

Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий Engineering geometry and computer graphics. Digital support for product lifecycle

Научная статья
УДК 004.921
DOI: 10.14529/build250108

ПОДГОТОВКА ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ИЗДЕЛИЙ В РАМКАХ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЦИФРОВЫЕ КАФЕДРЫ»

Л.И. Хмарова[✉], Е.А. Усманова
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия
[✉] khmarovali@susu.ru

Аннотация. Рассмотрено содержание подготовки ИТ-специалистов на кафедре инженерной и компьютерной графики ЮУрГУ по программе «Конструирование изделий машиностроения с применением трехмерного моделирования в программе Компас-3D» в рамках проекта «Цифровые кафедры». Этот курс ориентирован на изучение основ компьютерного геометрического моделирования на базе пакета Компас-3D применительно к решению инженерных задач по проектированию и конструированию изделий машиностроения во всех отраслях промышленности. В процессе обучения слушатели изучают стандарты по оформлению конструкторской документации, элементы программирования, научные аспекты создания кривых линий и поверхностей, элементы промышленного дизайна. Практическое применение изученного материала осуществляется на предприятии реальной сферы экономики. Сделаны выводы о положительном опыте преподавания рассмотренных курсов компьютерно-графических дисциплин ведущих преподавателей кафедры, о развитии творческих способностей обучающихся, об активизации современных 3D-методов конструирования изделий машиностроения в результате практической деятельности слушателей, прошедших обучение по программе. Полученные знания ИТ-подготовки повышают конкурентоспособность выпускников ЮУрГУ на современном рынке труда, предоставляют им возможность развить компетенции, необходимые для успешного участия в цифровой трансформации промышленности и строительства.

Ключевые слова: цифровые кафедры, компьютерно-графическая подготовка, 3D-моделирование, цифровые компетенции, ИТ-направление

Для цитирования. Хмарова Л.И., Усманова Е.А. Подготовка ИТ-специалистов по конструированию изделий в рамках федерального проекта «Цифровые кафедры» // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 1. С. 68–74. DOI: 10.14529/build250108

Original article
DOI: 10.14529/build250108

TRAINING OF IT DESIGNERS WITHIN THE FEDERAL PROJECT “DIGITAL DEPARTMENTS”

L.I. Khmarova[✉], E.A. Usmanova
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia
[✉] khmarovali@susu.ru

Abstract. The paper considers the content of IT specialists training at the Department of Engineering and Computer Graphics, SUSU, “Design of mechanical engineering products using 3D modeling in Compass 3D program” within the “Digital Departments” project. This program focuses on studying the basics of computer geometric modeling on the basis of Compass 3D package to solve engineering problems in designing and constructing mechanical engineering products in all industries. In the course of training students learn standards for design documentation, elements of programming, scientific principles of creating curved lines and surfaces, elements of industrial design. Practical

© Хмарова Л.И., Усманова Е.А., 2025.

application of the studied material is carried out at the enterprise of the real sphere of economy. The conclusions include the positive experience of teaching the courses of computer graphics by the leading teachers of the department, development of students' creativity, and increase in modern 3D methods of designing mechanical engineering products as a result of the students' practical activity. The knowledge gained in IT training increases the competitiveness of SUSU graduates in the modern labor market, provides them with the opportunity to develop the skills necessary for successful participation in the digital transformation of industry and civil engineering.

Keywords: digital departments, computer graphic training, 3D modeling, digital skills, IT education

For citation. Khmarova L.I., Usmanova E.A. Training of IT designers within the federal project "Digital departments". *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2025;25(1):68–74. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250108

Введение

В 2023/24 учебном году кафедра инженерной и компьютерной графики Южно-Уральского государственного университета принимала участие в проекте «Цифровые кафедры». Проект «Цифровые кафедры» является составной частью программы «Приоритет-2030», которая направлена на получение обучающимися дополнительной квалификации по IT-профилю в рамках реализации совместного проекта Министерства науки и высшего образования и Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. В проекте принимают участие 115 вузов из 50 регионов России, это составляет более 18 % от количества всех институтов РФ. Только в ЮУрГУ параллельно с основным профилем обучения по направлениям цифровой кафедры проходили обучение 1556 студентов по 38 программам. Программы обучения разрабатывались совместно с предприятиями-партнерами из IT-отрасли и реального сектора экономики.

