

УДК 378

DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-35-43

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

А.В. Ефремов

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

Н.С. Кадыкова

Канд. техн. наук, доцент,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119571, Москва, пр-т Вернадского, д. 78

Организация практико-ориентированного обучения на кафедре «Инженерная графика» РТУ МИРЭА

Аннотация. В статье рассматривается организация практико-ориентированного обучения на кафедре инженерной графики РТУ МИРЭА, суть которого состоит в разработке не только конструкторской документации, но и изготовлении прототипа устройства на которое составлена конструкторская документация. Студенты по направлению геоинформатика создают 3D-модели объектов местности: зданий, рельефа и растительности на основе фото и видеоданных с дронов. Курсовой проект служит основой для более глубокого изучения геометро-графических дисциплин в виде конкурсных работ, научных докладов и публикаций или может служить основой выпускной квалификационной работы.

В рамках курсовой работы студенты института радиоэлектроники и информатики выполняют многоуровневую проработку электронного устройства — датчика по технологии «умный дом». Разрабатывается с помощью схемотехнической и конструкторской САПР не только значительный объем конструкторской документации: схемы, печатная плата с трассировкой, сборочные чертежи, спецификации и другие текстовые документы, но и изготавливается работающий прототип датчика.

Химики-технологи в рамках курсовой работы проектируют цех крупно- и среднетоннажного химического производства и разрабатывают полный комплект конструкторской документации на один из основных аппаратов данного цеха. На основе созданных 3D-моделей студенты распечатывают на 3D-принтере модель аппарата.

В рамках курса «Основы конструирования» часть студентов разрабатывает конструкторскую документацию и изготавливают на ее основе одну из двух печатных плат робота-собаки. Другая часть студентов создает 3D-модели деталей робота и распечатывает их на 3D-принтере. Обе группы совместно собирают и программируют робота-собаку.

Ключевые слова: практико-ориентированное обучение, курсовой проект, конструкторская документация, 3D-модель, схема, функциональная схема, принципиальная схема, сборочный чертеж, аппарат, геоинформатика.

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

A.V. Efremov

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

N.S. Kadykova

Ph.D. of Engineering, Associate Professor,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Av., Moscow, 119571, Russia

Organization of Practice-Oriented Training at the Department of "Engineering Graphics" RTU MIREA

Abstract. The article discusses the organization of practice-oriented learning at the Department of Engineering Graphics of the RTU MIREA, the essence of which is the development of not only design documentation, but also the production of a prototype device for which design documentation has been made. Geoinformatics students create 3D models of terrain objects: buildings, terrain and vegetation based on photo and video data from drones. The course project serves as the basis for a deeper study of geometric and graphic disciplines in the form of competitive works, scientific reports and publications, or can serve as the basis for the final qualification work.

As part of the course work, students of the Institute of Radio Electronics and Informatics perform a multi-level study of an electronic device — a sensor using "smart home" technology. Not only a significant amount of design documentation is developed with the help of circuitry and design CAD: diagrams, printed circuit boards with tracing, assembly drawings, specifications and other text documents, but also a working prototype of the sensor is made.

As part of the course work, chemists-technologists design a workshop for large- and medium-tonnage chemical production and develop a complete set of design documentation for one of the main apparatuses of this workshop. Based on the created 3D models, students print a model of the apparatus on a 3D printer.

As part of the "Fundamentals of Design" course, some students develop design documentation and make one of the two printed circuit boards of a dog robot based on it. Another part of the students creates 3D models of robot parts and prints them on a 3D printer. Both groups jointly assemble and program a robot dog.

Keywords: practice-oriented learning, course project, design documentation, 3D model, diagram, functional diagram, circuit diagram, assembly drawing, apparatus, geoinformatics.

Введение

Практико-ориентированное обучение на кафедре инженерной графики проходят студенты разных направлений и профилей: радиоэлектроники, геоинформатики, химики-технологи, химики и биотех-

нологии, а также студенты Института информационных технологий.

По рекомендации профильных предприятий (или выпускающих кафедр) студенты первого курса разрабатывают устройства, аппараты и технологию по своей специальности [14–17].

Студенты не только учатся разрабатывать конструкторскую документацию, 3D-модели изделий, но и создают изделия или их прототипы:

- радиоэлектроники — датчики различного назначения — компоненты системы «Умный дом»;
- геоинформатики — физические модели объектов местности, изготовленные с помощью 3D-принтера;
- химики-технологи — прототипы химико-технологического аппарата, например, теплообменника;
- химики и биохимики — прототипы лабораторных установок, например реактора с мешалкой;
- студенты Института информационных технологий — прототипы шагающих мобильных платформ.

