

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

**ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА  
ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ  
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ:  
ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ**

Материалы  
VIII Международной научно-практической  
интернет-конференции

(Пермь, февраль – март 2019 г.)

Выпуск 5

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета  
2019

УДК 744.0  
П78

Представлены материалы VIII Международной научно-практической интернет-конференции «Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации», проведенной на базе Пермского национального исследовательского политехнического университета в феврале – марте 2019 г. Ее целью стала межвузовская интеграция усилий научно-педагогических коллективов кафедр графических дисциплин, представителей родственных и специализированных кафедр, проектных и производственных организаций, отдельных преподавателей высшей школы, заинтересованных в создании инновационных механизмов взаимодействия для повышения качества геометро-графической подготовки студентов технических вузов.

**Редакционная коллегия:**

д-р техн. наук, профессор *И.Д. Столбова*,  
канд. техн. наук, доцент *Е.С. Дударь*,  
ведущий инженер *Л.А. Кузнецова*

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

*Романов Павел Иванович*

Об опыте работы координационного совета по области образования  
«Инженерное дело, технологии и технические науки» как элемент  
системы гармонизации сфер образования и труда России.....5

*Ротков Сергей Игоревич, Жилина Наталья Дмитриевна,  
Толок Алексей Вячеславович*

О головном научно-методическом совете ..... 15

*Абросимов Сергей Николаевич, Семёнов Виктор Алексеевич,  
Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич*

Общепрофессиональные компетенции в области  
«Инженерное дело, технологии и технические науки»  
в обучении бакалавров графическим дисциплинам .....22

*Вольхин Константин Анатольевич*

Начертательная геометрия глазами студентов .....30

*Вышнепольский Владимир Игоревич, Сальков Николай Андреевич*

Положение дел в геометрии на современном этапе .....39

*Горнов Александр Олегович, Усанова Елена Владимировна,  
Шаццлло Людмила Анатольевна*

К обоснованию парадигмы базовой ГГП  
в проектно-деятельностном формате .....44

*Носов Константин Григорьевич, Столбова Ирина Дмитриевна,  
Шахова Алевтина Бруновна*

Реалии и перспективы геометро-графической подготовки в ПНИПУ .....54

*Чемпинский Леонид Андреевич, Ермаков Александр Иванович*

Особенности формирования содержания нового учебного курса  
«Основы геометрического моделирования в машиностроении» .....65

### СЕКЦИЯ «ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРАКТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ»

*Бойков Алексей Александрович, Шулайкин Дмитрий Алексеевич*

Визуализация геометрических фигур и отношений  
комплексной плоскости средствами компьютерной графики .....72

*Васильева Вера Николаевна*

Золотое сечение и золотые прямоугольники при построении  
икосаэдра и додекаэдра.....94

<i>Волошинов Денис Вячеславович</i> Технологии применения геометрического инструмента. Избавление от рутины .....	104
<i>Гайдарь Олег Георгиевич</i> Методика решения нециркульных конструктивных задач .....	113
<i>Гириш Антон Георгиевич</i> Изолированные элементы поверхностей .....	120
<i>Гусева Тамара Викторовна, Козлова Ирина Алексеевна, Харах Матвей Максимович</i> Построение некоторых сложных поверхностей как геометрических мест точек с помощью 3D-моделирования .....	130
<i>Короткий Виктор Анатольевич</i> Линейная конгруэнция с мнимыми осями .....	136
<i>Соколова Людмила Сергеевна</i> Абстрактные многомерные пространства в инженерном образовании .....	145
<i>Федоренко Владимир Игоревич, Христофоров Павел Андреевич, Петрова Ольга Владимировна</i> Ленточные развертки тора .....	156
<i>Филатов Данил Александрович, Чередниченко Ольга Павловна, Филатов Александр Александрович</i> Геометрическое моделирование рабочих элементов зоны дозирования семян дозатора посевной машины .....	161
<i>Хейфец Александр Львович</i> Влияние даты расчета на продолжительность инсоляции (как задача геометрического моделирования) .....	165
<i>Шелякина Галина Геннадьевна, Попова Диана Дмитриевна, Самойленко Никита Андреевич</i> Сравнение способов доработки геометрии после топологической оптимизации в пакете для оптимизации и сторонних пакетах .....	173

## **СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА И ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ»**

<i>Александрова Евгения Петровна, Кочурова Людмила Владимировна, Носов Константин Григорьевич, Столбова Ирина Дмитриевна</i> Практика инноваций геометро-графической подготовки .....	179
<i>Асекритова Светлана Вениаминовна, Шевелев Юрий Петрович</i> Формирование образовательной траектории при сквозной системе подготовки инженерных кадров .....	187

<i>Афонина Елена Владимировна, Басс Наталья Владимировна, Левая Марина Николаевна</i> Организация научно-исследовательской работы студентов младших курсов в вузе.....	195
<i>Варушкин Владимир Петрович, Крайнова Марина Николаевна</i> Коммуникации в организации управляемой самостоятельной работы студентов.....	201
<i>Головкина Валерия Борисовна, Мокрецова Людмила Олеговна, Сутупов Павел Владимирович</i> Особенности графической подготовки обучающихся в процессе разработки школьниками архитектурно-строительных проектов .....	207
<i>Головнин Алексей Алексеевич, Казичев Игорь Николаевич</i> Применение метода двух замен плоскости проекций к получению наглядных изображений .....	214
<i>Горнов Александр Олегович</i> Ортогональные монопроекции шара, усеченного плоскостями произвольного положения.....	220
<i>Грабовский Иван Игоревич, Токарев Владимир Адольфович</i> Геометрическое моделирование в студенческом эскизном проекте комплекса лунного базирования .....	224
<i>Дербенева Ольга Львовна</i> Пересечение поверхностей – методика построений в «КОМПАС-3D» .....	233
<i>Дмитриева Ильзина Михайловна, Иванов Геннадий Сергеевич</i> Мотивационная составляющая повышения геометрической грамотности студентов технических вузов .....	236
<i>Карабчевский Виталий Владиславович</i> Использование инструментов трехмерного моделирования и методов начертательной геометрии для определения расстояния между скрещивающимися прямыми .....	241
<i>Локтев Михаил Александрович, Толоч Алексей Вячеславович</i> Профиль подготовки магистров «Инженерная геометрия и компьютерная графика» МГТУ «СТАНКИН» .....	246
<i>Маркова Татьяна Владимировна</i> Эскиз как критерий оценки и средство формирования навыков анализа и синтеза пространственных форм .....	250
<i>Опарина Елена Александровна</i> О довузовской геометро-графической подготовке .....	257
<i>Пеганов Михаил Георгиевич</i> Поиск методов улучшения восприятия студентом модели трехмерного пространства на плоскости в начертательной геометрии .....	263