Целью проекта является обеспечение приоритетных отраслей экономики высококвалифицированными кадрами, обладающими современными цифровыми компетенциями. Ускоренная информатизация производства за счет интеграции цифровых решений позволит значительно повысить производительность труда и сформировать дополнительные точки роста объема производства. За счет приобретения новой квалификации в области информационных технологий каждый студент, обучающийся в проекте, получает множество преимуществ, обеспечивающих свободу выбора в своей профессиональной жизни и быстрый карьерный рост. Для студентов появилась уникальная возможность получить IT-компетенцию в рамках основной учебы и улучшить свою позицию на рынке труда.

Цифровизация вошла в нашу жизнь в конце 90-х годов. Именно в это время современные цифровые технологии начали широко внедряться в различные сферы жизни и производства. В 2008 году началось активное продвижение высокоскоростного Интернета по всей стране. Цифровые решения позволили автоматизировать производство, сделали возможным применение новейших технологий и бизнес-проектов во всех

сферах нашей жизни – от финансов и бизнеса до повседневного быта и государственного управления. Сегодня наш мир, независимо от нашего желания, становится цифровым. Новые технологии окружают нашу жизнь, начиная от социальных сетей и систем GPS до искусственного интеллекта и цифровых двойников, изменяют нашу планету и делают ее неузнаваемой в течение короткого промежутка времени. Главным преимуществом цифровизации является то, что она помогает бизнесу стать более эффективным и продуктивным. По окончании проекта студенты не обязательно будут заниматься программированием и разработкой программного обеспечения, полученные ими цифровые компетенции обеспечат им способность работать в цифровой среде творчески, критически и без посторонней помощи.

Основные этапы обучения

На кафедре инженерной и компьютерной графики обучались студенты IT-направлений по программе «Конструирование изделий машиностроения с применением трехмерного моделирования в программе Компас-3D». В программе участвовало 26 студентов технических направлений бакалавриата 2–4-х курсов. Занятия вели преподаватели кафедры, имеющие опыт научно-исследовательской и научно-методической деятельности.

Для определения уровня развития цифровых компетенций у обучающихся организаторами проекта на платформе университета «Иннополис» проводился ассесмент в 3 этапа. Первый ассесмент был проведен на этапе зачисления, второй – спустя 3 месяца после начала обучения, третий – по завершении обучения. Ассесмент включал в себя более 40 тестов и кейсовых заданий по профилю выбранного направления. Прохождение трёх этапов ассесмента является обязательным условием допуска к итоговой аттестации. Наши слушатели без проблем прошли 3 этапа ассесмента, каждый раз с улучшенным результатом.

Обучение слушателей проходило очно и дистанционно по следующим предметам: базовая компьютерно-графическая подготовка в программе Компас-3D, теоретический курс по изучению стандартов ЕСКД, изучались научные основы примене-

ния кривых второго порядка для конструирования поверхностей, а также основы программирования и введение языка C# на платформе .NET.

Графическая подготовка в программе Компас-3D

Этот курс отражает тенденции геометрического моделирования и проектирования, заключающиеся в изучении основ компьютерного геометрического моделирования на базе пакета Компас 3D применительно к задачам инженерной сферы деятельности [1–4]. Для того чтобы заинтересовать студентов и быстрее изучить интерфейс программы, обучающимся были предложено построить 3D-модели различных бытовых изделий.