Созданные студентами прототипы изделий могут использоваться как наглядные учебные пособия, например, разборный прототип кожухотрубчатого теплообменника при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химических производств» (рис. 1).

Рассмотрим разработанные и внедренные в учебный процесс в рамках кластера «ГЕОМЕТРИАДА» курсовые работы, проект и факультативный курс.

1. Курсовой проект для студентов-геоинформатиков

Выполняя курсовой проект, студенты создают 3D-модели объектов местности: зданий, рельефа и растительности на основе фото и видеоданных с дронов (рис. 2). Это направление является перспективным для современных геоинформационных систем как одна из технологий создания 3D-моделей объ-

ектов, расположение, форма, размеры и внешний вид которых привязаны к конкретным объектам местности.

По глубине проработки курсовой проект предполагает три уровня выполнения:

- 1) начальный (оценка удовлетворительно);
- 2) базовый (оценка хорошо);
- 3) продвинутый (оценка отлично).

На начальном уровне все студенты получают исходные фото- или видеоданные (рис. 2, а), загружают их в специальный редактор-фотосканер, предназначенный для автоматического создания 3D-моделей из плоских изображений на основе фотограмметрии. Современные редакторы делают эту сложную задачу доступной для решения студентами второго и даже первого курса, позволяют повысить интерес и мотивированность к изучению предмета. Студенты экспериментируют с настройками, выбирают подходящие и последовательно выполняют все шаги создания 3D-модели: формирование облака точек, полигональной сетки, наложение текстуры. Созданная таким образом модель участка местности далее экспортируется в трехмерный геометрический редактор в качестве заготовки, где затем дорабатывается до готовности к 3D-печати (рис. 2, б, в) [4–7].

На базовом уровне студенты более детально прорабатывают геометрию зданий и качество текстуры. При этом получается 3D-модель участка местности с большей детализацией (рис. 3, а).

На продвинутом уровне перед студентами стоит задача преобразовать 3D-модель участка местности для воспроизведения на голографическом 3D-столе или в системах виртуальной реальности.

Курсовой проект завершается защитой, в ходе которой студенты в ограниченное время показывают все приобретенные навыки: создают 3D-модель одного здания на основе видеоданных.

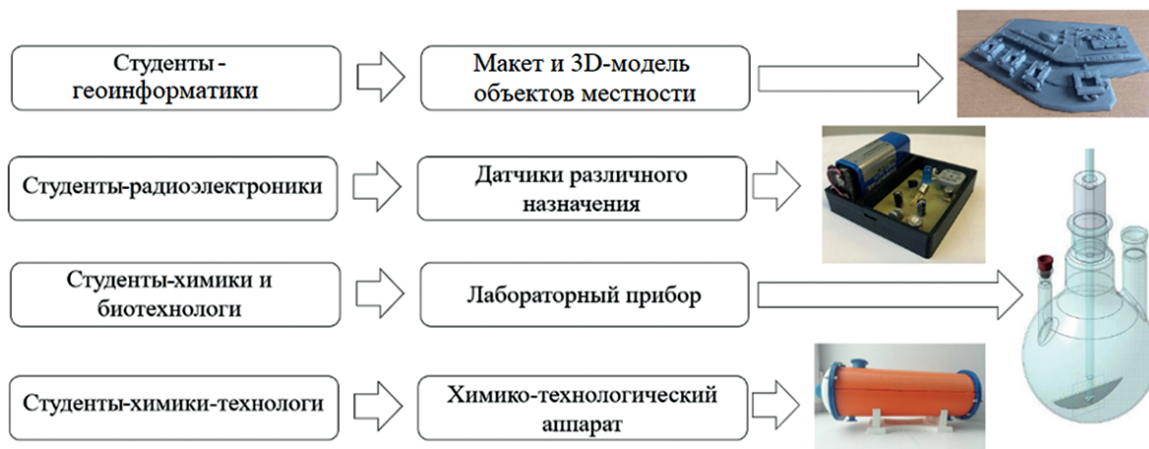


Рис. 1. Прототипы изделий, созданные студентами в рамках практико-ориентированного обучения

Курсовой проект является одним из самых современных в учебном процессе в вузах РФ.