<i>Полубинская Людмила Георгиевна, Хуснетдинов Тимур Рустямович, Федоренков Анатолий Петрович</i>	
Начертательная геометрия как средство коммуникации .....	270
<i>Ракитская Мария Валентиновна, Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич</i>	
Преподавание графических дисциплин в свете идей русской православной философии .....	288
<i>Сергеева Ирина Александровна, Щербакова Ольга Валерьевна</i>	
К вопросу об успешности обучения графическим дисциплинам студентов транспортного вуза .....	298
<i>Чемпинский Леонид Андреевич</i>	
Формирование компетенций в новом учебном курсе «Основы геометрического моделирования в машиностроении» .....	303
<i>Чемпинский Леонид Андреевич</i>	
Опыт обучения учащихся проектной деятельности в довузовских учебных заведениях .....	308
<i>Шахова Алевтина Бруновна, Букин Дмитрий Алексеевич, Десятков Максим Андреевич</i>	
Курсовой проект в графическом образовании студентов ПНИПУ с использованием информационных технологий (взгляд преподавателя и студента) .....	316

## **СЕКЦИЯ «ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА»**

<i>Бойков Алексей Александрович, Орлова Екатерина Витальевна, Чернова Анастасия Владимировна, Шкилевич Антон Александрович</i>	
О создании фрактальных образов для дизайна и полиграфии и некоторых геометрических обобщениях, связанных с ними .....	325
<i>Вовас Евгений Леонидович, Головкина Валерия Борисовна</i>	
От теории к практике на примере разработки рекламного ролика для компании .....	340
<i>Лазаревич Вероника Вуядиновна, Мокрецова Людмила Олеговна, Науменко Ольга Михайловна</i>	
Особенности разработки учебного пособия по применению «КОМПАС-3D» в курсе «Макетирование и моделирование» в области прикладной информатики в дизайне .....	345
<i>Мухаркина Анна Анатольевна</i>	
Цифровая модель декоративного панно .....	352
<i>Наместников Алексей Юрьевич</i>	
Дизайн экраноплана: курсовой проект в версии самого преподавателя.....	358

*Науменко Ольга Михайловна, Фалкенберг Клим Леонидович*  
Опыт создания айдентики и брендбука в рамках курсовой работы  
по дисциплине «Цветоведение и колористика» по направлению  
«Прикладная информатика в дизайне» .....367

## **ПОРТРЕТЫ**

*Гузненков Владимир Николаевич, Покровская Марина Владимировна*  
Профессор Фролов Сергей Аркадьевич:  
к 100-летию со дня рождения .....373

*Панчук Константин Леонидович, Ротков Сергей Игоревич,*  
*Толок Алексей Вячеславович, Сазонов Константин Александрович*  
Памяти заслуженного деятеля науки Украины, доктора технических  
наук, профессора Всеволода Евдокимовича Михайленко .....380

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

---

### ОБ ОПЫТЕ РАБОТЫ КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО, ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ» КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ ГАРМОНИЗАЦИИ СФЕР ОБРАЗОВАНИЯ И ТРУДА РОССИИ

**Романов Павел Иванович**

Санкт-Петербургский государственный политехнический  
университет, Санкт-Петербург

Приведена информация о системе федеральных учебно-методических объединений как элементе системы гармонизации сфер образования и труда России. Эта информация раскрывает технологии активного участия образовательных организаций и работодателей в разработке и реализации профессиональных стандартов, федеральных государственных образовательных стандартов, примерных основных образовательных программ, иных элементов гармонизации сфер образования и труда.

**Ключевые слова:** ФГОС, ПООП, федеральное УМО, Координационный совет по области образования, сфера труда, сфера образования, инженерное дело, технологии и технические науки.

### ABOUT THE EXPERIENCE OF THE COORDINATING COUNCIL ON EDUCATION SPHERE «ENGINEERING, TECHNOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES» AS AN ELEMENT OF EDUCATION AND LABOUR HARMONIZATION IN RUSSIA

**Romanov Pavel Ivanovich**

St. Petersburg State Polytechnic University

The article provides information about the system of Federal educational and methodical associations as an element of the system of harmonization of education and labor in Russia. This information reveals the technologies of active participation of educational organizations and employers in the development and implementation of professional standards, Federal state educational standards, exemplary basic educational programs, and other elements of harmonization of education and labor.

**Keywords:** FSES, EBEP, Federal EMA, the coordinating council of education, labour, education, engineering, technology and technical sciences.



На заседании Совета по науке и образованию в ноябре 2019 г. Президент России В.В. Путин отметил: «Знания, технологии, компетенции, кадры – это основа для реализации наших национальных проектов, для достижения наших стратегических целей. По сути, наши институты, университеты, вузы должны оказать полное научное и интеллектуальное содействие реализации национальных проектов и программ развития, подготовить профессиональные кадры для решения сложных исследовательских, технологических, производственных задач».

В выполнении поставленных Президентом России задач важную роль может и должна сыграть созданная в России система гармонизации интересов сферы труда и сферы образования [1–5].

Майские указы Президента России 2012 г. дали старт формированию государственной политики по развитию Национальной системы квалификаций. Национальная система квалификаций включает в себя ряд важнейших элементов, ключевыми из которых являются профессиональные стандарты, уровни квалификаций, система независимой оценки и признания квалификаций, механизмы профессионально-общественной аккредитации образовательных программ.

Национальная система квалификаций призвана решить главную задачу – обеспечение необходимого качества трудовых ресурсов и оптимизация кадрового обеспечения за счет создания механизмов практического влияния работодателей на процесс подготовки специалистов.

Национальная система квалификаций может решать свои главные задачи только в очень тесном взаимодействии с системой профессионального образования, создавая систему гармонизации сфер труда и образования России.

Сферу труда представляет организационная система: Минтруда России – Национальный совет при Президенте России по профессиональным квалификациям – советы по профессиональным квалификациям – работодатели и их объединения.

Сферу профессионального образования представляют: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации – координационные советы по областям образования – федеральные УМО – вузы и их ассоциации.

«Зеркальность» структуры этих двух систем способствует установлению множественных горизонтальных связей и саморегулированию на каждом уровне при возможности регулирования с более высоко-

го уровня и обратных связей, что обеспечивает синергетический эффект в их развитии.