Студенты выполнили задание курса: построение сборочного чертежа реального технического изделия по 3D-технологии с учетом основных стандартов ЕСКД [5–7].

Задание состояло в построении 3D-модели сборочного узла, состоящего из 30–40 деталей. Каждый студент выполнял свой вариант. Студенты получили чертежи деталей, входящих в сборочный узел, по которым они построили 3D-модель каждой детали в отдельном файле. Затем они создали 3D-модель сборочной единицы по чертежу общего вида (рис. 1).

Заключительным этапом задания является построение сборочного чертежа изделия и составление спецификации средствами программы Компас-3D (рис. 2).

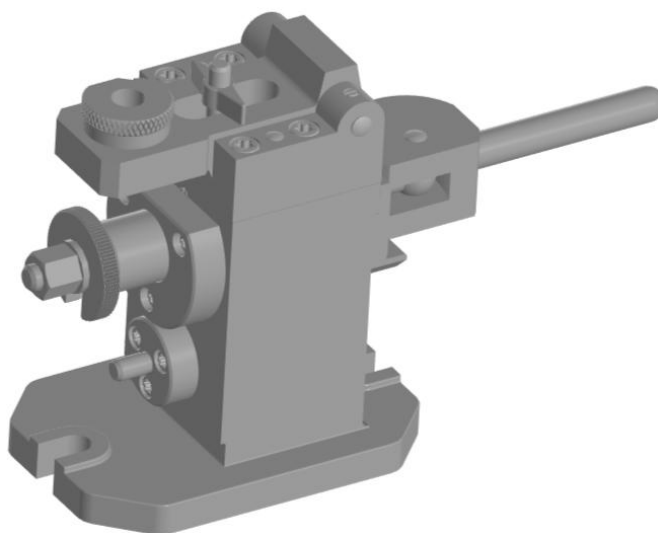


Рис. 1. Пример выполнения 3D-модели

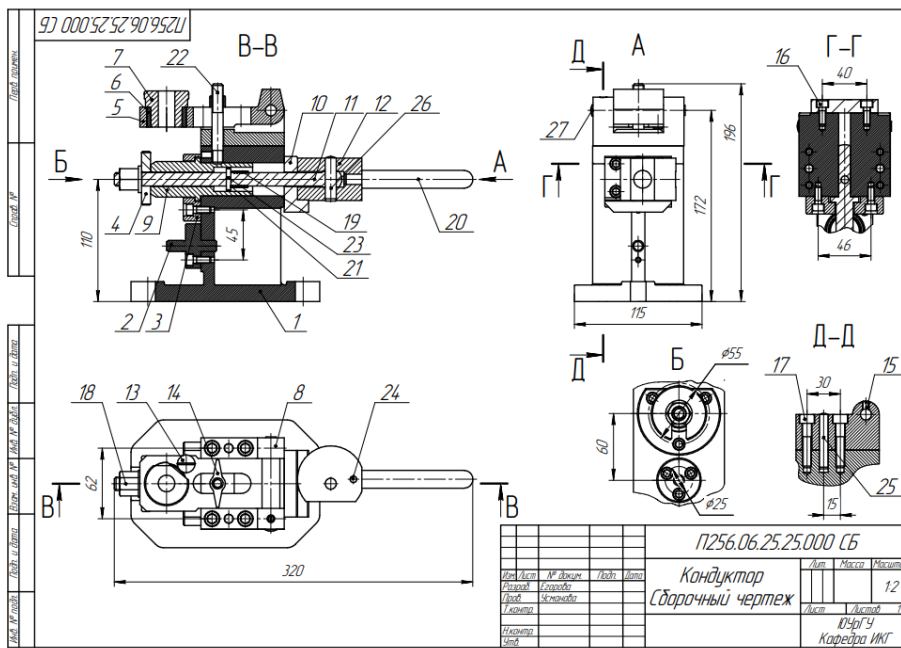


Рис. 2. Пример выполнения сборочного чертежа

Изучение стандартов ЕСКД

Параллельно с очными практическими занятиями по конструированию изделий машиностроения в программе Компас-3D обучающиеся изучали основные стандарты Единой системы конструкторской документации дистанционно в виде лекций и практических занятий на платформе СДО (ЮУрГУ). Были изучены основные требования по оформлению чертежей изделий машиностроения, примеры их выполнения, необходимый справочный материал. Независимо от того, выполнен чертеж вручную по 2D-технологии или в компьютерной программе, любая конструкторская документация должна быть оформлена технически грамотно в соответствии со стандартами. Обучающиеся не всегда оценивают грамотность в компьютерных чертежах, считают, что компьютер сам автоматически выполнит работу. К сожалению, компьютер пока может отразить только то, что задумает конструктор. Поэтому изучению ГОСТов ЕСКД по оформлению чертежей и любой конструкторской документации обязательно нужно уделить внимание [8–11]. Для закрепления изученного материала в конце каждого занятия студенты выполняли тестирование.

Основы программирования

В реализации учебной нагрузки примерно 20 % было уделено изучению основ программирования на платформе .NET. Были рассмотрены основные концепции программирования, история и цели разработки языка C#, установка и настройка среды разработки, работа с файлами и потоками данных**, чтение и запись файлов, создана презентация результатов проектной работы. Занятия проходили дистанционно посредством видеолекций и практических занятий на платформе СДО (ЮУрГУ), вел занятия внешний специалист IT-компании с опытом работы не менее 3 лет.