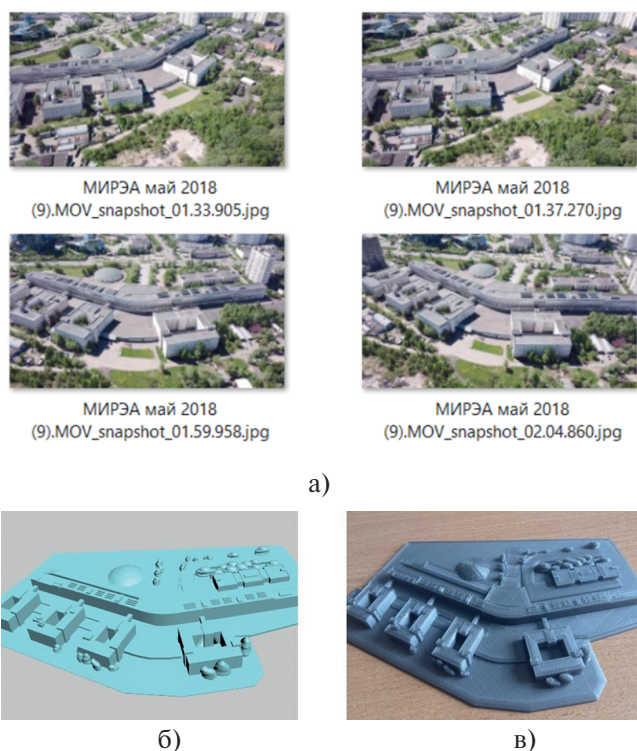


Рис. 2. Создание 3D-модели участка местности в рамках курсового проекта:
а — исходные кадры; б — модель в трехмерном редакторе; в — макет, напечатанный на 3D-принтере

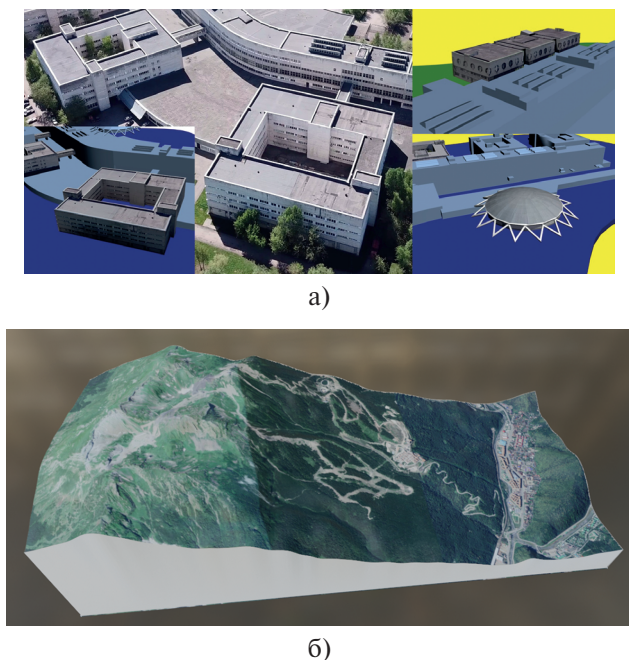


Рис. 3. Трехмерное моделирование геоинформационных объектов:
а — проработка текстур 3D-модели участка местности; б — 3D-модель горного рельефа на основе геоданных

Курсовой проект служит основой для более глубокого изучения геометро-графических дисциплин на сверхпродвинутом уровне в виде конкурсных работ, научных докладов и публикаций или может служить основой выпускной квалификационной работы на четвертом курсе. На рис. 3, б показана трехмерная модель горного курорта Роза Хутор в г. Сочи. В рамках выпускной квалификационной работы создана трехмерная модель на основе геоданных, а также подготовлен к 3D-печати масштабный макет с использованием шрифта Брайля.

2. Курсовая работа для студентов радиотехнических специальностей

В рамках курсовой работы в РТУ МИРЭА студенты выполняют многоуровневую проработку электронного устройства (датчика). Подобных курсовых работ, проводимых на первом курсе кафедрами инженерной графики в вузах России, нет [10; 11].

От студентов в общем случае (на максимальную оценку) требуется: в САПР радиоэлектронных средств создать принципиальную и функциональную схемы устройства, наполнить компоненты схем данными, в соответствии с индивидуальным вариантом создать модель печатной платы, выполнить трассировку и экспортировать модель платы в конструкторскую САПР, пользуясь инструментами двух САПР (радиоэлектронных средств (*Delta Design*) и конструкторской («Компас-3D»)), создать комплект конструкторской документации для устройства, 3D-модели компонентов и деталей устройства.

