovative Developments", which is also organized by the Department of Engineering Graphics as part of the All-Russian Student Olympiad for Students in Descriptive Geometry, Engineering and Computer Graphics. For half a year between these events, students correct the project in accordance with the comments made by the jury, and if there are unrealized plans, they finalize them. The next stage in the development of students — participants of the above-mentioned conference and Competition — is the preparation of a scientific article based on their work in journals indexed in the RSCI. The student gains experience in preparing an articles, after which, as a rule, scientific work continues, and the student takes part in various scientific conferences with reports, where he gains experience in speaking to an audience and interacting with it, and also, under the guidance of a supervisor, prepares a scientific article or a number of articles in peer-reviewed scientific journals, while gaining experience in

communicating with reviewers and correcting their comments on the work. This experience gives the student the skill of independence in further scientific work.

Keywords: quasirotation, geometric places of points, constructive geometry, quasipolygons, fractals.

Введение

В рамках концепции практико-ориентированного обучения кластера «ГЕОМЕТРИАДА» (в широком смысле) предлагаются различные мероприятия, в том числе научные и научно-практические, которые позволяют студентам, обучающимся по индивидуальным траекториям (сверхпродвинутый уровень), применить на практике приобретенные в ходе геометро-графической подготовки знания, умения и навыки.

Научный блок кластера «ГЕОМЕТРИАДА» решает следующие задачи:

- студентам предоставляется возможность под руководством опытного преподавателя сформулировать задачу, составить план и провести научное исследование или выполнить научно-практическую разработку;
- студентам предоставляется возможность публично защитить свою работу в рамках внутривузовской конференции, всероссийских конференций, семинаров и конкурсов, международных конференций;
- студентам предоставляется возможность опубликовать результаты своей работы в сборниках трудов конференций, научных журналах, индексируемых в РИНЦ, включенных в список ВАК.

Студентов, участвующие в научных исследованиях и научно-практических разработках, можно разделить на две группы:

- 1) студенты, повышающие уровень своей геометро-графической и общинженерной подготовки в рамках своей предметной специальности. Такие студенты могут параллельно участвовать в олимпиадном движении или нет и не планируют впоследствии связывать свою профессиональную деятельность с геометрическим моделированием, конструированием и компьютерной графикой. Как правило, такие студенты доводят научные исследования и научно-практические разработки до некоторой точки, после чего, приобретая полезный опыт публичных выступлений и публикации, в дальнейшем полностью посвящают себя предметной деятельности на выпускающих кафедрах;
- 2) студенты, осознавшие свои способности именно в области геометрического моделирования, конструирования и компьютерной графики. Такие

студенты побеждают на олимпиадах высокого уровня, а научная и научно-практическая деятельность для них — следующая планка. В этом случае комплекс методических систем кластера «ГЕОМЕТРИАДА» выполняет профпереориентацию таких студентов, и после окончания обучения по основной специальности они выбирают магистратуру и аспирантуру в области геометро-графической подготовки.

Студенты второй группы являются кадровым ресурсом для графических кафедр и в рамках кластера «ГЕОМЕТРИАДА» получают всестороннюю поддержку — в том числе могут быть направлены в профильную аспирантуру к научным руководителям — действующим членам диссертационных советов по специальности «2.5.1. Инженерная геометрия и компьютерная графика».

Научные исследования в области прикладной геометрии

Научно-исследовательские работы в рамках кластера «ГЕОМЕТРИАДА» ведутся по пяти темам в области прикладной геометрии. Такое большое количество НИР по геометрии на кафедре инженерной графики — исключительная редкость.

Поверхности квазивращения

Основная цель работы — изучить свойства геометрических объектов, полученных при вращении образующей произвольной формы вокруг криволинейной оси [52]. Такое геометрическое соответствие рассматривается впервые в мире. Ранее рассматривалось вращение образующей произвольной формы вокруг прямолинейной оси.

Получен новый способ формообразования циклических поверхностей, названный «квазивращением», основанный на движении точек образующей линии по круговым траекториям, радиус и положение которых геометрически однозначно соотносятся с заданной осью — кривой второго порядка. Предложенный способ обобщает получение некоторых известных видов циклических поверхностей и даёт возможность моделировать обширное разнообразие поверхностей новых форм [50; 51].

Разработан единый алгоритм конструктивного описания формообразования плоских и пространственных алгебраических кривых высоких порядков, относящихся к различным известным классам. Конхоиды прямой и окружности, как частный случай пространственных кривых четвёртого и шестого порядков, а также кривые Персея определяются как кривые, лежащие на поверхностях, образован-

ных предложенным способом «квазивращение» [2; 4].

Исследованы свойства четырёхзначного геометрического соответствия, индуцированного квазивращением и представленного в виде совокупности четырёх преобразований пространства R^2_∞ . Свойства преобразований являются взаимосвязанными и ранжируются относительно кривых второго порядка на плоскости, дополненной несобственными элементами [4].

Результаты выполненных исследований обобщают некоторые известные классы алгебраических циклических поверхностей от второго до шестого порядка и показывают единообразие способа их построения. Предложенный подход даёт большое разнообразие этих алгебраических форм, которые могут быть получены с помощью общего вычислительного алгоритма [3].

Разработана компьютерная геометрическая модель формообразования поверхностей квазивращения, позволяющая получать трёхмерные графики циклических поверхностей с возможностью дальнейшего приведения их параметров к заранее заданным значениям. Алгоритмы, созданные на базе аналитического описания соответствия квазивращения, были реализованы в среде системы компьютерной алгебры *Maple* и размещены на официальном сайте разработчика данного программного обеспечения. Получаемые в *Maple* трёхмерные графики дают представление о разнообразии форм исследуемого класса поверхностей (рис. 1). Разработанная компьютерная геометрическая модель позволяет применять известный арсенал инструментов аналитической и дифференциальной геометрии для изучения их свойств [2].

Конструктивное описание соответствия квазивращения, выполненное на эюре Монжа, легло в основу программного алгоритма, разработанного в среде системы геометрического моделирования «СИМПЛЕКС». Также в системе «СИМПЛЕКС» реализован алгоритм построения плоских сечений поверхностей квазивращения плоскостью общего положения [46; 47]. Решение задачи выполняется на двухпроекционной модели трехмерного пространства. Данные алгоритмы позволяют проводить исследования геометрических свойств плоских сечений поверхностей квазивращения [3].

Автоматизированный подход к получению 3D-моделей исследуемых поверхностей позволил разработать атлас, включающий более тысячи их изображений [3]. Атлас наглядно демонстрирует возможности формообразования циклических поверхностей с помощью квазивращения.

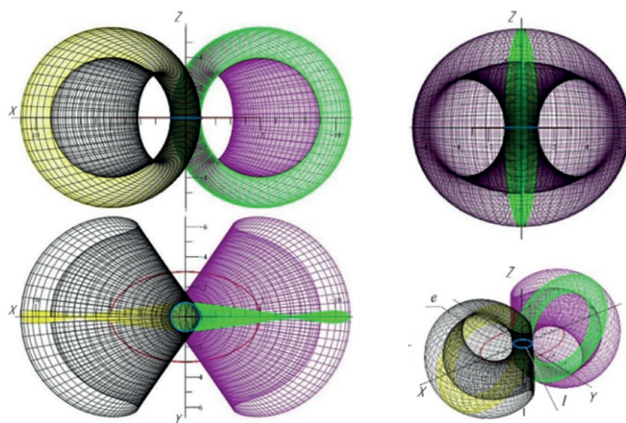


Рис. 1. Четырёхлистная поверхность для случая квазивращения окружности, центр которой совпадает с центром эллиптической оси

В текстовой части атласа описаны способы манипуляции параметрами поверхности-прототипа для достижения её целевых параметров.

Разработан подход к моделированию крупных форм в параметрической архитектуре на базе свойств разработанного способа «квазивращение» с использованием размещённой в атласе базы изображений поверхностей. Атлас поверхностей квазивращения содержит всю информацию, необходимую для реализации предлагаемого подхода к разработке прототипов архитектурных сооружений, выполненных в стиле параметризма [1] (рис. 2 и 3).

Геометрические места точек

Исследуются геометрические места точек (ГМТ), равноудаленные от двух заданных геометрических фигур (рис. 4). Предложен метод, дающий возможность систематизировать геометрические места и ключ к их изучению. Получен ряд неизвестных ранее поверхностей.

Исследованы 13 пар геометрических фигур, а именно: точка и цилиндрическая поверхность, плоскость и сфера, две сферы равного и разного диаметра, точка и коническая поверхность и др. [32–36; 56; 57].

Выявлены закономерности образования поверхностей ГМТ, равноудаленных от двух заданных геометрических фигур, определены радиусы, вершины, директориальные плоскости полученных поверхностей, выведены их уравнения.