Научное направление

Особое внимание в учебной программе было уделено научным направлениям по изучению применения кривых второго порядка для конст-

руирования поверхностей. В современном производстве широко применяются криволинейные формы и плавные природоподобные кривые [12–16]. Построение внешних форм изделий посредством кривых линий реализуется на основе новейших вычислительных технологий и параметрических методов цифрового моделирования, заимствованных из авиационной и автомобильной промышленности. При практическом построении графической кривой контура изделия ее заменяли (аппроксимировали) некоторой закономерной кривой с погрешностью аппроксимации не более 1–2 %. Строили искомую закономерную кривую по узловым точкам, которые являются точками касания наперед заданных направляющих векторов. Эти направляющие векторы служат элементами управления формой конструируемой кривой. Геометрическая гладкость второго порядка кривой в узловых точках создается непрерывностью наклона векторов и кривизной. При этом обязательно обеспечивается непрерывное изменение угла наклона и кривизны составной кривой.

Учет направления касательных векторов и радиусов кривизны в узловых точках является отличительной особенностью данного алгоритма построения любой графической кривой. Студенты успешно выполнили графические задания по предмету (рис. 3).

Производственная практика

Прохождение практики на предприятиях реального сектора экономики – обязательный элемент обучения на проекте «Цифровые кафедры». Наши студенты проходили производственную практику на предприятии АО «НПО «Электромашина». Студенты ознакомились с продукцией, выпускаемой на предприятии, и получили практическое задание по конструированию 3D-модели и разработке промышленного дизайна зарядных станций для электромобилей.

Элементы графического дизайна студенты изучали на специальном курсе «Промышленный дизайн» в программе Artisan Rendering пакета