Цель курсовой работы — знакомство с новыми для студентов видами конструкторских документов (схема электрическая функциональная, схема электрическая принципиальная, сборочный чертеж, спецификация и др.) и приобретение опыта работы с программами, необходимыми им в профессиональной деятельности [10; 11].

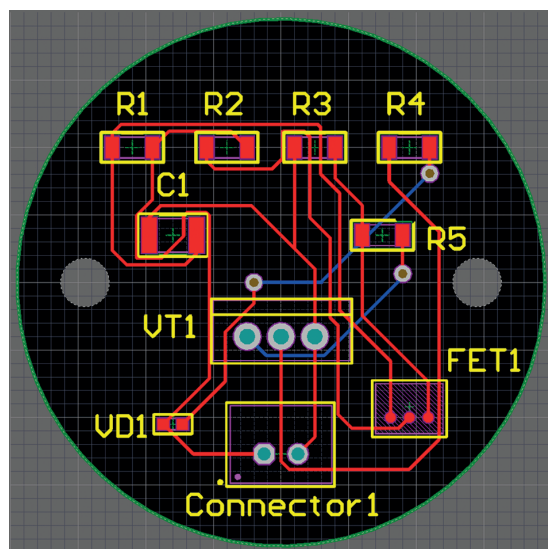
По глубине проработки курсовая работа предполагает три уровня.

На начальном уровне (оценка «удовлетворительно») студенты разрабатывают:

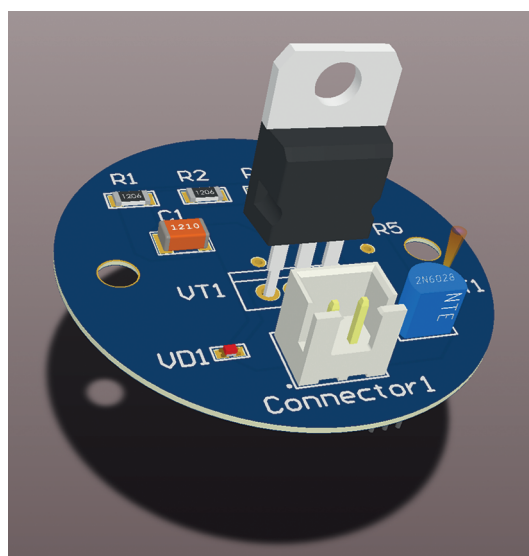
- 1) схему электрическую функциональную;
- 2) схему электрическую принципиальную;
- 3) электронные 3D-модели печатной платы с размещенными на ней компонентами устройства и выполненной трассировкой;
- 4) спецификацию печатной платы [9–11].

На базовом уровне (оценка «хорошо»), помимо указанного выше, необходимо создать следующие документы:

- 5) сборочный чертеж печатной платы;
- 6) ведомость покупных изделий;



а)



б)

Рис. 5. Пример модели печатной платы:

а — трассировка печатной платы; б — 3D-модель платы в САПР радиоэлектронных средств

крышка корпуса) происходят в конструкторской САПР [1–3] (рис. 6).

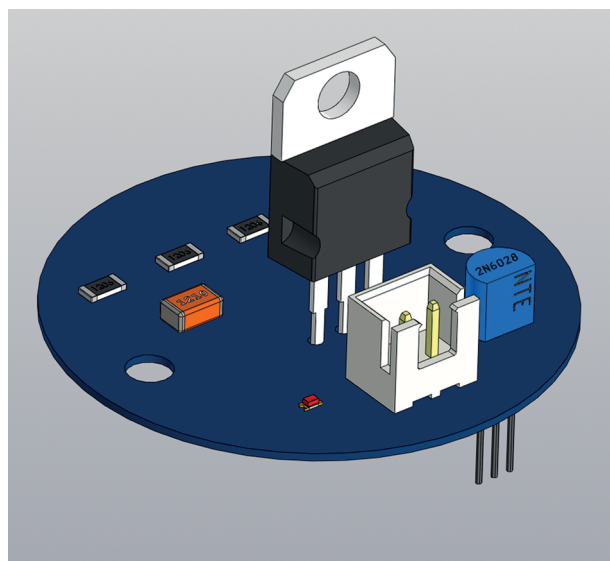


Рис. 6. Пример 3D-модели, экспортированной в САПР «Компас-3D»

На данном этапе курсовой работы студенты знакомятся с понятиями «сборочный чертеж», «стандартные изделия». Разрабатываются спецификации на устройство, на печатную плату: назначаются разделы спецификаций, присваиваются названия и вводятся обозначения изделий [12].