Россия – уникальная страна. Сила России в ее единстве и в разнообразии культур и народов. Для обеспечения единого образовательного пространства, единого пространства квалификаций требуется вертикаль управления. Для реализации творческой энергии развития университетов и предприятий нужна свобода их действий и система их взаимодействия и взаиморазвития.

В современной России баланс между двумя этими противоречивыми задачами был найден в системе высшего образования. Министерство оставило за собой функции разработки государственной политики в сфере образования и общего управления, функции методического обеспечения системы образования передало государственно-общественной системе – учебно-методическим объединениям вузов. Функции координации действий федеральных учебно-методических объединений возложило на координационные советы по областям образования. Система федеральных УМО позволила аккумулировать интеллектуальный потенциал вузов России и направлять его на саморазвитие системы образования.

Передача разработки государственных образовательных стандартов федеральным УМО вузов России позволила сохранить единство образовательного пространства России и при этом не ограничить вузы в формировании содержания образования и педагогических методов. Очень важно, что обязательные для исполнения ФГОСы разрабатывают не чиновники, а сообщество представителей вузов. Государственно-общественный характер этих объединений создает важное преимущество перед многочисленными общественными организациями и объединениями.

Российский союз промышленников и предпринимателей сделал много для создания аналогичной по структуре системы в сфере труда, внося значительный вклад в создание Национальной системы квалификаций России.

Несмотря на то что система учебно-методических объединений вузов эффективно работает уже 30 лет, можно отметить, что современной системе федеральных УМО исполнилось 4 года. Ее создание началось с формирования Минобрнауки России девяти координационных советов по областям образования и предоставления им права, в том числе, вносить предложение по формированию системы федеральных УМО в своей области образования.

Координационный совет по области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» (далее – Координационный совет) возглавили три сопредседателя: ректор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого Андрей Иванович Рудской, ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана Анатолий Александрович Александров, ректор Томского политехнического университета Петр Савельевич Чубик.

Состав Координационного совета оптимизирован под задачи гармонизации сфер образования и труда. Из 44 членов 21 являются ректорами ведущих технических университетов, а 23 – представителями работодателей, государственных органов власти, аналитических центров.

Система инженерного образования в России занимает ведущее место в системе высшего образования. Инженерные вузы составляют 50 % от общего количества вузов. Численность бюджетных мест по инженерным специальностям составляет более 40 % всех бюджетных мест. Из 58 укрупненных групп специальностей и направлений подготовки 23 относятся к области образования «Инженерное дело».

В сентябре 2015 г. состоялось первое заседание, на котором было принято Положение о деятельности Координационного совета, сформированы рабочие органы и утверждены кандидаты в председатели федеральных УМО.

Высшим органом Координационного совета Положение определило Заседание Координационного совета. Для оперативного решения ряда вопросов создан Президиум. Ряд полномочий делегирован трем сопредседателям. Аналитической работой по подготовке проектов решений занимается рабочая группа Координационного совета. Для выполнения организационно-методической работы создан секретариат.

Деятельность Координационного совета в течение четырех лет показала эффективность описанной выше организационной структуры. Необходимо особо отметить, что рабочая группа Координационного совета на стадии подготовки проектов решений проводит широкое обсуждение и вырабатывает консенсусное решение, устраивающее всех членов Координационного совета.

Координационный совет активно сотрудничал с Минобрнауки России при разработке концепции и макетов ФГОС, актуализированных с учетом требований профессиональных стандартов (далее – ФГОС 3++) и примерных основных образовательных программ (далее – ПООП). В процессе этой работы стало понятно, что решение о создании координационных советов по девяти областям образования, а не единого коор-

динационного совета было правильным. Области образования очень разные – разные и принимаемые решения. Поэтому единство образовательной политики России обеспечивает Минобрнауки России, а учет интересов областей образования – координационные советы.

Эффективность созданной системы федеральных УМО можно наглядно продемонстрировать на примере участия и победы коллектива Координационного совета по области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» и 23 инженерных федеральных УМО в открытом конкурсе Минобрнауки России на выполнение Государственного контракта по разработке и апробации примерных основных образовательных программ по области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки». В выполнении Государственного контракта участвовал рабочий коллектив в составе более 200 человек, включая всех председателей федеральных УМО и научно-методических советов федеральных УМО. В результате были разработаны и размещены в реестр на сайте Координационного совета (<https://ksid.spbstu.ru/>) 100 ПООП по всем 100 утвержденным ФГОС 3++.

Особо хочется отметить, что при реализации проекта была с успехом применена современная форма обсуждения проектов ПООП – вебинар. Вебинары проводились с использованием современного оборудования, позволяющего всем участникам активно участвовать в обсуждении. Вебинары проводились последовательно по всем 23 инженерным УГСН, и в них участвовало большинство вузов, реализующих образовательные программы по соответствующим УГСН. Другими словами, впервые в обсуждении единой актуальной проблемы развития инженерного образования участвовали не только члены федеральных УМО, но и представители всех инженерных вузов России.

Необходимо отметить ключевую роль федеральных УМО в системе гармонизации сфер труда и образования. За счет установления многочисленных горизонтальных связей между федеральными УМО и советами по профессиональным квалификациям вузы получают возможность участвовать в разработке профессиональных стандартов, а работодатели – в разработке ФГОС, ПООП и образовательных программ вузов.

Широкое обсуждение инженерным сообществом проблем разработки и реализации основных профессиональных образовательных программ на основе требований рынка труда выявило следующую проблему. В инженерном образовании всегда выделялась общепрофессиональная и специальная подготовка. За формирование методического обеспечения

по специальности отвечали УМО, а по общепрофессиональным дисциплинам – научно-методические советы по дисциплинам Минобрнауки России. Например, на базе Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого был создан научно-методический совет по физике под руководством Нобелевского лауреата Жореса Ивановича Алферова.

Сейчас во ФГОС нет названий дисциплин или модулей, но это не означает, что инженера можно подготовить без знаний, например, в области физики, математики, инженерной геометрии и компьютерной графики, электротехники. В Координационный совет поступают многочисленные просьбы от вузов создать единые для разных УГСН примерные рабочие программы общеинженерных дисциплин (модулей). Важно, что есть и сообщества профессионалов, готовых взять на себя выполнение этой работы. В качестве примера можно привести обращение члена Координационного совета ректора МГТУ «СТАНКИН» Елены Георгиевны Катаевой, которая просит поддержать предложение Всероссийской конференции заведующих кафедрами графических дисциплин о создании НМС по инженерной геометрии и компьютерной графике при нашем Координационном совете. МГТУ «СТАНКИН» готов взять на себя организационное обеспечение деятельности этого совета.