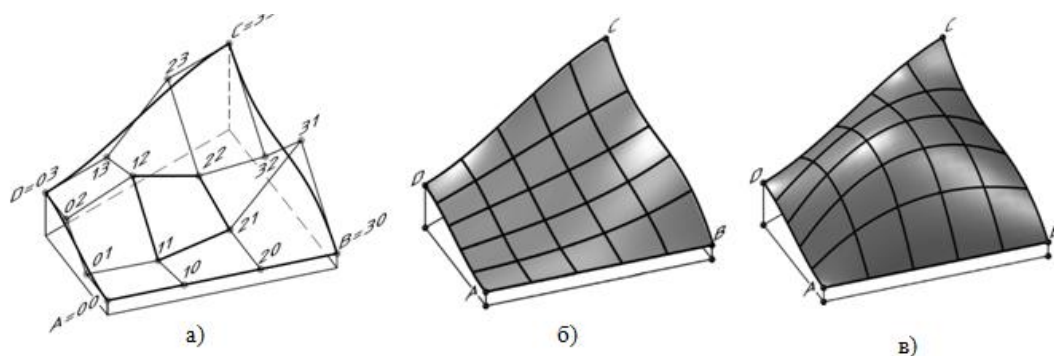


Рис. 3. Поверхность Безье на фиксированном четырехугольном каркасе:
а – характеристический многогранник; б – вогнутая поверхность;
в – выпуклая поверхность



Рис. 4. Пример разработки промышленного дизайна зарядных станций для электромобилей (работа студента)

Компас-3D. В процессе обучения слушатели изучали элементы дизайн-проектирования, основы композиции, получили прикладные навыки выполнения эскизов предметов промышленного и предметного дизайна. Выполнили задание по прототипированию внешнего вида зарядных станций для электромобилей, один из вариантов станции представлен на рис. 4.

Итоговый проект

Итоговым заданием программы являлся технический проект в программе Компас-3D, заключающийся в выполнении сборочного чертежа изделия, состоящего из 12–18 деталей, по его аксонометрическому изображению, описанию работы, последовательности сборки, перечню стандартных изделий (без чертежей) и чертежам деталей, входящих в состав этого изделия [17–20].

Проект нацелен на формирование цифровых компетенций в области создания 3D-модели сборочной единицы, приобретения навыка конструирования деталей и узлов машин общего назначения, электронного оформления чертежей и конструкторской документации в соответствии со стандартами ЕСКД. При выполнении проекта обучающиеся показывают навыки самостоятельной творческой работы в цифровой среде по проектированию и моделированию стандартных и нормализованных деталей и узлов, конструктивных элементов в соответствии с общетехническими нормами проектирования.

Проектное решение должно отвечать критериям актуальности, законченности, а также воз-

можности интеграции его компонентов в иные системы и сервисы.

Итоговая аттестация

Итоговая аттестация проводилась с участием представителей организации АО «НПО «Электромашина», где обучающиеся проходили практику, а также преподавателей, участвующих в процессе обучения. Защита выпускной квалификационной работы проходила в публичной форме, обучающиеся представляли презентацию разработанного цифрового проекта, а также перечень решаемых ими проблем и эффектов, ожидаемых от его внедрения в отрасль. Особое внимание уделялось решению практической задачи по дизайн-проекту электрической станции.

Заключение

1. На кафедре инженерной и компьютерной графики ЮУрГУ накоплен положительный опыт компьютерно-графической подготовки по конструированию изделий машиностроения с применением трехмерного моделирования в программе Компас-3D.

2. Обучение студентов по программе, ориентированной на 3D-моделирование, способствует активизации перехода на новые методы проектирования в будущей практической деятельности, повышает конкурентоспособность выпускников ЮУрГУ на современном рынке труда, предоставляет им возможность развить ИТ-компетенции, необходимые для успешного участия в цифровой трансформации национальной экономики.

Список литературы

1. Логиновский А.Н. Проекционное черчение: учебное пособие / А.Н. Логиновский, А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова, Т.В. Бойцова. 2-е изд., испр. и доп. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2018. 77 с.
2. Решетов А.Л., Хмарова Л.И., Усманова Е.А. Справочное руководство к заданиям по машиностроительному черчению. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2022. 134 с.