Контрольные мероприятия

В рамках контрольного мероприятия [8; 11] по курсовой работе студенту выдается вариант принципиальной схемы, состоящей из 4–5 компонентов

(пример см. в [11, рис. 6]). Задание требуется выполнить за два академических часа.

Защита курсовой работы предполагает следующие уровни выполнения.

Начальный (оценка «удовлетворительно») предполагает следующее:

- 1) создать проект;
- 2) выполнить принципиальную электрическую схему в САПР радиоэлектронных средств;
- 3) заполнить параметры компонентов схемы.

Базовый (оценка «хорошо») предполагает дополнительно:

- 4) создать модель печатной платы по заданным размерам с отверстиями для крепления платы. Контур платы имеет простую форму (прямоугольник или окружность). Расположение отверстий — произвольное;
- 5) выполнить трассировку печатной платы.

Продвинутый (оценка «отлично»), предполагает дополнительно:

- 6) создать сборочный чертеж печатной платы (без спецификации).

Проверку работ, выполненных в ходе защиты, проверяет преподаватель, **не проводивший** занятия в группе [8].

На продвинутом уровне выполнения курсовой работы при реализации многоуровневой концепции «Умный дом» студенты, желающие претворить свой проект в жизнь, имеют возможность под руководством преподавателей кафедры подготовить плату, спаять схему устройства, напечатать детали корпуса и собрать прототип. Подготовка платы и 3D-печать деталей корпуса осуществлялась на кафедре «Инженерная

графика», пайка схем — в специально оборудованной лаборатории Института радиоэлектроники и информатики — «Радиолаб». Студенты, реализовавшие свой проект на практике, получали оценку «отлично» без выполнения задания защиты. Некоторые студенты по согласованию с преподавателем реализовывали собственные проекты.

Обычно такие студенты участвуют в ежегодной научно-технической конференции студентов и аспирантов РТУ МИРЭА, а также во Всероссийском студенческом конкурсе инновационных разработок.

Для представления работ, выполненных в рамках концепции «Умного дома», кафедра «Инженерная графика» организовала в рамках ежегодной научно-технической конференции студентов и аспирантов РТУ МИРЭА, помимо традиционной секции «Начертательная геометрия», также секцию «Умный дом».

3. Курсовые работы для химиков-технологов, химиков и биотехнологов

Химики-технологи в рамках курсовой работы проектируют цех крупно- и среднетоннажного химического производства, например, ректификации бинарных смесей, второй ступени атмосферной перегонки нефти, кристаллизации в псевдооживленном слое и т.п. [13; 14; 18].

Предполагаются следующие уровни выполнения.

1. *Начальный*. Студенты должны выполнить:

- 1) структурную химико-технологическую схему;
- 2) принципиальную химико-технологическую схему;
- 3) 3D-модель и чертеж одной из деталей аппарата из моделируемого процесса.

2. *Базовый*. Дополнительно включает в себя разработку 3D-моделей, чертежей и спецификации одного из узлов (сборочных единиц) аппарата.

3. *Продвинутый*. Включает в себя разработку 3D-моделей и чертежей всех деталей и сборочных единиц аппарата. Это 4–5 сборочных единиц и примерно 20–25 деталей. Для такой большой работы студенты объединялись в бригады по 4–5 человек, обучаясь, среди прочих задач, работать в команде.

Отметим, что данная курсовая работа разрабатывалась в русле традиций отечественной высшей школы. Например, студенты за время обучения в Императорском Московском техническом училище разрабатывали несколько полных проектов (т.е. чертежи всех деталей и сборочных единиц) серьезных сооружений, а именно: моста, морского или речного судна с паровой машиной.

Курсовая работа для химиков и биотехнологов предполагает разработку устройств, реализуемых в стеклянной посуде, например, колбу с мешалкой (рис. 1).

4. Факультативный курс по разработке конструкторской документации и созданию шагающего робота-собаки

Факультативный курс «Основы конструирования» предназначен для студентов Института информационных технологий.

В рамках курса «Основы конструирования» часть студентов разрабатывает конструкторскую документацию и изготавливает одну из двух печатных плат робота (другая, с микропроцессорами, требует изготовления в заводских условиях и приобретается отдельно) (рис. 7).