Например, для пары сфера-плоскость установлено [57], что ГМТ, равноудаленных от сферы и плоскости, являются два соосных софокусных параболоида вращения. Общие свойства этих параболоидов следующие: 1) фокусы всех параболоидов находятся в центре сферы; 2) вершины параболоидов



Рис. 2. Сравнение изображений мостов:

слева — фотографии моста Мира, справа — визуализация модели моста, построенной с использованием отсека поверхности квазивращения

Источник: https://wikiway.com/upload/uf/752/most_mira_46.jpg, https://funart.pro/uploads/posts/2021-04/1618766593_56-funart_pro-p-most-mira-tbilisi-krasivie-mesta-foto-60.jpg

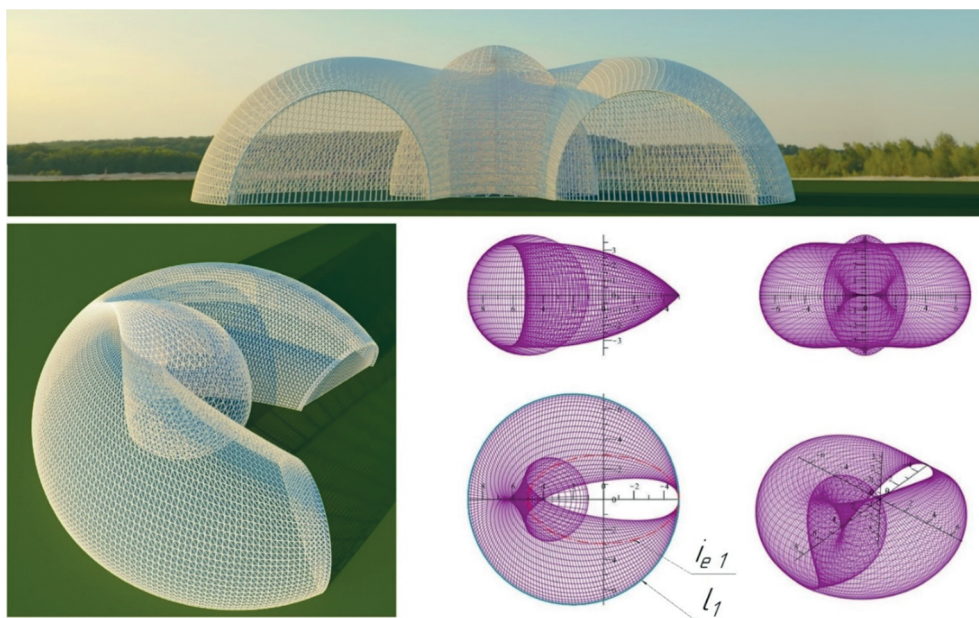


Рис. 3. Концепт свода, созданный на базе отсека поверхности, образованного квазивращением окружности / относительно эллиптической оси i_e

находятся на перпендикуляре, опущенном из центра сферы на исходную плоскость; 3) направление перпендикуляра совпадает с осью вращения параболоидов; 4) расстояние между вершинами параболоидов равно радиусу сферы R ; 5) расстояние n от центра сферы до вершины одного из параболоидов. Исключение составляет вариант, когда плоскость

касается сферы. В этом случае вершина параболоида есть точка касания; 6) директориальные плоскости параболоидов удалены от исходной плоскости на величину R .

ГМТ в каждом из четырех вариантов взаимного расположения плоскости и сферы являются следующие поверхности:

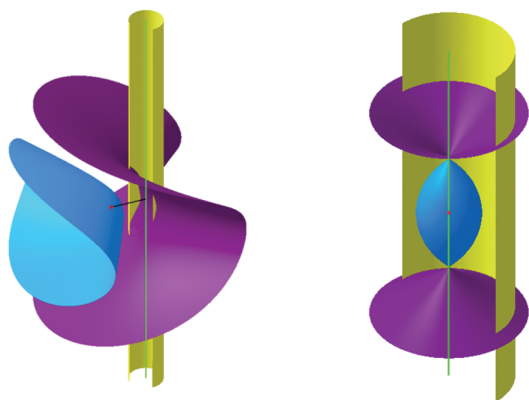


Рис. 4. Геометрические места точек, равноудаленных от точки и прямой

1. Исходная плоскость проходит через центр сферы — два соосных софокусных разнонаправленных симметричных относительно исходной плоскости параболоида вращения (рис. 5).

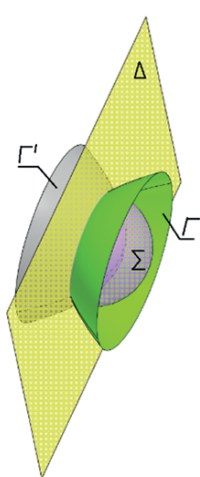


Рис. 5. Плоскость Δ проходит через центр сферы Σ

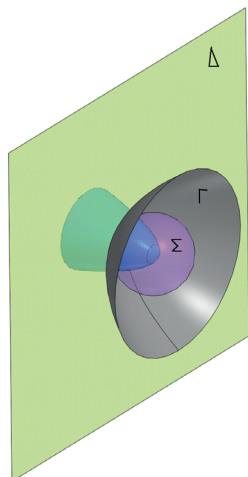


Рис. 6. Плоскость Δ пересекает сферу Σ

2. Исходная плоскость пересекает сферу. — два соосных софокусных разнонаправленных, но не симметричных параболоида вращения (рис. 7).
3. Плоскость, касательная к сфере — параболоид вращения и прямая, проходящая через точку касания и центр сферы (рис. 8).
4. Плоскость проходит вне сферы — два соосных софокусных однонаправленных параболоида вращения (рис. 8).

Поверхности различных ГМТ могут иметь самое разное применение. Одна из поверхностей ГМТ, равноудаленных от точки и конической поверхности [33], может иметь широкое применение в архитектуре и строительстве. Поверхности, равноудаленные

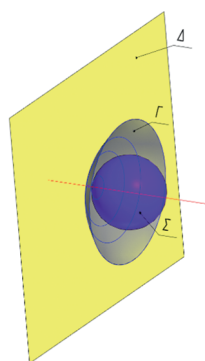


Рис. 7. Сфера Σ касается плоскости Δ

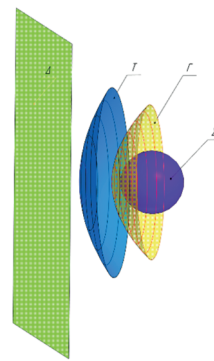


Рис. 8. Плоскость Δ проходит вне сферы Σ

от двух сфер (планет), должны найти свое использование в космонавтике [56]. В учебном процессе при преподавании таких графических дисциплин, как начертательная геометрия, черчение, компьютерная графика, должны использоваться и используются задачи с применением геометрических мест. Например, в РТУ МИРЭА на университетских олимпиадах, московских городских и всероссийских студенческих олимпиадах по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике многократно были задачи, при решении которых требуется знание или построение геометрических мест точек.

Ближайшие перспективы развития данной темы исследований заключаются в изучении геометрических мест точек в соответствии с предложенным методом систематизации геометрических мест [32].

Исследование методов конструктивной геометрии и применение к решению задач

Конструктивная геометрия — ветвь геометрической науки, в которой геометрические объекты не сводятся к совокупности координат и уравнений, а рассматриваются как предмет исследования [30; 31]. Новые геометрические фигуры получаются в результате построений, что хорошо согласуется с приемами работы в современных геометрических редакторах и САПР. Методы конструктивной геометрии достаточно легко алгоритмизируются, что позволяет описывать решение геометрических задач при помощи геометрических программ и тем самым автоматизировать создание компьютерных геометрических моделей, особенно сложных технических кривых и поверхностей.

Конструктивная геометрия представляет достаточно обширное поле для научных исследований и студенческой научной работы (рис. 9). Основные направления:

- исторические и библиографические исследования, а также разработка инструментов систематизации и поиска публикаций в области конструктивной геометрии. Анализ источников является обязательным этапом в любой научной работе. Необходимость дополнительных библиографических исследований в области конструктивной геометрии связана с тем, что большое число научных публикаций в настоящее время остается неизвестным и малодоступным. Опубликовано три статьи со студентами и тезисы трех студенческих докладов на международных конференциях [14; 20; 27; 28; 48];
- разработка и применение языка геометрических построений [21; 26; 54; 55]. Геометрические программы могут использоваться многократно с различными параметрами, в том числе как части при решении более сложных задач. В рамках студенческой работы язык геометрических построений применяется к решению практических задач, геометрические алгоритмы могут исследоваться в вопросах точности, скорости вычислений и т.п. Опубликовано одна статья и тезисы четырех студенческих докладов на международных конференциях [1; 19; 38; 44; 45];
- применение САПР к решению практических задач из различных областей: электротехники, физико-химического анализа (рис. 9, а), визуализации комплексных фигур (рис. 9, б) и др. Опубликовано шесть статей со студентами и тезисы одного доклада на международной конференции [6–8; 17; 23];
- исследование возможностей инструментов САПР, проектирование новых инструментов [10; 11; 13; 18]. Отдельная ветвь исследований посвящена развитию теории и практике применения новых геометрических инструментов (команд геометрических редакторов и САПР, кривых, поверхностей, геометрических преобразований). В частности, показано, что кривые Безье, входящие в состав САПР и геометрических редакторов, позволяют точно представлять алгебраические кривые 2-го и 3-го порядка — квадратичные и кубические параболы — и могут применяться при решении соответствующих задач. Еще больше возможностей у кривых *NURBS*, входящих в состав многих САПР: они могут использоваться для представления любых алгебраических кривых соответствующего порядка. Требуется создание алгоритмов, которые позволили бы строить конкретные кривые (например, кардиоиды), используя для этого кривые *NURBS*. Опубликовано две статьи со студентами и тезисы одного студенческого доклада на международной конференции [7; 25; 41].