3. Логиновский А.Н., Хмарова Л.И. Задание «Графическая модель автомобиля» как средство развития творческих способностей студентов в курсе начертательной геометрии // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2014. Т. 6, № 4. С. 50–57.
4. Хмарова Л.И., Усманова Е.А. Применение компьютерных технологий при изучении графических дисциплин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, педагогические науки». 2014. Т. 6, № 2. С. 59–64.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. под ред. И.Н. Жестковой. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2006. 920 с.
6. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. М.: Высшая школа, 2009. 493 с.
7. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение: учебник для прикладного бакалавриата. 9-е изд. испр. и доп. М.: Изд-во Юрайт, 2019. 395 с.
8. Решетов А.Л., Хмарова Л.И., Усманова Е.А. Рабочая конструкторская документация. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2021. 168 с.
9. Карманова Л.Л., Решетов А.Л., Попцова Т.Ю. Задание «Резьба» (в программе Компас-3D V13): Методические указания по выполнению. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2015. 52 с.
10. Решетов А.Л., Хмарова Л.И., Карманова Л.Л. Трехмерная графика в AutoCAD. Пример выполнения задания № 2 по компьютерной графике. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2018. 125 с.
11. Швайгер А.М., Решетов А.Л. AutoCAD – лабораторный практикум по инженерной графике и техническому конструированию. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. 89 с.
12. Korotkiy V.A., Khmarova L.I. Computer modelling of architectural forms based on ruled surfaces with imaginary axes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 962, no. 3.
13. Korotkiy V.A., Usmanova E.A., Khmarova L.I. The design of architectural forms based on irregular curves // Lecture Notes in Civil Engineering, 2023, vol. 308, pp. 298–308.
14. Короткий В.А. Составные геометрически гладкие кубические кривые Эрмита в пространстве и на плоскости // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2022. Т. 19, № 4 (214). С. 20–32.
15. Короткий В.А., Усманова Е.А. Бикубическая ленточная поверхность // Омский научный вестник. 2023. № 2(186). С. 19–27.
16. Короткий В.А. Графические алгоритмы построения квадрики, заданной девятью точками // Геометрия и графика. 2019. Т. 7, № 2. С. 3–12.
17. Korotkiy V.A., Usmanova E.A. Bicubic surface on a fixed frame: calculation and visualization // Scientific Visualization, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 45–65.
18. Shakhmatov M.V., Usmanova E.A. Strength of welded joint under quasi-brittle fracture // Journal of Physics: Conference Series, 2020, vol. 1441.
19. Butorina, I.V., Vasilieva V.N. Parametric modeling in architectural and construction design in AutoCAD // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, vol. 451.
20. Короткий В.А., Витовтов И.Г. Геометрическая модель физического сплайна // Вестник ЮУрГУ. Серия Строительство и архитектура. 2021. Т. 21, № 3. С. 57–69.

References

1. Loginovsky A.N., Reshetov A.L., Khmarova L.I., Boytsova T.V. *Proektsionnoe cherchenie: uchebnoe posobie* [Projection drawing: textbook]. 2nd ed., revised and additional. Chelyabinsk: SUSU Publishing Center, 2010. 77 p. (in Russ.)
2. Reshetov A.L., Khmarova L.I., Usmanova E.A. *Spravochnoe rukovodstvo k zadaniyam po mashinostroytel'nomu chercheniyu* [A reference guide to the tasks in mechanical engineering drawing]. Chelyabinsk: SUSU Publishing Center, 2022. 134 p. (in Russ.)
3. Loginovskiy A.N., Khmarova L.I. [“A car graphic model creating” task as means of development of student creative abilities in descriptive geometry studying]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Pedagogical Sciences*, 2014, vol. 6, no. 4, pp. 50–57. (in Russ.)
4. Khmarova L.I., Usmanova E.A. [Application of Computer Technologies in Studying Graphic Disciplines]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Pedagogical Sciences*, 2014, vol. 6, no. 2, pp. 59–64. (in Russ.)
5. Anuriev V.I. *Spravochnik konstruktora-mashinostroytelya* [A reference book for a mechanical engineering designer]. In 3 volumes, ed. I.N. Zhestkova. 9th ed., processed and additional. Moscow, Mashinostroyeniye, 2006. 920 p. (in Russ.)
6. Chekmarev A.A., Osipov V.K. *Spravochnik po mashinostroytel'nomu chercheniyu* [A reference book on mechanical engineering drawing]. Moscow, Higher School Publ., 2009. 493 p. (in Russ.)
7. Levitsky V.S. [Mechanical engineering drawing: a textbook for applied bachelor's program]. 9th ed., revised and additional. Moscow, Yurait Publishing House, 2019. 395 p. (in Russ.)