На заседании Координационного совета 14 февраля 2019 г. было принято решение создать при Координационном совете Научно-методический совет по инженерной геометрии и компьютерной графике (далее – НМС ИГиКГ) и назначить: председателем НМС ИГиКГ – А.В. Толока, д.т.н., проф., заведующего лабораторией № 18 (компьютерной графики) Института проблем управления РАН, заведующего кафедрой инженерной графики МГТУ «СТАНКИН»; президентом НМС ИГиКГ – С.И. Роткова, д.т.н., проф., члена ВАК, заведующего кафедрой инженерной графики и САПР ННГАСУ.

Президиуму Координационного совета поручено рассмотреть возможность создания других аналогичных научно-методических советов, которые должны стать важным элементом системы гармонизации сферы труда и сферы образования.

### **Список литературы**

1. Рудской А.И., Боровков А.И., Романов П.И. Инженерное образование: опыт и перспективы развития в России. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 224 с. – (Серия: Инженерное образование.)

2. Общепрофессиональные компетенции современного российского инженера / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов, О.В. Колосова // Высшее образование в России. – 2018. – № 2. – С. 5–18.

3. Стратегия развития инженерного образования в Российской Федерации на период до 2020 года: проект / А.И. Рудской, А.А. Александров, П.С. Чубик, А.И. Боровков, П.И. Романов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 55 с.

4. Формирование системы учебно-методических объединений по области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» / сост.: А.А. Александров, А.И. Рудской, П.С. Чубик, А.И. Боровков, П.И. Романов [и др.]. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 125 с.

5. Основные профессиональные образовательные программы высшего образования. Механизмы проектирования и реализации на основе требований рынка труда. Область образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» / А.И. Рудской, А.А. Александров, П.С. Чубик, А.И. Боровков, П.И. Романов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 124 с.

## О ГОЛОВНОМ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОМ СОВЕТЕ

**Ротков Сергей Игоревич,  
Жилина Наталья Дмитриевна**

Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

**Толок Алексей Вячеславович**

Московский государственный технологический  
университет «СТАНКИН», Москва

Рассматриваются организационные вопросы Головного научно-методического совета (ГНМС) по инженерной геометрии и компьютерной графике. Приводятся основные направления деятельности научно-методического совета.

**Ключевые слова:** инженерная геометрия, компьютерная графика, научно-методический совет, подготовка кадров.

## HEAD OF SCIENTIFIC-METHODICAL COUNCIL

**Rotkov Sergey Igorevich,  
Zhilina Natalya Dmitrievna**

Nizhny Novgorod State University at Architecture and Civil Engineering

**Tolok Alexey Vyacheslavovich**

Moscow State Technological University "STANKIN"

The article deals with the organizational issues of the Head scientific and methodological Council (NMS) on engineering geometry and computer graphics. The main activities of the scientific and methodical Council are given.

**Keywords:** engineering geometry, computer graphics, scientific and methodical Council, training.

14 февраля 2019 г. в МГТУ им. Н.Э. Баумана состоялось заседание Координационного совета в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» под руководством ректора Санкт-Петербургского политехнического университета А.И. Рудского. В заседании приняли участие заместитель министра науки и высшего образования Российской Федерации М.А. Боровская, ректоры вузов, председатели федеральных учебно-методических объединений, представители Росаккредагентства и других ведомств.

Среди различных вопросов развития высшего образования рассматривался вопрос о реорганизации Головного научно-методического совета по инженерной геометрии и компьютерной графике.

Вопрос о реорганизации ГНМС назрел давно. Последний приказ Минобрнауки о ГНМС датирован 2001 годом. За прошедшее время в силу различных причин ГНМС не имел возможности осуществлять координирующую работу кафедр геометро-графического профиля. Из списочного состава ГНМС по естественным причинам выбыли практически все его члены, фигурировавшие в приказе МОН 2001 г. о ГНМС.

Изменения в Федеральном законе о высшем образовании не предусматривали создание каких-либо других структур, кроме учебно-методических образований по направлениям подготовки, призванных координировать деятельность вузов, но не кафедр по дисциплинам. Таким образом, в вертикальной структуре УМО не были предусмотрены горизонтальные связи по дисциплинам и соответствующим кафедрам, что в конечном итоге привело к структурным изменениям в вузах, в частности к объединению кафедр геометро-графического профиля с не профильными, но выпускающими кафедрами. Кроме того, каждое УМО по направлению не координировало свою деятельность с другими. Для ликвидации этого недостатка на базе СПбГТУ был сформирован Координационный совет Федеральных УМО в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки».

8 февраля 2018 г. в СМИ было опубликовано интервью заместителя Министра образования и науки РФ Т.И. Синюгиной, в котором она отмечала проблемы школьного и вузовского образования, в том числе в области геометро-графической подготовки школьников и студентов как основы инженерного образования. В результате предварительных договоренностей была проведена личная встреча профессора С.И. Роткова с заместителем Министра образования и науки РФ Т.И. Синюгиной, где он проинформировал о положении дел и необходимости реорганизации ГНМС. Было принято решение поручить сотрудникам аппарата Министерства, отвечавшим на тот момент за вузовское образование, обеспечить необходимую поддержку в решении поставленных задач. По поручению Т.И. Синюгиной проведены предварительные консультации с председателем Координационного совета ФУМО д.т.н., профессором П.И. Романовым (СПбГТУ).

О состоявшихся переговорах было доложено на рабочем совещании заведующих кафедрами, которое прошло в ННГАСУ 28 февраля



2018 г. В совещании приняли участие профессора С.И. Ротков (ННГАСУ), И.Д. Столбова (ПНИПУ), А.В. Толок (МГТУ «СТАНКИН»), Г.С. Иванов (МГТУ им. Баумана), К.Л. Панчук (ОмГТУ), М.В. Михайлюк (ИСИ РАН). На совещании обсуждались структура реорганизованного ГНМС и возможный кадровый состав. Также принято решение обсудить вопросы реорганизации ГНМС на совещании заведующих кафедрами, которое прошло в сентябре 2018 г. на базе Донского государственного технического университета в пос. Дивноморском, организатор – завкафедрой ДГТУ О.П. Чередниченко.

На совещании заведующих кафедрами по результатам обсуждения председателем реорганизованного ГНМС был избран д.т.н., профессор А.В. Толок (МГТУ «СТАНКИН»), зам. председателя – д.т.н., профессор С.И. Ротков (ННГАСУ).

Избранные представители профессора А.В. Толок и С.И. Ротков с подготовленным на совещании заведующих кафедрами проектом решения для дальнейшей работы Координационного совета провели встречу с председателем КС ФУМО профессором П.И. Романовым 1 октября 2018 года, на котором обсудили дальнейшую процедуру организации ГНМС.