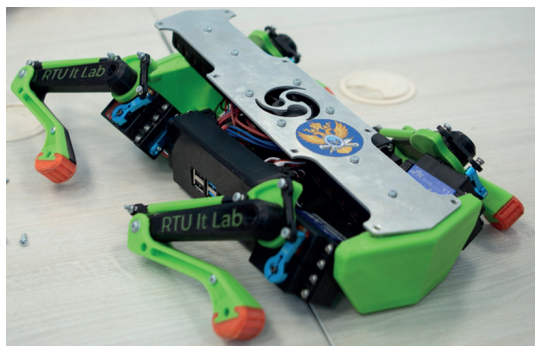


Рис. 7. Прототип робота-собаки на Международном форуме «Армия-2022»

Другая часть студентов по готовым чертежам создает 3D-модели деталей и распечатывает их на 3D-принтере. Из покупных изделий требуются только вентилятор, одна печатная плата и стандартные крепежные изделия: болты, винты, гайки, шайбы. Сборка робота-собаки осуществляется группой студентов из 5–6 человек.

5. Выводы

Практико-ориентированное предметное обучение в рамках учебно-научного кластера «ГЕОМЕТРИАДА» позволяет решить следующие задачи:

- обеспечить получение студентами необходимых общеинженерных и предметных умений, знаний и навыков, а также более глубокую геометро-графическую подготовку;
- повысить мотивированность к обучению за счет формирования четкого понимания места геометро-графической подготовки в составе будущей профессиональной деятельности;
- выявить студентов, обучающихся на сверхпродвинутом уровне, для привлечения к конкурсной и научно-практической деятельности;
- за счет введения начального, базового, продвинутого и сверхпродвинутого уровней обеспечить требуемые показатели успеваемости по курсовым проектам и работам.

Литература

1. *Абросимов С.Н.* Проектно-конструкторское обучение инженерной графике: вчера, сегодня, завтра [Текст] / С.Н. Абросимов, Д.Е. Тихонов-Бугров // Геометрия и графика. — 2015. — № 3. — С. 47–57.
2. *Абросимов С.Н.* Проектное обучение и конструирование как неотъемлемые части современного технического образования [Текст] / С.Н. Абросимов, Д.Е. Тихонов-Бугров // Сборник «Инновационные технологии и технические средства специального назначения» труды десятой научно-практической конференции. Сер. «Библиотека журнала Военмех. Вестник БГТУ». — 2018. — № 43. — С. 134–138.
3. *Абросимов С.Н.* Элементы геометрического конструирования в «Инженерной и компьютерной графике» [Текст] / С.Н. Абросимов, Д.Е. Буткарев А.Г., Тихонов-Бугров // Тенденции развития науки и образования. — 2021. — № 78-2. — С. 32–35.
4. *Бойков А.А.* Конструктивные геометрические модели и их применение в проектно-конструкторской деятельности [Текст] / А.А. Бойков // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению «Графикон». — 2021. — № 31. — С. 38–46.
5. *Бойков А.А.* Основные направления реорганизации курса графических дисциплин в условиях компьютеризации учебного процесса [Текст] / А.А. Бойков // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. — 2017. — С. 427–431.
6. *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.
7. *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.
8. *Бочарова И.Н.* Организация контроля знаний студентов по инженерной графике в техническом университете [Текст] / И.Н. Бочарова, С.Г. Демидов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2020. — № 5–3. — С. 102–104.
9. *Воронина М.В.* «Перевернутый» курс инженерной геометрии и компьютерной графики [Текст] / М.В. Воронина, О.Н. Мороз // Геометрия и графика. 2017. — № 4. — С. 52–67.
10. *Вышнепольский В.И.* Датчик протечки [Текст] / А.С. Родионов, В.И. Вышнепольский, Ю.А. Полевое // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем «Радиоинфоком-2022». Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. — М., 2022. — С. 639–641.
11. *Вышнепольский В.И.* Курсовое проектирование с применением практико-ориентированного обучения на кафедре инженерной графики РТУ МИРЭА для студентов радиотехнических специальностей [Текст] / В.И. Вышнепольский, Р.А. Вербицкий, А.В. Ефремов // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем «Радиоинфоком-2021». Сборник научных статей V международной научно-практической конференции. — М., 2021. — С. 686–691.
12. ГОСТ 2.702–2011. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. — М.: Стандартинформ, 2011.
13. *Иванова М.А.* Развитие конструктивно-геометрического мышления при творческой работе учащихся в процессе изучения инженерной графики [Текст] / М.А. Иванова, С.Б. Клименкова, Е.Ю. Воронина // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2012. — № 5.
14. *Кадыкова Н.С.* «Курсовая работа на кафедре инженерной графики». Доклад на ежегодном Всероссийском научно-методическом семинаре «Геометрия и графика» 23–24 июня 2022 года [Текст] / Н.С. Кадыкова, В.В. Рустамян // Изображение (неподвижное; двухмерное), текст (слуховой): видео, аудио. — URL: <https://rutube.ru/video/acfc5053609eeaa2a079965b3daa9e51/?playlist=208865>
15. *Кулдыбаев А.К.* Современный практико-ориентированный подход к осуществлению преподавания инженерной графики [Текст] / А.К. Кулдыбаев // Педагогика и психология. — 2021. — № 4. — С. 148–159.
16. *Логиновский А.Н.* Формирование и развитие профессиональных навыков студентов в курсе начертательной геометрии [Текст] / А.Н. Логиновский, Л.И. Хмарова, Е.А. Усманова // Геометрия и графика. — 2015. — № 2. — С. 46–51. — DOI: 10.12737/12168.
17. *Парвулюсов Ю.Б.* Применение компьютерной графики при курсовом проектировании оптических приборов [Текст] / Ю.Б. Парвулюсов // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 1. — С. 42–45. — DOI: 10.12737/3847.
18. *Томилин С.А.* Обеспечение производственной направленности процесса обучения инженерной графике практико-ориентированных бакалавров [Текст] / С.А. Томилин, Р.А. Ольховская, А.Г. Федотов // Концепт. — 2016. — № 3. — С. 86–90.