Теория фракталов

Фрактальная геометрия занимает особое место, вбирая в себя элементы алгебры и геометрии. Фракталы — математические объекты, проявляющие свойство подобия частей целому, — принято делить на алгебраические (строятся на основе формул и уравнений), геометрические (строятся на основе геометрических построений и преобразований) и стохастические (строятся с применением элемента случайности) [37; 42].

Совместно со студентами рассмотрено применение геометрии, в частности многомерной, к созданию алгебраических фрактальных изображений для графического и предметного дизайна (рис. 10):

- отдельные изображения строятся как плоские сечения многомерного фрактального объекта — гиперфрактала (рис. 10, а);
- для создания изображений, являющихся переходными между двумя заданными, методом сложения комплексных функций создается новый гиперфрактал и затем рассекается плоскостями;
- плоские фрактальные изображения векторизуются и переносятся в программу трехмерного моделирования «Компас-3D» для придания им объема (рис. 10, б);
- строятся фрактальные изображения на поверхности сферы, пересекающей гиперфрактал в многомерном пространстве, затем могут быть получены их проекции и развертки (рис. 10, в).

Также представляет интерес исследование пространственных геометрических фракталов (рис. 11). Фрактальная геометрия — самый новый и быстро развивающийся раздел геометрии, а геометрия пространственных фракталов — новейшая ее часть, получившая развитие только в текущем столетии.

С помощью отечественной программы трехмерного моделирования «Компас-3D» созданы два класса объемных аналогов фракталов — снежинка Коха и дерево Пифагора, разработана их первичная классификация, изучены свойства. Актуальные прикладные задачи:

- создание объекта с площадью поверхности, стремящейся к бесконечности, что имеет очень большое значение для развития химической технологии: для создания новых катализаторов;
- повышение прочностных характеристик изделий посредством оптимизации геометрии малонагруженных частей деталей. Удастся уменьшить массу изделий на 10–20% и более без снижения целевых прочностных характеристик. Уменьшение массы изделий имеет исключительное значение в космической технике, авиации, а также протезировании.

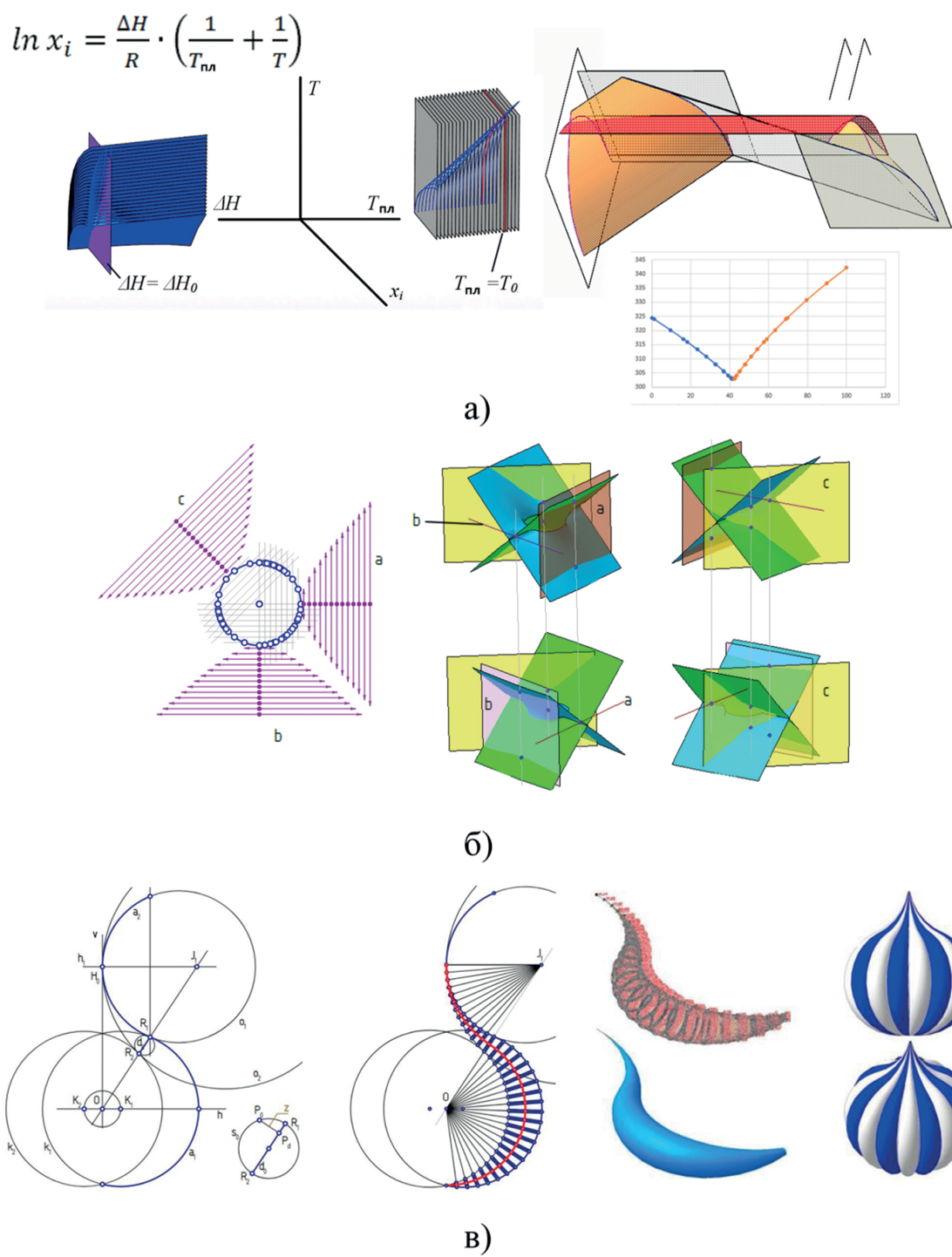
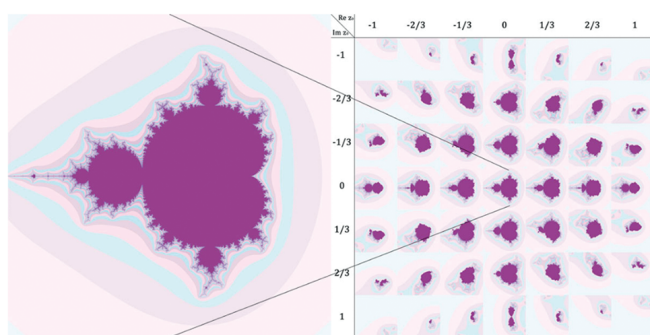
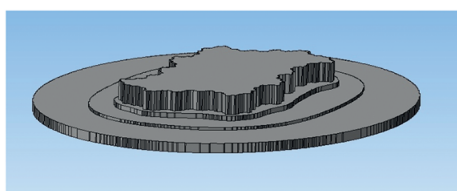


Рис. 9. Конструктивные геометрические модели:

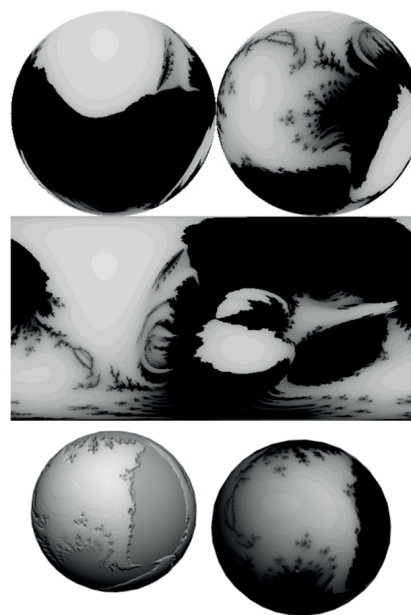
а — гиперэпюр и геометрическая схема к построению фазовой диаграммы, б — визуализация пересечения прямой и окружности в мнимых точках, в — геометрическая схема, конструктивная модель и 3D-модели архитектурного элемента и луковичного купола