На заседании Координационного совета была отмечена необходимость воссоздания научно-методических советов по общеобразовательным дисциплинам. В частности, высказана поддержка решения совещания заведующих кафедрами в Дивноморском и инициативы МГТУ «СТАНКИН» по реорганизации ГНМС по инженерной геометрии и компьютерной графике.

На основе принятого решения Координационного совета в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» на избранный состав ответственных лиц возложена обязанность в ближайший срок подготовить и утвердить положение о созданной подструктуре и кадровое обеспечение ГНМС на ближайшем заседании КС ФУМО.

Для проработки и предварительного обсуждения по федеральным округам проекта положения ГНМС необходим подбор основного руководящего состава как инициативной группы.

Предлагается организовать трехуровневую структуру управления:

◆ **Руководящий орган** (председатель, зам. председателя, ученый секретарь).

♦ *Руководители окружных НМС по федеральным округам*, в частности: Поволжского (пред. – профессор М.К. Решетников, Саратов, СГТУ), Южного (пред. – профессор В.М. Приходько, Ростов-на-Дону, РГУПС), Северо-Западного (профессор Д.В. Волошинов, Санкт-Петербург, СПбГУТиД им. Бонч-Бруевича), Дальневосточного (профессор Вайнер Л.Г., Хабаровск, ДвГУПС).

По остальным округам предстоит срочная организационная работа. Кадровые требования к кандидатам на роль председателя окружного НМС, на наш взгляд, должны быть следующие:

♦ Доктор технических наук, желательно по специальности 05.01.01 «Инженерная геометрия и компьютерная графика».

♦ Опыт руководства научными и педагогическими коллективами.

♦ Опыт руководства аспирантурой и докторантурой. Наличие защищенных аспирантов (докторантов).

♦ Связь с кафедрами геометро-графического профиля всех вузов федерального округа.

(Требования могут быть снижены для регионов, не имеющих на данный момент специалистов такого уровня.)

♦ *Эксперты по профессиональной деятельности*. Ведущие специалисты кафедр (профессор, доцент), желающие принять активное участие в обсуждении организационных, научных и педагогических проблем.

Главной функцией ГНМС считаем координацию действий кафедр в лице заведующих кафедрами по модернизации системы геометро-графической подготовки студентов с учетом тенденций развития науки, техники и технологий, требований промышленности. Каждый из нас должен это делать на своем рабочем месте, в своем вузе.

На конференции КГП-2016 и КГП-2017 неоднократно отмечалось, что дальнейшее развитие кафедр должно идти по пути создания и развития магистратуры при соответствующих кафедрах. Это позволит разделить всю геометро-графическую подготовку на две составляющих и дополняющих друг друга части – базовую для бакалавриата и специальную для магистратуры. На уровне бакалавриата необходимо изучать основы геометро-графической подготовки. Согласование содержания рабочих программ соответствующих дисциплин уровня бакалавриата – это одна из функций ГНМС.

Необходимость разработки новой учебной дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика» для программ бакалавриата

та обусловлена потребностью подготовки специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве, использования отечественного программного обеспечения для информационного моделирования зданий и сооружений в рамках перехода к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологий информационного моделирования, обозначенных в поручении Президента Правительству РФ Пр-1235 от 19.07.2018.

В основе названия дисциплины лежит требование цифровизации науки и промышленности, направление развития техники и технологии, вне зависимости от отрасли промышленности, директивных документов.

Программа учебной дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика» базируется на традиционных дисциплинах «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», «Компьютерная графика».

Необходимость нового комплексного подхода к изучению материала, содержащегося в данных дисциплинах, обусловлена также вступлением в силу Федеральных образовательных стандартов высшего образования третьего поколения (ФГОС ВО 3++), основным отличием которых является формирование компетенций обучающихся с учетом профессиональных стандартов.

В основе всего лежит Электронная модель изделия (ЭМИ), ее 3D геометрическая составляющая. Мы не говорим о других составляющих ЭМИ, обеспечивающих переход к различным информационным системам и технологиям. Но это означает, что геометро-графическая подготовка студента все более и более уходит в информационную область. CALS- и BIM-технологии, учитывающие действующие ГОСТ, СП, СанПИН и пр., базируются на 3D-модели, методах параллельного инжиниринга (CE), управления чертежно-конструкторскими и технологическими документами (PDM), управления жизненным циклом изделия (PLM) и пр.

Для работы с существующими технологиями необходимы умения и навыки ввода 3D геометрических данных в память ЭВМ, что, в свою очередь, приводит к необходимости изучения методов и средств начертательной геометрии как инструмента ввода данных, в том числе и средствами систем компьютерной геометрии и графики, т.е. задаче преобразования данных 2D в 3D.

В совокупности причин все это приводит к необходимости разработки синтетического курса «Инженерная геометрия и компьютерная

графика», основанного на наших классических трех составляющих геометро-графической подготовки, но несколько с других позиций, а именно – давать в соответствии с принципами и методами системного анализа нужную информацию в нужный момент времени в нужном месте. Кафедрой инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования ННГАСУ (завкафедрой – профессор С.И. Ротков) такая программа для уровня бакалавриата, инвариантная по отношению к направлениям подготовки студентов различных технических направлений (Строительство, Машиностроение), разработана. Апробация программы прошла в рамках учебных занятий со студентами ННГАСУ. В настоящий момент рабочая программа проходит обсуждение в Координационном совете.

Также функцией ГНМС является организация работы по развитию направленностей (профилей) магистратур. В ННГАСУ в течение нескольких лет успешно реализуется обучение магистрантов по направленности (профилю) «Инженерная геометрия и компьютерная графика», направление 09.04.01 – Информационные системы и технологии.

Для организации работы на уровнях бакалавриата и особенно магистратуры нужны квалифицированные кадры, в том числе кандидаты и доктора наук по научной специальности 05.01.01 – Инженерная геометрия и компьютерная графика. Это влечет за собой активизацию работы аспирантуры при кафедрах геометро-графического профиля. Во многих вузах аспирантура по данной специальности есть. В настоящее время по научной специальности 05.01.01 – Инженерная геометрия и компьютерная графика функционируют два диссертационных совета при Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете (председатель совета – профессор Е.В. Попов) и при Омском государственном техническом университете (председатель совета – профессор К.Л. Панчук). Подготовка кадров – большая плановая работа, координация которой тоже входит в работу ГНМС.