References

1. Abrosimov S.N., Tihonov-Bugrov D.E. Proyeektno-konstruktorskoye obucheniye inzhenernoy grafike: vchera, segodnya, zavtra [Design training in engineering graphics: yesterday, today, tomorrow]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2015, V. 3, I. 3, pp. 47–57. DOI: 10.12737/14419. (in Russian)

2. Abrosimov S.N., Tihonov-Bugrov D.E. Proyektnoye obucheniye i konstruirovaniye kak neot'yemlyemye chasti sovremennogo tekhnicheskogo obrazovaniya [Project-based learning and design as integral parts of modern technical education]. *Sbornik «Innovatsionnyye tekhnologii i tekhnicheskkiye sredstva spetsial'nogo naznacheniya» trudy desyatoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ser. «Biblioteka zhurnala Voenmekh. Vestnik BGTU»* [Collection "Innovative technologies and technical means of special purpose" Proceedings of the tenth scientific and practical conference. Ser. "Library of the journal Voenmekh. Bulletin of BSTU"]. 2018. I. 43, pp. 134–138. (in Russian)
3. Abrosimov S.N., Butkarev A.G., Tihonov-Bugrov D.E. Elementy geometricheskogo konstruirovaniya v «Inzhenernoy i komp'yuternoy grafike» [Elements of Geometric Design in "Engineering and Computer Graphics"]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education]. 2021, I. 78-2, pp. 32–35. (in Russian)
4. Bojkov A.A. Konstruktivnyye geometricheskkiye modeli i ikh primeneniye v proyektno-konstruktorskoy deyatel'nosti [Constructive geometric models and their application in design activities]. *Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii po komp'yuternoy grafike i zreniyu «Grafikon»* [Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Vision "Grafikon"]. 2021. I. 31, pp. 38–46. (in Russian)
5. Bojkov A.A. Osnovnyye napravleniya reorganizatsii kursa graficheskikh distsiplin v usloviyakh komp'yuterizatsii uchebnogo protsessa [The main directions of the reorganization of the course of graphic disciplines in the conditions of computerization of the educational process]. *Sbornik materialov VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Osnovnyye napravleniya reorganizatsii kursa graficheskikh distsiplin v usloviyakh komp'yuterizatsii uchebnogo protsessa"* [Collection of materials of the VIII All-Russian scientific-practical conference "The main directions of the reorganization of the course of graphic disciplines in the conditions of computerization of the educational process"]. 2017, pp. 427–431. (in Russian)
6. 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 vuz: traditsii i innovatsii* [Problems of quality graphic preparation of students in a technical college: tradition and innovation]. PGTU Publ., 2019. V. 1, pp. 325–339. (in Russian)
7. 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 dolgovечnost' 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)
8. Bocharova I.N., Demidov S.G. Organizatsiya kontrolya znaniy studentov po inzhenernoy grafike v tekhnicheskoy universitete [Organization of control of students' knowledge in engineering graphics at a technical university]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk* [International Journal of the Humanities and Natural Sciences]. 2020, I. 5-3, pp. 102–104. (in Russian)
9. Voronina M.V., Moroz O.N. «Perevornuty» kurs inzhenernoy geometrii i komp'yuternoy grafika ["Inverted" course of engineering geometry and computer graphics]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2017, V. 5, I. 4, pp. 52–67. DOI: 10.12737/article_5a1800312afad8.68723389. (in Russian)