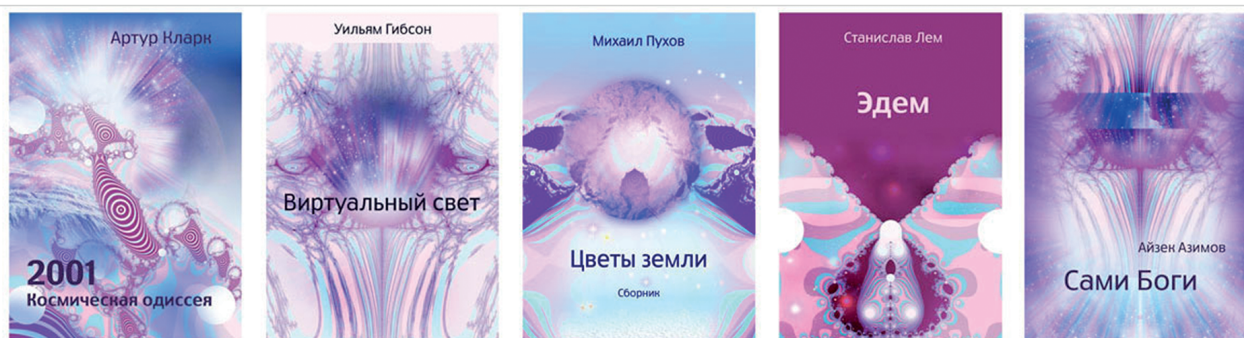
а)



б)



в)



г)

Рис. 10. Построение фрактальных изображений для графического и предметного дизайна на основе геометрического подхода: а — сечения гиперфрактала; б — трехмерная модель в программе «Компас-3D»; в — сферическое сечение гиперфрактала; проекции полушарий и развертка; г — проекты обложек книг с использованием построенных студентами фрактальных изображений

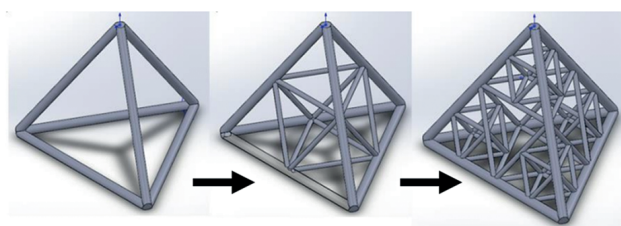


Рис. 11. Пространственные фракталы (оптимизация прочностных характеристик изделия)

Со студентами опубликованы четыре статьи и тезисы двух докладов на международных конференциях [9; 15; 16; 24; 43; 49].

Исследования в области тел, ограниченных криволинейными поверхностями (многосевдогранников), и геометрических ячеек на их основе

История геометрии многогранников — тел, ограниченных отсеками плоскостей, ведет отсчет с зарождения самой геометрии. При этом тела, ограниченные отсеками криволинейных поверхностей, названные нами «квазимногогранники», изучались точно и не систематично. Тем более не проводился поиск таких тел, представляющих собой геометрическую ячейку, т.е. элементов, способных заполнить своими копиями трехмерное пространство без

наложений и пустот. На кафедре были проведены исследования по следующим направлениям:

- моделирование квазимногогранников, ограниченных сопрягающимися отсеками гипаров [39];
- квазимногогранники — геометрические ячейки [40];
- моделирование различных бесконечных криволинейно-поверхностных губок [40].

Выводы

В рамках научного блока «Учебно-научный кластер «ГЕОМЕТРИАДА»» выполняются пять зарегистрированных научно-исследовательских работ в области прикладной геометрии. Изучаются поверхности квазивращения, фракталы, равноудаленные геометрические места точек, аффинные преобразования и методы конструктивной геометрии.

Ежегодно проводятся две секции на научно-практической конференции студентов и аспирантов РТУ МИРЭА — «Умный дом» и «Начертательная геометрия», лучшие работы рекомендуются к участию во Всероссийском студенческом конкурсе «Инновационные разработки».

Ежегодно проводится Всероссийский студенческий конкурс «Инновационные разработки». Участие в конкурсе — один из этапов подготовки студентов в рамках методической системы развития интеллектуальных способностей.

В конкурсе «Инновационные разработки» приняли участие представители 24 университетов.

Среди 14 лучших работ, победивших на конкурсе «Инновационные разработки», половина выполнена студентами РТУ МИРЭА.

Ежегодно проводятся научно-методическая конференция «Проблемы инженерной геометрии» и научно-методический семинар «Геометрия и графика», где наравне с опытными преподавателями и ведущими учеными свои научные исследования и научно-практические разработки в области геометрического моделирования, конструирования и компьютерной графики могут представить аспиранты и студенты.

Для публикации ведущих научных исследований и разработок создан журнал «Геометрия и графика», включенный в список ВАК.

Литература

1. Алена Е.М. Исследование одного семейства кривых четвертого порядка [Текст] / Е.М. Алена; рук. А.А. Бойков // Двенадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017»: Материалы конференции. — Т. 5. — Иваново, 2017. — С. 184–185.
2. Антонова И.В. Математическое описание вращения точки вокруг эллиптической оси в некоторых частных случаях [Текст] / И.В. Антонова, И.А. Беглов, Е.В. Соломонова // Геометрия и графика. — 2019. — Т. 7. — № 3. — С. 36–50. — DOI: 10.12737/article_5dce66dd9fb966.59423840.
3. Беглов И.А. Атлас поверхностей квазивращения: атлас [Текст] / И.А. Беглов. — М., 2022. — 76 с.
4. Беглов И.А. Математическое описание метода вращения точки вокруг криволинейной оси второго порядка [Текст] / И.А. Беглов, В.В. Рустамян, И.В. Антонова // Геометрия и графика. — 2018. — Т. 6. — № 4. — С. 39–46. — DOI: 10.12737/article_5c21f6e832b4d2.25216268.
5. Беглов И.А. Метод вращения геометрических объектов вокруг криволинейной оси [Текст] / И.А. Беглов, В.В. Рустамян // Геометрия и графика. — 2017. — Т. 5. — № 3. — С. 45–50. — DOI: 10.12737/article_59bfa4eb0bf488.99866490.
6. Белим С.С. Об использовании параметрических CAD-систем для моделирования фазовых диаграмм двухкомпонентных систем [Текст] / С.С. Белим, А.А. Бойков, А.В. Коровина // Современные научные исследо-
7. Белим С.С. Построение фазовых диаграмм двух- и трехкомпонентных систем идеальных растворов геометрическим способом [Текст] / С.С. Белим, А.В. Коровина // XV всероссийская (VII международная) науч.-техн. конф. «Энергия-2020»: Материалы конференции. — Т. 5. — Иваново, 2020. — С. 104.
8. Бойков А.А. Визуализация геометрических фигур и отношений комплексной плоскости средствами компьютерной графики [Текст] / А.А. Бойков, Д.А. Шулайкин // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. — 2019. — Т. 1. — С. 72–93.
9. Бойков А.А. Геометрические модели и алгоритмы построения сферических сечений гиперфрактала [Текст] / А.А. Бойков, И.И. Гудаев // Журнал естественно-научных исследований. — 2020. — Т. 5. — № 4. — С. 16–25.
10. Бойков А.А. Конструктивные алгоритмы построения дуг кубической параболы при помощи кривой Безье [Текст] / А.А. Бойков // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции 26 апреля 2022 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. О.А. Акулова. — Брест: Изд-во БрГТУ, 2022. — С. 21–26.