Для решения кадровой проблемы организуются различные конференции. В 2019 году запланировано проведение трех конференций, напрямую или частично связанных с геометро-графическими проблемами, где могут принять участие аспиранты и сотрудники кафедр с докладами, а также пройти обсуждения представленных работ с целью их дальнейшей защиты в качестве научно-квалификационной работы (диссертации). Информация об одной из конференций размещена на сайте

КГП-2019. Организация подобных конференций тоже входит в деятельность ГНМС.

Еще одной задачей деятельности ГНМС является организация и проведение регулярных совещаний заведующих кафедрами (плenums ГНМС). Эта форма личного общения дает очень много не только самим заведующим, но прежде всего кафедрам, поскольку сотрудники кафедр принимают активное участие в подготовке и проведении мероприятия. Это одна из форм повышения квалификации.

Таковы основные направления деятельности ГНМС.

В заключение хочется отметить, что ГНМС и НМС по федеральным округам создаются для регулирования норм современного функционирования кафедр геометро-графических технологий и может стать основным органом их поддержки в профессиональной деятельности для повышения уровня подготовки будущих специалистов инженерного направления, а также развития при кафедрах научно-исследовательского геометро-графического профиля.

## **ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ В ОБЛАСТИ «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО, ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ» В ОБУЧЕНИИ БАКАЛАВРОВ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ**

**Абросимов Сергей Николаевич,  
Семёнов Виктор Алексеевич,  
Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Рассматриваются проблемы графической подготовки и особенности регламентирующей документации в рамках бакалавриата. Показано, что обобщенная компетентностная модель инженера позволяет унифицировать образовательные программы, обеспечить развитие ряда компетенций на более ранних стадиях обучения, включить в образовательный процесс актуальные разделы, не учтенные разработчиками стандартов.

**Ключевые слова:** графическая подготовка, бакалавриат, профессиональные стандарты, компетенции.

## **GENERAL PROFESSIONAL COMPETENCES IN THE FIELD OF «ENGINEERING, TECHNOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES» IN THE TEACHING OF BACHELORS GRAPHIC DISCIPLINES**

**Abrosimov Sergey Nikolaevich,  
Semenov Viktor Alekseevich,  
Tikhonov-Bugrov Dmitrii Evgenievich**

Baltic State Technical University "VOENMEH"  
named after D.F. Ustinov

The problems of graphic training and features of regulatory documentation within the bachelor degree are considered. It is shown that the generalized competence-based model of an engineer allows to unify educational programs, to ensure the development of a number of competencies at earlier stages of training, to include relevant sections in the educational process that were not taken into account by the developers of standards.

**Keywords:** graphic training, undergraduate, professional standards, competence.

Федеральным законом от 02.05.2015 № 122-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации и статьи 11 и 73 Федерального закона об образовании в Российской Федерации» была изменена статья 11, на основании которой ФГОС формируются на основе профессио-

нальных стандартов. В настоящее время разработано более 150 федеральных государственных образовательных стандартов в области «Инженерное дело, технологии и технические науки».

Характерно, что все профессиональные стандарты справедливо учитывают то обстоятельство, что бакалавр может осуществлять творческую инженерную деятельность только после истечения существенного периода (трех лет) практической работы. Ведь даже инженер (специалист), проучившийся пять с половиной лет и успешно защитивший профильный дипломный проект, не сразу эффективно вливается в профессиональную деятельность. Полноценная инженерная подготовка, основанная на прочных связях дисциплин естественнонаучного, гуманитарного, общепрофессионального, экономического, наконец, специального цикла, по нашему убеждению, не способна уложиться в четырехлетние рамки.

Об этом говорит и зарубежный опыт. Например, в США для получения прав на творческую инженерную деятельность необходимо доучиваться и получать соответствующую лицензию. Сертификат на полноценную инженерную деятельность зарубежный специалист получает в возрасте 26–28 лет.

Министр промышленности и торговли Д.В. Мантуров озвучил современные требования к инженерным кадрам – так называемые «тренды Мантурова» [1]. Выделим только три из них:

- ◆ Инженер становится специалистом-универсалом с фундаментальным образованием.

- ◆ Инженеру возвращаются функции управленца.

- ◆ Инженер должен быть адаптирован к работе в условиях географического распределения не только производства, но и проектирования.

Очевидно, что и этих трех трендов достаточно, чтобы утверждать: это не для бакалавра. И еще один важный, на наш взгляд, момент: понимание руководителем значения фундаментальной подготовки в условиях, определяемых рамками Болонского соглашения, не способствующих фундаментализации.

При подготовке бакалавров перед вузами встает дилемма: либо присмотреться к профессиональным стандартам и попытаться организовать реальную подготовку (с поправкой на предстоящий трехлетний практический опыт), либо попытаться втиснуть в четыре года то, что дается инженеру как минимум за пять.

По второму пути пошли авторы [4], заявившие о реализуемой ими проектно-конструкторской подготовке бакалавров техники и техноло-

гии, которая (по крайней мере, по содержанию) не уступает программе графической подготовки специалистов. Тут весьма актуальной становится проблема сохранения качества обучения, зависящая от множества факторов, в том числе от уровня профессионализма и реального практического опыта преподавательского состава, материально-технического оснащения, проектного и межпредметного характера учебного процесса.

Как отмечается в статье о независимой оценке качества подготовки бакалавров [2], традиционные государственные экзамены и выпускная квалификационная работа не всегда гарантируют работодателю и обществу, что новоиспеченный специалист обладает устойчивым знанием даже теоретических разделов. На практике работодатель всегда предпочтет пригласить профессионала с опытом работы, который апостериори продемонстрировал наличие у него не только теоретического багажа, но и необходимых в профессии умений и компетенций, чем иметь дело с такой вот «темной лошадкой». Поэтому выпускник бакалавриата, даже если он лучший по своему направлению, как правило, не вызывает доверия у работодателя.

Необходимость принятия на работу бакалавров вынудила проектные организации создавать новые или модернизировать старые внутренние системы повышения квалификации. Многоступенчатая система отбора кадров и повышения квалификации в АО «ИСС» является, на наш взгляд, образцовой [3]. Она основана на долгосрочном планировании численности и компетенций персонала, целевой подготовке в ведущих вузах страны, открытии базовых кафедр.

Формулировки профессиональных компетенций ФГОС постоянно вызывают нарекания специалистов, осуществляющих учебный процесс на разных стадиях обучения. Основные претензии связаны с излишней конкретизацией или, наоборот, с неясной формулировкой компетенций для конкретной сферы деятельности. Имеют место и завышенные требования, не соответствующие стадии обучения. Основной причиной является недостаточная согласованность образовательных и профессиональных стандартов.