10. Vyshnepol'skiy V.I., Rodionov A.S., Polevoda YU.A. Datchik protechki [Leak sensor]. *Sbornik nauchnykh statey po materialam VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya radiotekhnicheskikh i infokommunikatsionnykh sistem "Radioinfokom-2022"* [Collection of scientific articles based on materials VI International scientific-practical conference "Actual problems and prospects for the development of radio engineering and infocommunication systems "Radioinfocom-2022"]. Moscow. 2022, pp. 639–641. (in Russian)
11. Vyshnepol'skiy V.I., Verbickiy R.A., Efremov A.V. Kursovoye proyektirovaniye s primeneniyem praktiko-oriyentirovannogo obucheniya na kafedre inzhenernoy grafiki RTU MIREA dlya studentov radiotekhnicheskikh spetsial'nostey [Course design using practice-oriented training at the Department of Engineering Graphics of the RTU MIREA for students of radio engineering specialties]. *Sbornik nauchnykh statey po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya radiotekhnicheskikh i infokommunikatsionnykh sistem "Radioinfokom-2021"* [Collection of scientific articles based on materials V International scientific-practical conference "Actual problems and prospects for the development of radio engineering and infocommunication systems "Radioinfocom-2021"]. Moscow. 2021, pp. 686–691. (in Russian)
12. GOST 2.702–2011. YESKD. Pravila vypolneniya elektricheskikh skhem [GOST 2.102–2013. ESKD. Rules for the execution of electrical circuits]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. (in Russian)
13. Ivanova M.A., Klimenkova S.B., Voronina E.YU. Razvitiye konstruktivno-geometricheskogo myshleniya pri tvorcheskoy rabote uchashchikhsya v protsesse izucheniya inzhenernoy grafika [The development of constructive-geometric thinking in the creative work of students in the process of studying engineering graphics]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. 2012. I. 5, pp. 41–53 (in Russian)
14. Kadykova N.S., Rustamyan V.V. Kursovaya rabota na kafedre inzhenernoy grafika [Coursework at the Department of Engineering Graphics]. *Doklad na yezhegodnom Vserossiys-*

- kom nauchno-metodicheskom seminare «Geometriya i grafika» 23–24 iyunya 2022 goda* [Report at the annual All-Russian scientific and methodological seminar "Geometry and Graphics" June 23–24, 2022]. URL: <https://rutube.ru/video/acfc5053609eeaa2a079965b3daa9e51/?playlist=208865>
15. Kuldybaev A.K. Sovremennyy praktiko-oriyentirovanny podkhod k osushchestvleniyu prepodavaniya inzhenernoy grafika [Modern practice-oriented approach to the implementation of teaching engineering graphics]. *Pedagogika i psikhologiya* [Pedagogy and psychology]. 2021. I. 4, pp. 148–159. (in Russian)
16. Loginovskij A.N., Hmarova L.I., Usmanova E.A. Formirovaniye i razvitiye professional'nykh navykov studentov v kurse nachertatel'noy geometrii [Formation and development of professional skills of students in the course of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2015. V. 3. I. 2, pp. 46–51. DOI: 10.12737/12168. (in Russian)
17. Parvulyusov YU.B. Primeneniye komp'yuternoy grafiki pri kursovom proyektirovanii opticheskikh priborov [The use of computer graphics in the course design of optical devices]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2014. V. 2. I. 1, pp. 42–45. DOI: 10.12737/ (in Russian)
18. Tomilin S.A., Ol'hovskaya R.A., Fedotov A.G. Obespecheniye proizvodstvennoy napravlenosti protsessa obucheniya inzhenernoy grafike praktiko-oriyentirovannykh bakalavrov [Ensuring the production orientation of the process of teaching engineering graphics for practice-oriented bachelors]. *Kontsept* [Concept]. 2016. I. 3, pp. 86–90. (in Russian)