11. *Бойков А.А.* Некоторые вопросы автоматизации конструктивных алгоритмов формирования геометрических моделей для CAD-систем [Текст] / А.А. Бойков // В сборнике: SCVRT-2018 Международная научная конференция Московского физико-технического института (государственного университета) Института физико-технической информатики. Труды Международной научной конференции. — 2018. — С. 281–290.
12. *Бойков А.А.* О построении фазовых диаграмм двухкомпонентных систем в САПР «Компас-3D» геометрическим способом [Текст] / А.А. Бойков, С.С. Белим, А.В. Коровина // Журнал технических исследований. — 2020. — Т. 6. — № 2. — С. 9–14.
13. *Бойков А.А.* О системах построений, связанных с векторными геометрическими редакторами [Текст] / А.А. Бойков, Н.С. Кадыкова // Журнал естественно-научных исследований. — 2021. — Т. 6. — № 2. — С. 19–30.
14. *Бойков А.А.* О создании библиографической базы публикаций по инженерной геометрии [Текст] / А.А. Бойков, А.А. Варфоломеева, Ф.С. Идрисова, В.Р. Пентюрина // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. — 2018. — С. 404–407.
15. *Бойков А.А.* О создании фрактальных образов для дизайна и полиграфии и некоторых геометрических обобщениях, связанных с ними [Текст] / А.А. Бойков, Е.В. Орлова, А.В. Чернова, А.А. Шкилевич // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. — 2019. — Т. 1. — С. 325–339.
16. *Бойков А.А.* Об одном способе создания бесшовных фрактальных паттернов для дизайна на основе многомерного подхода / [Текст] А.А. Бойков, И.И. Гудаев // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 23 апреля 2021 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация. — Новосибирск: Изд-во НГАСУ (Сибстрин), 2021. — 281 с.
17. *Бойков А.А.* Об одном подходе к использованию параметризованных моделей и параметрических CAD-систем [Текст] / А.А. Бойков, С.С. Белим, А.В. Коровина // В сборнике: Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. — 2020. — С. 37–41.
18. *Бойков А.А.* Об одном способе автоматизации конструктивных алгоритмов формирования геометрических моделей в среде CAD-систем [Текст] / А.А. Бойков // В сборнике: СРТ2019 Международная научная конференция Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета и Научно-исследовательского центра физико-технической информатики. Труды Международной научной конференции. — 2019. — С. 393–399.
19. *Бойков А.А.* Решение задач начертательной геометрии складыванием листа бумаги (оригами-геометрия) [Текст] / А.А. Бойков, П.А. Чернова // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. — Иваново, 2017. — С. 431–434.
20. *Бойков А.А.* Справочно-библиографическая система по инженерной геометрии и ее применение в научной работе студентов [Текст] / А.А. Бойков, А.А. Варфоломеева // В сборнике: Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин); Брестский государственный технический университет). — 2019. — С. 37–41.
21. *Бойков А.А.* Средства автоматизации геометрических построений [Текст] / А.А. Бойков // Двенадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017»: Материалы конференции. — Т. 5. — Иваново, 2017. — С. 188–189.
22. *Бойков А.А.* Точное представление параболы в САПР «Компас-3D» при помощи кривой Безье [Текст] / А.А. Бойков, Д.А. Малахов // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. — 2018. — С. 407–411.
23. *Бойков А.А.* Трехмерная визуализация геометрических образов и отношений комплексной плоскости [Текст] / А.А. Бойков, Д.А. Шулайкин // Проблемы координации работы технических вузов в области повышения качества инженерно-графической подготовки студентов: материалы науч.-метод. конф. (с. Дивноморское, 10–16 сентября 2018 г.); Донской гос. техн. ун-т. — Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ, 2018. — С. 163–171.
24. *Бойков А.А.* Трехмерные модели для предметного дизайна на основе алгебраических фракталов [Текст] / А.А. Бойков, И.И. Гудаев // Журнал естественнонаучных исследований. — 2021. — Т. 6. — № 4. — С. 53–56.
25. *Бойков А.А.* Экспериментальная проверка конструктивных алгоритмов построения кубических парабол при помощи кривых Безье в САПР «Компас-3D» [Текст] / А.А. Бойков, П.С. Сиднев // Журнал естественно-научных исследований. — 2022. — Т. 7. — № 3. — С. 57–64.
26. *Бойков А.А.* Язык геометрических построений и его применение в разработке функций CAD-систем [Текст] / А.А. Бойков // В сборнике: Международная научная конференция SCVRT-2019 «Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класса 4i для задач мониторинга и безопасности». SCVRT-2019 Труды Международной научной конференции. — 2019. — С. 42–50.

27. Варфоломеева А.А. О создании библиографического ресурса по инженерной геометрии [Текст] / А.А. Варфоломеева, Ф.С. Идрисова, В.Р. Пентюрина // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. — Т. 5. — Иваново: Ивановский гос. энергетический ун-т, 2018. — С. 116.
28. Варфоломеева А.А. Справочно-библиографическая система по инженерной геометрии и ее применение в научной работе студентов [Текст] / А.А. Варфоломеева // Энергия-2019. Материалы Четырнадцатой всероссийской (международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: В 6 т. — Иваново, 2019. — Т. 5. — С. 98.
29. Васнев И.П. Вопросы автоматизации обработки библиографических ссылок для справочно-библиографической системы по инженерной геометрии / И.П. Васнев // Журнал естественнонаучных исследований. 2021. — № 4. — С. 57–61.
30. Волошинов Д.В. Конструктивное геометрическое моделирование как перспектива преподавания графических дисциплин [Текст] / Д.В. Волошинов, К.Н. Соломонов // Геометрия и графика. — 2013. — № 2. — С. 10–13. — DOI: 10.12737/778.
31. Волошинов Д.В. О перспективах развития геометрии и ее инструментария [Текст] / Д.В. Волошинов // Геометрия и графика. — 2014. — № 1. — С. 15–21. — DOI: 10.12737/3844.
32. Вышнепольский В.И. Геометрические места точек, равноотстоящих от двух заданных геометрических фигур. Часть 1 [Текст] / В.И. Вышнепольский, Н.А. Сальков, Е.В. Заварихина // Геометрия и графика. — 2017. — Т. 5. — № 3. — С. 21–35. — DOI: 10.12737/article_59bfa3beb72932.73328568.
33. Вышнепольский В.И. Геометрические места точек, равноотстоящих от двух заданных геометрических фигур. Часть 2: геометрические места точек, равноудаленных от точки и конической поверхности [Текст] / В.И. Вышнепольский, Е.В. Заварихина, О.Л. Даллакян // Геометрия и графика. — 2017. — Т. 5. — № 4. — С. 15–23. — DOI: 10.12737/article_5a17f9503d6f40.18070994.
34. Вышнепольский В.И. Геометрические места точек, равноотстоящих от двух заданных геометрических фигур. Часть 3 [Текст] / В.И. Вышнепольский, К.А. Киршанов, К.Т. Егиазарян // Геометрия и графика. — 2018. — Т. 6. — № 4. — С. 3–19. — DOI: 10.12737/article_5c21f207bfd6e4.78537377.
35. Вышнепольский В.И. Геометрические места точек, равноотстоящих от двух заданных геометрических фигур. Часть 4: геометрические места точек, равноудаленных от двух сфер [Текст] / В.И. Вышнепольский, Е.В. Заварихина, Д.С. Пех // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 3. — С. 12–29. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-12-29.
36. Вышнепольский В.И. Геометрические места точек, равноотстоящих от двух заданных геометрических фигур. Часть 5: геометрические места точек, равноудаленных от сферы и плоскости [Текст] / В.И. Вышнепольский, Е.В. Заварихина, К.Т. Егиазарян // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 4. — С. 22–34. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-9-4-22-34.
37. Дмитриев В.Л. Популярно о фракталах: многообразие фракталов и их классификация [Текст] / В.Л. Дмитриев, А.К. Мухаметова // NovaInfo.Ru. — 2015. — Т. 1. — № 38. — С. 45–64.
38. Ермолаев А.Р. Реализация алгоритмов графического дифференцирования и интегрирования средствами языка геометрических построений [Текст] / А.Р. Ермолаев; рук. А.А. Бойков // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. — Т. 5. — Иваново: Ивановский гос. энергетический ун-т, 2018. — С. 117.
39. Ефремов А.В. «Правильные» многопсевдогранники, образованные отсеками гиперболических параболоидов [Текст] / А.В. Ефремов // Журнал технических исследований. — 2020. — Т. 6. — № 2. — С. 21–28.
40. Ефремов А.В. Пространственные геометрические ячейки — квазимногогранники [Текст] / А.В. Ефремов, Т.А. Верещагина, Н.С. Кадыкова, В.В. Рустамян // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 3. — С. 30–38. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-30-38.
41. Малахов Д.А. Конструктивные алгоритмы построения параболы в системе «Компас-3D» [Текст] / Д.А. Малахов; рук. А.А. Бойков // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. — Иваново: Ивановский гос. энергетический ун-т, 2018. — Т. 5. — С. 121.
42. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. [Текст] / Б. Мандельброт — М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002. — 656 с.
43. Орлова Е.В. Геометрическое обобщение некоторых алгебраических фрактальных алгоритмов [Текст] / Е.В. Орлова, А.В. Чернова; рук. А.А. Бойков // Энергия-2019 Материалы Четырнадцатой всероссийской (международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: В 6 т. — Иваново, 2019. — Т. 5. — С. 99.
44. Чернова П.А. Решение задач курса начертательной геометрии с помощью оригами-построений [Текст] / П.А. Чернова; рук. А.А. Бойков // Двенадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017»: Материалы конференции. — Иваново, 2017. — Т. 5. — С. 223.
45. Чернятьев А.И. Архитектура интерпретатора языка геометрических построений [Текст] / А.И. Чернятьев, А.А. Чунаева; рук. А.А. Бойков // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. — Иваново: Ивановский гос. энергетический ун-т, 2018. — Т. 5. — С. 130.

46. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021662450 Российская Федерация. Поверхность квазивращения: № 2021661461: заявл. 19.07.2021; опубл. 28.07.2021 [Текст] / Д.В. Волошинов, И.А. Беглов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».
47. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663203 Российская Федерация. Сечение поверхности квазивращения: № 2021662285: заявл. 02.08.2021; опубл. 12.08.2021 [Текст] / И.А. Беглов, Д.В. Волошинов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».
48. Шибанов Д.Ю. Об использовании средств распознавания речи в задаче обработки библиографических данных по инженерной геометрии [Текст] / Д.Ю. Шибанов // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. — Иваново: Ивановский гос. энергетический ун-т, 2018. — Т. 5. — С. 73.
49. Шкилевич А.А. Графическое исследование функций комплексного переменного [Текст] / А.А. Шкилевич; рук. А.А. Бойков // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. — Иваново: Ивановский гос. энергетический ун-т, 2018. — Т. 5. — С. 135.
50. Beglov I.A. Application of quasi-rotation surface segments in architectural prototyping [Text] / I.A. Beglov, V.V. Rustamyan, R.A. Verbitskiy // Journal of Physics: conference series, 15, Omsk, 9–11 November 2021. 2022. P. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012002.
51. Beglov I.A. Computer geometric modeling of quasi-rotation surfaces [Text] / I.A. Beglov // Journal of physics: conference series, 5, Omsk, 16–17 March 2021. 2021. P. 012057. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012057.
52. Beglov I.A. Generation of the surfaces via quasi-rotation of higher order [Text] / I.A. Beglov // Journal of physics : conference series: IV International Scientific and Technical Conference «Mechanical Science and Technology Update», MSTU 2020, Omsk, 17–19 March 2020. 2020. P. 012032. DOI: 10.1088/1742-6596/1546/1/012032.
53. Beglov I.A. N-n-digit interrelations between the sets within the R^2 plane generated by quasi-rotation of R^3 space [Text] / I.A. Beglov // Journal of physics : conference series: IV International Scientific and Technical Conference «Mechanical Science and Technology Update», MSTU 2020, Omsk, 17–19 March 2020. 2020. P. 012033. DOI: 10.1088/1742-6596/1546/1/012033.
54. Boykov A.A. Development and application of the geometry constructions language to building computer geometric models [Text] / A.A. Boykov // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series 5 "V International Scientific and Technical Conference "Mechanical Science and Technology Update". 2021. P. 012058. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012058.
55. Boykov A.A. Modeling of geometric correspondences and transformations via geometry constructions language [Text] / A.A. Boykov // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series 15 "XV International Scientific and Technical Conference: Applied Mechanics and Systems Dynamics, AMSD 2021". 2022. P. 012001. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012001.
56. Vyshnepolsky V.I. Geometric modeling and study of properties of surfaces equidistant to two spheres [Text] / V.I. Vyshnepolsky, N.S. Kadykova, D.S. Peh // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series 15 "XV International Scientific and Technical Conference: Applied Mechanics and Systems Dynamics, AMSD 2021". 2022. P. 012013. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012013.
57. Vyshnepolsky V.I. Modeling and study of properties of surfaces equidistant to a sphere and a plane [Text] / V.I. Vyshnepolsky, A.V. Efremov, E.V. Zavarikhina // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series 15 "XV International Scientific and Technical Conference: Applied Mechanics and Systems Dynamics, AMSD 2021". 2022. P. 012012. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012012.

References

1. Alenina E.M., Boykov A.A. Issledovaniye odnogo semeystva krivkh chetvertogo poryadka [Investigation of one family of curves of the fourth order]. *Materialy konferentsii «Dvenadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2017»* [Conference materials «Twelfth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2017»]. Ivanovo, 2017, V. 5, pp. 184–185. (in Russian)
2. Antonova I.V., Beglov I.A., Solomonova E.V. Matematicheskoye opisaniye vrashcheniya tochki vokrug ellipticheskoy osi v nekotorykh chastnykh sluchayakh [Mathematical description of the rotation of a point around an elliptical axis in some special cases]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2019, V. 7, I. 3, pp. 36–50. DOI: 10.12737/article_5dce66dd9fb966.59423840. (in Russian)
3. Beglov I.A. *Atlas poverkhnostey kvazivrashcheniya* [Atlas of surfaces of quasi-rotation]. Moscow, Infra-M Publ., 2022. 76 p. (in Russian)
4. Beglov I.A., Rustamyan V.V., Antonova I.V. Matematicheskoye opisaniye metoda vrashcheniya tochki vokrug krivolinyonoy osi vtorogo poryadka [Mathematical description of the method of rotating a point around a curvilinear axis of the second order]. *Geometriya i grafika* [Geometry and

- graphics]. 2018, V. 6, I. 4, pp. 39–46. DOI: 10.12737/article_5c21f6e832b4d2.25216268. (in Russian)
5. Beglov I.A., Rustamyan V.V. Metod vrashcheniya geometricheskikh ob'yektov vokrug krivolineynoy osi [Method for rotating geometric objects around a curvilinear axis]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2017. V. 5. I. 3, pp. 45–50. DOI: 10.12737/article_59bfa4eb-0bf488.99866490. (in Russian)
 6. Belim S.S., Bojkov A.A., Korovina A.V. Ob ispol'zovanii parametricheskikh CAD-sistem dlya modelirovaniya fazovykh diagramm dvukhkomponentnykh sistem [On the use of parametric CAD systems for modeling phase diagrams of two-component systems]. *Sbornik nauchnykh trudov po materialam XXVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye nauchnyye issledovaniya»* [Collection of scientific papers based on the materials of the XXVI International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Research»]. Anapa. NIC ESP Publ., 2020. pp. 36–39. (in Russian)
 7. Belim S.S., Korovina A.V. Postroyeniye fazovykh diagramm dvukh- i trekhkomponentnykh sistem ideal'nykh rastvorov geometricheskim sposobom [Construction of phase diagrams of two- and three-component systems of ideal solutions in a geometric way]. *Materialy konferentsii «XV vserossiyskaya (VII mezhdunarodnaya) nauch.-tekhn. konf. «Energiya-2020»* [Conference materials «XV All-Russian (VII international) scientific and technical. conf. «Energy-2020»]. Ivanovo, 2020. V. 5. 104 p. (in Russian)
 8. Bojkov A.A., Shulajkin D.A. Vizualizatsiya geometricheskikh figur i otnosheniy kompleksnoy ploskosti sredstvami komp'yuternoy grafika [Visualization of geometric figures and relations of the complex plane by means of computer graphics]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzhe: traditsii i innovatsii* [Problems of quality of graphic training of students at a technical university: traditions and innovations]. Perm', PNIPU, 2019. V. 1, pp. 72–93. (in Russian)
 9. Bojkov A.A., Gudaev I.I. Geometricheskiye modeli i algoritmy postroyeniya sfericheskikh secheniy giperfraktala [Geometric models and algorithms for constructing spherical sections of a hyperfractal]. *Zhurnal yestestvenno-nauchnykh issledovaniy* [Journal of natural science research]. 2020. V. 5. I. 4, pp. 16–25. (in Russian)
 10. Bojkov A.A. Konstrukivnyye algoritmy postroyeniya dug kubicheskoy paraboly pri pomoshchi krivoy Bez'ye [Constructive algorithms for constructing arcs of a cubic parabola using a Bezier curve]. *Innovatsionnyye tekhnologii v inzhenernoy grafike: problemy i perspektivy. Sb. tr. Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. 20 aprelya 2018 goda Brest, Respublika Belarus' Novosibirsk, Rossiyskaya Federatsiya. Brest: BrGTU* [Innovative technologies in engineering graphics: problems and prospects: Sat. tr. International scientific and practical. conf. April 26, 2022 Brest, Republic of Belarus Novosibirsk, Russian Federation]. Brest, BrGTU. 2022, pp. 21–26. (in Russian)
 11. Bojkov A.A. Nekotoryye voprosy avtomatizatsii konstruktivnykh algoritmov formirovaniya geometricheskikh modely dlya CAD-sistem [Some issues of automation of constructive algorithms for the formation of geometric models for CAD systems]. *Sbornik SCVRT2018 Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Moskovskogo fiziko-tekhnicheskogo instituta (gosudarstvennogo universiteta) Instituta fiziko-tekhnicheskoy informatiki. Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Collection SCVRT-2018 International Scientific Conference of the Moscow Institute of Physics and Technology (State University) Institute of Physics and Technology Informatics. Proceedings of the International Scientific Conference]. Moscow, 2018, pp. 281–290. (in Russian)
 12. Bojkov A.A., Belim S.S., Korovina A.V. O postroyenii fazovykh diagramm dvukhkomponentnykh sistem v SAPR «Kompas-3D» [On the construction of phase diagrams of two-component systems in CAD «Compass-3D»]. *Zhurnal tekhnicheskikh issledovaniy* [Journal of Technical Research]. 2020. V. 6. I. 2, pp. 9–14. (in Russian)
 13. Bojkov A.A., Kadykova N.S. O sistemakh postroyeniy, svyazannykh s vektornymi geometricheskimi redaktorami [About construction systems associated with vector geometry editors]. *Zhurnal yestestvenno-nauchnykh issledovaniy* [Journal of natural science research]. 2021. V. 6. I. 2, pp. 19–30. (in Russian)
 14. Bojkov A.A., Varfolomeyeva A.A., Idrisova F.S., Pentyurina V.R. O sozdaniy bibliograficheskoy bazy publikatsiy po inzhenernoy geometrii [On the creation of a bibliographic database of publications on engineering geometry]. *Sbornik materialov IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov»* [Collection of materials of the IX All-Russian scientific-practical conference «Reliability and durability of machines and mechanisms»]. 2018, pp. 404–407. (in Russian)
 15. Bojkov A.A., Orlova E.V., Chernova A.V., Shkilevich A.A. O sozdaniy fraktal'nykh obrazov dlya dizayna i poligrafii i nekotorykh geometricheskikh obobshcheniyakh, svyazannykh s nimi [On the creation of fractal images for design and printing and some geometric generalizations associated with them]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzhe: traditsii i innovatsii* [Problems of quality graphic preparation of students in a technical college: tradition and innovation]. PG TU Publ., 2019. V. 1, pp. 325–339. (in Russian)
 16. Bojkov A.A., Gudaev I.I. Ob odnom sposobe sozdaniya besshovnykh fraktal'nykh patternov dlya dizayna na osnove mnogomernogo podkhoda [About one way to create seamless fractal patterns for design based on a multidimensional approach]. *Innovatsionnyye tekhnologii v inzhenernoy grafike: problemy i perspektivy. Sb. tr. Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. 20 aprelya 2018 goda Brest, Respublika Belarus' Novosibirsk, Rossiyskaya Federatsiya. Brest: BrGTU* [Innovative technologies in engineering graphics: problems and prospects: Sat. tr. International scientific and practical.