Рассмотрим особенности профессионального стандарта «Специалист по проектированию и конструированию космических аппаратов и систем», созданный при участии АО «ИСС». В данном стандарте предлагается два варианта названий соответствующей должности: инженер-конструктор; специалист по проектированию и конструированию космических аппаратов и систем. Звучит как стандарт для инженера. А как же бакалавр?



Нюанс заключается в том, что далее указывается потребное высшее образование (бакалавриат) и повышение квалификации. Далее делается ремарка, что если подготовка велась по направлению 160400.62 «Ракетные комплексы и космонавтика», то требуется опыт работы по специальности не менее трех лет.

Такой опыт не требуется в случае, если имеет место специалитет 160400.62. «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов». Также не требуется опыт работы для 160400.62 (магистратура).

Другими словами, стандарт направлен на индивидуума, который обучался в специалитете или магистратуре, или на **бакалавра**, который отработал по специальности три года и прошел повышение квалификации, т.е. стал полноценным инженером.

Важно, что в перечне должностей предусмотрена и такая: техник-проектировщик. Вот это и есть фактически должность, которую должен занимать бакалавр без опыта работы. Корректировка образовательных стандартов в соответствии с Приказом Минобрнауки (п. 4.3) заключается в добавлении абзаца: «По окончании обучения выпускнику, успешно прошедшему итоговую государственную аттестацию, наряду с квалификацией (степенью) “бакалавр” или “магистр”, присваивается звание “бакалавр-инженер” или “магистр-инженер”».

Вероятно, этим объясняется появление в профессиональных стандартах для бакалавров науки и техники возможного названия должности «инженер». Однако сути это обстоятельство никак не меняет.

Рассмотрим возможные обязанности бакалавра, предусмотренные данным профессиональным стандартом. Основные из них следующие:

- ◆ Проработка и согласование технических заданий на теоретические и экспериментальные исследования **в составе рабочей группы.**
- ◆ Исследование отечественного и зарубежного опыта разработки космических аппаратов, космических систем и их составных частей.
- ◆ Решение изобретательских задач и разработка инновационных образцов космической техники.
- ◆ Разработка проектной конструкторской документации на опытные образцы, изготавливаемые и испытываемые при выполнении теоретических и экспериментальных исследований.
- ◆ Разработка рекомендаций и заключений по использованию результатов теоретических и экспериментальных исследований.

♦ **Оформление документов** на получение патента по результатам теоретических и экспериментальных исследований.

Увязанный с профессиональным, образовательный стандарт в части компетенций содержит следующее:

*Проектно-конструкторская деятельность:*

♦ **Участвовать** в анализе и синтезе состояния ракетно-космической техники и создании базы современных конструкций и технологий.

♦ **Участвовать** в составлении технических заданий на проектирование и конструирование.

♦ **Проводить** техническое проектирование изделий.

*Научно-исследовательская часть:*

♦ **Принимать участие** в НИР в качестве исполнителя, выполняя техническую работу.

♦ **Обрабатывать и оформлять** результаты НИР.

*Производственно-технологическая деятельность:*

♦ **Подбирать** технологический процесс.

♦ **Подготавливать** оснастку.

♦ **Участвовать** в работе по выпуску технологической документации.

В настоящее время разработаны ФГОС, в которых сформулированы универсальные и общепрофессиональные компетенции. В [5] отмечается, что целесообразно провести унификацию формулировок общепрофессиональных компетенций, схожих для всех инженерных направлений подготовки одного уровня образования. Реализация предложенного авторами этой работы проекта общепрофессиональных компетенций, единых для области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки», на наш взгляд, позволит унифицировать программы обучения (что является крайне актуальной задачей) и дать разработчикам программ некую свободу в части наполнения их содержанием.

Рассмотрим некоторые категории компетенций и сами компетенции, предложенные авторами статьи [5], и представим наше видение возможности их реализации применительно к графической подготовке не только бакалавров, как показано в [6], но и специалистов.

♦ **Фундаментальная подготовка.** *Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук.* Исключение из ряда стандартов важной, базовой теоретической составляющей геометрической подготовки инженера – начертательной

геометрии – привело не только к снижению уровня развитости пространственного воображения и фантазии, потере понимания геометрических смыслов стандартов ЕСКД, но и к смещению в инструментальную сферу всего процесса обучения. Предлагаемый подход, на наш взгляд, обеспечивает возможность сохранения теоретической составляющей графической подготовки, дает возможность разработчику программ проявить инициативу, связанную с включением в учебный процесс необходимой компоненты. Реализуется в бакалавриате и специалитете.

♦ **Аналитика и принятие решений.** *Способен осуществлять комплексный предпроектный анализ и поиск творческого проектного решения.* Данные компетенции в курсе «Инженерная и машинная графика» приобретаются на завершающем этапе обучения с использованием технологий проектного обучения и непрерывной практико-ориентированной адаптации [7]. В данном случае студент работает над учебным проектом, создавая (в результате анализа недостатков прототипа) модель сборочной единицы и комплект ассоциативной документации. Таким образом, закладывается база для развития данной компетенции на профилирующей кафедре. В представленном варианте реализуется в основном при обучении специалистов.

♦ **Информационные технологии.** *Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.* Обучаясь инженерной графике, студент учится работать со справочной литературой, добывать необходимую информацию в Интернете, применять в качестве инструмента пакеты прикладных программ. На выходе – способность создания геометрической модели со всеми атрибутами. Реализуется в бакалавриате и специалитете.

♦ **Предпринимательские.** *Способен ориентироваться в базовых положениях экономической теории, применять их с учетом особенностей рыночной экономики.* Казалось бы, в рамках дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» для развития данных компетенций возможностей нет. Однако мы обращаем внимание студента на важность экономической составляющей и в такой отрасли промышленности, как оборонная. В частности, студент учится оценивать пороговые значения шероховатости поверхности для конкретной отрасли (с учетом конкретных возможностей кадрового состава и станочного оборудования на предприятии) и конкретного изделия и других параметров обработки, сводить к возможному минимуму количество вновь разрабатываемых изделий в сборках и т.п. Реализуется в основном в специалитете.

♦ **Иновационность.** *Способен к использованию инновационных идей в предметной области, технико-экономическому обоснованию инновационных проектов.* При выполнении проекта студенту предлагается рассмотреть различные способы технологии получения изделий, оценить их новизну и эффективность. Особенно поощряются оригинальные конструктивные решения, внушается необходимость поиска таких решений. Реализуется в основном в специалитете.