8. Reshetov A.L., Khmarova L.I., Usmanova E.A. Rabochaya konstruktorskaya dokumentatsiya [Working design documentation]. Chelyabinsk, SUSU Publishing Center, 2021. 168 p. (in Russ.)
9. Karmanova L.L., Reshetov A.L., Poptsova T.Yu. Zadanie “Rez’ba” (v programme Kompas-3D V13): Metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu [“Carving” task (in Compass-3D V13 program): guidelines]. Chelyabinsk, SUSU Publishing Center, 2015. 52 p. (in Russ.)
10. Reshetov A.L., Khmarova L.I., Karmanova L.L. Trekhmernaya grafika v AutoCAD. Primer vypolneniya zadaniya №2 po komp’yuternoy grafike [3D graphics in AutoCAD. An example of performing task No. 2 on computer graphics]. Chelyabinsk, SUSU Publishing Center, 2018. 125 p. (in Russ.)
11. Shvaiger A.M., Reshetov A.L. AutoCAD – laboratornyy praktikum po inzhenernoy grafike i tekhnicheskomu konstruirovaniyu [AutoCAD – Laboratory practice on engineering graphics and technical design]. Chelyabinsk, SUSU Publishing Center, 2013. 89 p. (in Russ.)
12. Korotkiy V.A., Khmarova L.I. Computer modelling of architectural forms based on ruled surfaces with imaginary axes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 962, no. 3.
13. Korotkiy V.A., Usmanova E.A., Khmarova L.I. The design of architectural forms based on irregular curves. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2023, vol. 308, pp. 298–308.
14. Korotkiy V.A. [Composite geometrically smooth cubic Hermite curves in space and on the plane]. *Vestnik komp’yuternykh informatsionnykh tekhnologiy* [Bulletin of Computer Information Technologies], 2022, vol. 19, no. 4 (214), pp. 20–32. (in Russ.) DOI: 10.14489/vkit.2022.04.pp.020-032
15. Korotkiy V.A., Usmanova E.A. [Bicubic ribbon surface]. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2023, no. 2(186), pp. 19–27. (in Russ.)
16. Korotkiy V.A. [Graphical algorithms for constructing a quadric given by nine points]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2019, vol. 7, no. 2, pp. 3–12. (in Russ.)
17. Korotkiy V.A., Usmanova E.A. Bicubic surface on a fixed frame: calculation and visualization. *Scientific Visualization*, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 45–65.
18. Shakhmatov M.V., Usmanova E.A. Strength of welded joint under quasi-brittle fracture. *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1441.
19. Butorina I.V., Vasilieva V.N. Parametric modeling in architectural and construction design in AutoCAD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 451.
20. Korotkiy V.A., Vitovtov I.G. [Geometric Model of a Physical Spline]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 57–69. (in Russ.)

Информация об авторах:

Хмарова Людмила Ивановна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной и компьютерной графики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; khmarovali@susu.ru

Усманова Екатерина Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; usmanovaea@susu.ru

Information about the authors:

Lyudmila I. Khmarova, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Engineering and Computer Graphics, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; khmarovali@susu.ru

Ekaterina A. Usmanova, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Engineering and Computer Graphics, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; usmanovaea@susu.ru

Статья поступила в редакцию 25.09.2024, принята к публикации 10.10.2024.

The article was submitted 25.09.2024, approved after reviewing 10.10.2024.