- conf. April 26, 2022 Brest, Republic of Belarus Novosibirsk, Russian Federation]. Brest, BrGTU, 2021. 281 p.
17. Bojkov A.A., Belim S.S., Korovina A.V. Ob odnom podkhode k ispol'zovaniyu parametrizovannykh modeley i parametricheskikh CAD-sistem [On one approach to the use of parametric models and parametric CAD systems]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnyye tekhnologii v inzhenernoy grafike: problemy i perspektivy»* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies in Engineering Graphics: Problems and Prospects»]. 2020, pp. 37–41. (in Russian)
 18. Bojkov A.A. Ob odnom sposobe avtomatizatsii konstruktivnykh algoritmov formirovaniya geometricheskikh modeley v srede CAD-sistem [On one way to automate constructive algorithms for the formation of geometric models in the environment of CAD systems]. *Sbornik «CPT2019 Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Nizhegorodskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta i Nauchno-issledovatel'skogo tsentra fiziko-tekhnicheskoy informatiki. Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii»* [Collection «CPT-2019 International Scientific Conference of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering and the Research Center for Physical and Technical Informatics. Proceedings of the International Scientific Conference»]. 2019, pp. 393–399. (in Russian)
 19. Bojkov A.A., CHernova A.V. Resheniye zadach nacheratatel'noy geometrii skladyvaniyem lista bumagi (origami-geometriya) [Solving problems of descriptive geometry by folding a sheet of paper (origami geometry)]. *Sbornik materialov VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. «Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov»* [Collection of materials of the VIII All-Russian scientific-practical conference. «Reliability and durability of machines and mechanisms»]. Ivanovo, 2017, pp. 431–434. (in Russian)
 20. Bojkov A.A., Varfolomeyeva A.A. Spravochno-bibliograficheskaya sistema po inzhenernoy geometrii i yeye primeneniye v nauchnoy rabote studentov [Reference and bibliographic system on engineering geometry and its application in the scientific work of students]. *Innovatsionnyye tekhnologii v inzhenernoy grafike: problemy i perspektivy. Sb. tr. Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. 20 aprelya 2018 goda Brest, Respublika Belarus' Novosibirsk, Rossiyskaya Federatsiya. Brest: BrGTU* [Innovative technologies in engineering graphics: problems and prospects: Sat. tr. International scientific and practical. conf. April 26, 2022 Brest, Republic of Belarus Novosibirsk, Russian Federation]. Brest, BrGTU, 2019, pp. 37–41. (in Russian)
 21. Bojkov A.A. Sredstva avtomatizatsii geometricheskikh postroyeniy [Means of automation of geometric constructions]. *Materialy konferentsii «Dvenadsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2017»* [Conference materials «Twelfth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2017»]. Ivanovo, 2017. V. 5, pp. 188–189. (in Russian)
 22. Bojkov A.A., Malahov D.A. Tochnoye predstavleniye paraboly v SAPR «Kompas-3D» pri pomoshchi krivoy Bez'ye [Accurate representation of a parabola in CAD "Compass-3D" using a Bezier curve]. *Sbornik materialov VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. «Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov»* [Collection of materials of the IX All-Russian scientific-practical conference. «Reliability and durability of machines and mechanisms»]. Ivanovo, 2018, pp. 407–411. (in Russian)
 23. Bojkov A.A., SHulajkin D.A. Trekhmernaya vizualizatsiya geometricheskikh obrazov i otnosheniy kompleksnoy ploskosti [3D visualization of geometric shapes and complex plane relationships]. *Problemy koordinatsii raboty tekhnicheskikh vuzov v oblasti povysheniya kachestva inzhenerno-graficheskoy podgotovki studentov: materialy nauch.-metod. konf.* [Problems of coordinating the work of technical universities in the field of improving the quality of engineering and graphic training of students: materials of the scientific method. conf.]. Rostov-on-Don, DSTU, 2018, pp. 163–171. (in Russian)
 24. Bojkov A.A., Gudaev I.I. Trekhmernyye modeli dlya predmetnogo dizayna na osnove algebraicheskikh fraktalov [Three-dimensional models for object design based on algebraic fractals]. *Zhurnal yestestvenno-nauchnykh issledovaniy* [Journal of natural science research]. 2021. V. 6. I. 4, pp. 53–56. (in Russian)
 25. Bojkov A.A., Sidnev P.S. Eksperimental'naya proverka konstruktivnykh algoritmov postroyeniya kubicheskikh parabol pri pomoshchi krivoy Bez'ye v SAPR «Kompas-3D» [Experimental verification of constructive algorithms for constructing cubic parabolas using Bezier curves in CAD «Compass-3D»]. *Zhurnal yestestvenno-nauchnykh issledovaniy* [Journal of natural science research]. 2022. V. 7. I. 3, pp. 57–64. (in Russian)
 26. Bojkov A.A. Yazyk geometricheskikh postroyeniy i yego primeneniye v razrabotke funktsiy CAD-sistem [The language of geometric constructions and its application in the development of functions of CAD systems]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii SCVRT2019 «Situatsionnyye tsentry i informatsionno-analiticheskiye sistemy klassa 4i dlya zadach monitoringa i bezopasnosti»* [Proceedings of the International Scientific Conference SCVRT2019 «Situation centers and information-analytical systems of class 4i for monitoring and security tasks»]. 2019, pp. 42–50.
 27. Varfolomeeva A.A., Idrisova F.S., Pentyurina V.R. O sozdaniy bibliograficheskogo resursa po inzhenernoy geometrii [On the creation of a bibliographic resource on engineering geometry]. *Materialy konferentsii «Trinadsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2018»* [Materials of the conference «The thirteenth international scientific and technical conference of students, graduate students

- and young scientists «Energy-2018»]. Ivanovo, 2018. V. 5, pp. 407–411. (in Russian)
28. Varfolomeeva A.A. Spravochno-bibliograficheskaya sistema po inzhenernoy geometrii i yeye primeneniye v nauchnoy rabote studentov [Reference and bibliographic system on engineering geometry and its application in the scientific work of students]. *Materialy konferentsii «Chetyrnadsataya mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2019»* [Materials of the conference "Fourteenth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists "Energy-2019"]. Ivanovo, 2019. V. 5, p. 98. (in Russian)
 29. Vasnev I.P. Voprosy avtomatizatsii obrabotki bibliograficheskikh ssylok dlya spravochno-bibliograficheskoy sistemy po inzhenernoy geometrii [Issues of automating the processing of bibliographic references for a reference and bibliographic system in engineering geometry]. *Zhurnal yestvenno-nauchnykh issledovaniy* [Journal of natural science research]. 2021. V. 6. I. 4, pp. 57–61. (in Russian)
 30. Voloshinov D.V., Solomonov K.N. Konstruktivnoye geometricheskoye modelirovaniye kak perspektiva prepodavaniya graficheskikh distsiplin [Constructive Geometric Modeling as a Perspective for Teaching Graphic Arts]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2013. V. 1. I. 2, pp. 10–13. DOI: 10.12737/778. (in Russian)
 31. Voloshinov D.V. O perspektivakh razvitiya geometrii i yeye instrumentariya [On the prospects for the development of geometry and its tools]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2014. V. 2. I. 1, pp. 15–21. DOI: 10.12737/article_59bfa3beb72932.73328568. (in Russian)
 32. Vyshnepol'skij V.I., Sal'kov N.A., Zavarihina E.V. Geometricheskie mesta tochek, ravnootstoyashchih ot dvuh zadannykh geometricheskikh figur. CHast' 1 [Geometric locations of the points equally spaced from two given geometric figures. Part 1]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2017. V. 5. I. 3, pp. 21–35. DOI: 10.12737/22842. (in Russian)
 33. Vyshnepol'skij V.I., Dallakjan O.L., Zavarihina E.V. Geometricheskie mesta tochek, ravnootstoyashchih ot dvuh zadannykh geometricheskikh figur. CHast' 2 [Geometric locations of the points equally spaced from two given geometric figures. Part 2]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2017. V. 5. I. 4, pp. 15–23. DOI: 10.12737/22842. (in Russian)
 34. Vyshnepol'skij V.I., Kirshanov K.A., Egiazaryan K.T. Geometricheskie mesta tochek, ravnootstoyashchih ot dvuh zadannykh geometricheskikh figur. CHast' 3 [Geometric locations of the points equally spaced from two given geometric figures. Part 3]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2018. V. 6. I. 4, pp. 3–19. DOI: 10.12737/article_5c21f-207bfd6e4.78537377. (in Russian)
 35. Vyshnepol'skij V.I., Zavarihina E.V., Pekh D.S. Geometricheskie mesta tochek, ravnootstoyashchih ot dvuh zadannykh geometricheskikh figur. chast' 4: geometricheskie mesta tochek, ravnoudalennykh ot dvuh sfer [Geometric points of points equidistant from two given geometric shapes. Part 4: geometric points of points equidistant from two spheres]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021. V. 9. I. 3, pp. 12–29. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-12-29. (in Russian)
 36. Vyshnepol'skij V.I., Zavarihina E.V., Egiazaryan K.T. Geometricheskie mesta tochek, ravnootstoyashchih ot dvuh zadannykh geometricheskikh figur. chast' 5: geometricheskie mesta tochek, ravnoudalennykh ot sfery i ploskosti [Geometric locus of points equidistant from two given geometric figures. part 5: locus of points equidistant from sphere and plane]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021. V. 9. I. 4, pp. 22–34. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-9-4-22-34. (in Russian)
 37. Dmitriev V.L., Muhametova A.K. *Populyarno o fraktalakh: mnogoobraziye fraktalov i ikh klassifikatsiya* [Popular about fractals: the variety of fractals and their classification]. NovaInfo.Ru [NovaInfo.Ru]. 2015. V. 1. I. 38, pp. 45–64. (in Russian)
 38. Ermolaev A.R., Bojkov A.A. Realizatsiya algoritmov graficheskogo differentsirovaniya i integrirovaniya sredstvami yazyka geometricheskikh postroyeniy [Implementation of algorithms for graphical differentiation and integration using the language of geometric constructions]. *Materialy konferentsii «Trinadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2018»* [Materials of the conference «The thirteenth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2018»]. Ivanovo, 2019. V. 5, p. 117. (in Russian)
 39. Efremov A.V. «Pravil'nyye» mnogopsevdogranniki, obrazovannye otsekami giperbolicheskikh paraboloidov ["Regular" polypseudohedrons formed by compartments of hyperbolic paraboloids]. *Zhurnal tekhnicheskikh issledovaniy* [Technical Research Journal]. 2020. V. 6. I. 2, pp. 21–28. (in Russian)
 40. Efremov A.V., Vereshchagina T.A., Kadykova N.S., Rustamyan V.V. Prostranstvennyye geometricheskiye yacheyki — kvazimnogogranniki [Spatial Geometric Cells — Quasipolyhedra]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021. V. 9. I. 3, pp. 30–38. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-30-38. (in Russian)
 41. Malahov D.A., Bojkov A.A. Resheniye zadach kursa nachertatel'noy geometrii s pomoshch'yu origami-postroyeniy [Solving the problems of the course of descriptive geometry using origami constructions]. *Materialy konferentsii «Trinadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2018»* [Materials of the conference «The thirteenth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2018»]. Ivanovo, 2018. V. 5, p. 121. (in Russian)
 42. Mandel'brot B. *Fraktal'naya geometriya prirody* [Fractal geometry of nature]. Moscow, In-t komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2002., 656 p.
 43. Orlova E.V., Chernova A.V., Bojkov A.A. Geometricheskoye obobshcheniye nekotorykh algebraicheskikh fraktal'nykh algoritmov [Geometric generalization of some algebraic fractal algorithms]. *«Chetyrnadsataya mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2019»* [Materials of the

- conference "Fourteenth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists "Energy-2019". Ivanovo, 2019. V. 5, p. 99. (in Russian)
44. CHernova P.A., Bojkov A.A. Resheniye zadach kursa nachertatel'noy geometrii s pomoshch'yu origami-postroyeniya [Solving the problems of the course of descriptive geometry using origami constructions]. *Materialy konferentsii «Dvenadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2017»* [Conference materials «Twelfth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2017»]. Ivanovo, 2017. V. 5, 223 p. (in Russian)
 45. CHernyat'ev A.I., CHunaeva A.A., Bojkov A.A. Arkhitektura interpretatora yazyka geometricheskikh postroyeniya [The architecture of the interpreter of the language of geometric constructions]. *Materialy konferentsii «Trinadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2018»* [Materials of the conference «The thirteenth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2018»]. Ivanovo, 2018. V. 5, p. 121. (in Russian)
 46. Voloshinov D.V., Beglov I.A. Poverkhnost' kvazivrashcheniya [Quasi-rotation surface]. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2021662450 Rossiyskaya Federatsiya* [Certificate of state registration of the computer program № 2021662450 Russian Federation]. 28.07.2021.
 47. Beglov I.A., Voloshinov D.V. Secheniye poverkhnosti kvazivrashcheniya [Cross section of the quasi-rotation surface]. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2021662450 Rossiyskaya Federatsiya* [Certificate of state registration of the computer program № 2021662450 Russian Federation]. 12.08.2021.
 48. SHibanov D.YU. Ob ispol'zovanii sredstv raspoznavaniya rechi v zadache obrabotki bibliograficheskikh dannyykh po inzhenernoy geometrii [On the use of speech recognition tools in the problem of processing bibliographic data in engineering geometry]. *Materialy konferentsii «Trinadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2018»* [Materials of the conference «The thirteenth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2018»]. Ivanovo, 2018. V. 5, p. 73. (in Russian)
 49. SHkilevich A.A., Bojkov A.A. Graficheskoye issledovaniye funktsiy kompleksnogo peremennogo [Graphical study of functions of a complex variable]. *Materialy konferentsii «Trinadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Energiya-2018»* [Materials of the conference «The thirteenth international scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Energy-2018»]. Ivanovo, 2018. V. 5, p. 135. (in Russian)
 50. Beglov I.A., Rustamyan V.V., Verbitskiy R.A. Primeneniye segmentov poverkhnosti kvazivrashcheniya v arkhitekturnom prototipirovani [Application of quasi-rotation surface segments in architectural prototyping]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of Physics: conference series]. 2022. P. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012002.
 51. Beglov I.A. Komp'yuternoye geometricheskoye modelirovaniye poverkhnostey kvazivrashcheniya [Computer geometric modeling of quasi-rotation surfaces]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of physics: conference series] 2021. P. 012057. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012057.
 52. Beglov I.A. Generatsiya poverkhnostey posredstvom kvazivrashcheniya vysshego poryadka [Generation of the surfaces via quasi-rotation of higher order]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of physics: conference series]. IV International Scientific and Technical Conference «Mechanical Science and Technology Update», MSTU 2020, P. 012032. DOI: 10.1088/1742-6596/1546/1/012032.
 53. Beglov I.A. N-n-znachnyye vzaimosvyazi mezhdu mnozhestvami v ploskosti R^2 , porozhdennyye kvazivrashcheniyem prostranstva R^3 [N-n-digit interrelations between the sets within the R^2 plane generated by quasi-rotation of R^3 space]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of physics: conference series]. IV International Scientific and Technical Conference «Mechanical Science and Technology Update», MSTU 2020, Omsk, 17–19 March 2020. P. 012033. DOI: 10.1088/1742-6596/1546/1/012033.
 54. Boykov A.A. Razrabotka i primeneniye yazyka geometricheskikh postroyeniya dlya postroyeniya komp'yuternykh geometricheskikh modeley [Development and application of the geometry constructions language to building computer geometric models]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of Physics: Conference Series]. «V International Scientific and Technical Conference «Mechanical Science and Technology Update». 2021. P. 012058. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012058.
 55. Boykov A.A. Modelirovaniye geometricheskikh sootvetstviy i preobrazovaniy s pomoshch'yu yazyka geometricheskikh postroyeniya [Modeling of geometric correspondences and transformations via geometry constructions language]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of Physics: Conference Series]. «XV International Scientific and Technical Conference: Applied Mechanics and Systems Dynamics, AMSD 2022». P. 012001. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012001.
 56. Vyshnepolsky V.I., Efremov A.V., Zavarihina E.V. Modelirovaniye i issledovaniye svoystv poverkhnostey, ravnoudalennykh ot sfery i ploskosti [Modeling and study of properties of surfaces equidistant to a sphere and a plane]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of Physics: Conference Series]. XV International Scientific and Technical Conference: Applied Mechanics and Systems Dynamics (AMSD 2021) J. Phys.: Conf. Ser. 2182 012012.
 57. Vyshnepolsky V.I., Kadykova N.S., Peh D.S. Geometricheskoye modelirovaniye i issledovaniye svoystv poverkhnostey, ravnoudalennykh ot dvukh sfer [Geometric modeling and study of properties of surfaces equidistant to two spheres]. *Zhurnal fiziki: seriya konferentsiy* [Journal of Physics: Conference Series] XV International Scientific and Technical Conference: Applied Mechanics and Systems Dynamics (AMSD 2021) J. Phys.: Conf. Ser. 2182 012013.