♦ **Профессиональная этика.** *Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом культурных и правовых аспектов в соответствии с нормами профессиональной этики.* В рамках дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» данную компетенцию затрагиваем при моделировании профессиональной деятельности – создании учебных конструкторских групп при различных кейс-стадии. Реализуется в основном в специалитете.

♦ **Творчество и гибкость мышления.** *Способен творчески подходить к своей профессиональной деятельности, находить альтернативные нестандартные решения поставленных задач.* Наш опыт показывает, что в течение трех семестров обучения в проектной среде, в условиях непрерывной адаптации к изменениям условий задач, имеется возможность выделить людей, способных к творческой конструкторской работе. Они нуждаются в особом внимании, индивидуальных заданиях, знакомстве с приемами творчества, не входящими в стандартную программу обучения, например с ТРИЗ. Индивидуальная работа с такими студентами ведется, в частности, при подготовке к различным олимпиадам. Реализуется в основном в специалитете.

♦ **Менеджмент качества.** *Способен использовать нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности, участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов.* В нашем случае это не только стандарты ЕСКД, дополненные особенностями электронных моделей, но и многочисленные государственные и отраслевые стандарты на материалы, конструктивные элементы и т.п. Реализуется в бакалавриате и специалитете.

Делая ремарку «реализуется в основном в специалитете», мы не отрицаем теоретическую возможность приобретения данных компетенций в рамках бакалавриата, учитывая то обстоятельство, что некоторые вузы не сокращают объем графической подготовки в бакалавриате.

Мы убеждены, что применение предложенных А.И. Рудским, А.И. Боровковым, П.И. Романовым, О.В. Колосовой общепрофессиональных компетенций позволит:

- ◆ унифицировать образовательные программы;
- ◆ обеспечить развитие ряда компетенций на более ранних стадиях обучения с соответствующей поправкой на стадию обучения;
- ◆ включить в образовательный процесс актуальные (с точки зрения авторов программ) разделы, не учтенные разработчиками стандартов.

### Список литературы

1. Абросимов С.Н., Тихонов-Бугров Д.Е. Графическая подготовка в вузах в свете трендов Д.В. Мантурова. // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2017. – Т. 2.

2. Белоцерковский А.В., Кравцова Л.А., Дождиков А.В. Независимая внешняя оценка качества подготовки бакалавра // Высшее образование в России. – 2013. – № 5.

3. Кушкин С.Г. Особенности развития кадрового потенциала акционерного общества «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва // Современное образование: развитие технологий и содержания высшего профессионального образования как условие повышения качества подготовки выпускников: материалы науч.-метод. конф. – Томск: ТУСУР, 2017.

4. Организация процесса подготовки бакалавров техники и технологии к проектно-конструкторской деятельности / М.Г. Минин, А.А. Захарова, И.А. Сафьянников, Е.В. Вехтер // Высшее образование в России. – 2013. – № 5.

5. Общепрофессиональные компетенции современного российского инженера / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов, О.В. Колосова // Высшее образование в России. – 2018. – № 2.

6. Тихонов-Бугров Д.Е. Общепрофессиональные компетенции в области «Инженерное дело, технологии и технические науки» в обучении бакалавров графическим дисциплинам // Наука сегодня: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018.

7. Тихонов-Бугров Д.Е., Дюмин В.А., Ракитская М.В. Непрерывная практико-ориентированная адаптация как основа учебного процесса при обучении графическим дисциплинам // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2018. – Т. 2.

# НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ГЛАЗАМИ СТУДЕНТОВ

**Вольхин Константин Анатольевич**

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет,  
Новосибирск

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск

Рассматриваются содержание и организационно-методическое обеспечение учебной деятельности студента в инженерной графической подготовке, реализованные в курсе «Начертательная геометрия» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Анализируется мнение студентов очной формы обучения о значимости различных факторов, влияющих на успешность изучения дисциплины. Приводится оценка студентами целесообразности, сложности и уровня освоения отдельных тем курса «Начертательная геометрия».

**Ключевые слова:** инженерная графическая подготовка, начертательная геометрия, инженерная графика, организационно-методическое обеспечение, студент.

## ESCRPTIVE GEOMETRY FROM STUDENTS' POINT OF VIEW

**Volkhin Konstantin Anatolevich**

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering  
Siberian Transport University

This article reviews the content and organizational and methodological support of student's learning activity in engineering graphic grounding implemented in “De-scriptive geometry” course of Novosibirsk state university of architecture and civil engineering (Sibstrin). Full-time students' opinion about the significance of different factors for the success in learning the subject has been analyzed. The author presents students' estimation of reasonability, complexity and learning level for particular units of “Descriptive geometry” course.

**Keywords:** engineering graphic grounding, descriptive geometry, engineering graphics, organizational and methodological support, student.

Инженерное графическое образование, как и вся отрасль в целом, находится в состоянии постоянного реформирования. Многие высшие учебные учреждения прошли процедуры аккредитации, которые парализовали все другие виды деятельности организации. Создается такое ощущение, что с переходом на Болонскую систему (бакалавр, магистр) задачей образования становится не подготовка высококвалифицированного специалиста для той или иной отрасли хозяйства, а решение социальных вопросов занятости подрастающего поколения, а целью – всеобщая бакалавриатизация населения страны, с вытекающими из этого последствиями.

Постоянное изменение образовательных стандартов приводит к тому, что процесс разработки рабочих программ учебных дисциплин, как

хороший ремонт, становится бесконечным. Следующий учебный год ознаменуется переходом на ФГОС ВО 3++, с которым произойдут очередные изменения объема и содержания учебных дисциплин. При разработке учебных программ необходимо руководствоваться содержанием ФГОС соответствующего направления подготовки и примерными основными образовательными программами, разработанными головными вузами, для нас это МГСУ [5]. Традиционно в строительном вузе в качестве дисциплин начальной графической подготовки выступали «Начертательная геометрия» (108 ч) и «Инженерная графика» (72 ч), в соответствии с новыми стандартами дисциплина будет называться «Инженерная и компьютерная графика» (252 ч).

Процитируем рекомендуемое головным вузом содержание новой учебной дисциплины:

«Начертательная геометрия. Методы проецирования. Способы преобразования проекций. Многогранники. Кривые линии и поверхности. Пересечение поверхности плоскостью и прямой. Взаимное пересечение поверхностей. Развертки. Тени в ортогональных проекциях. Перспектива. Метод проекций с числовыми отметками.

Основы инженерной графики. Основные требования к чертежам. Правила оформления чертежа. Геометрические построения на чертежах. Проекционные изображения на чертежах (виды, разрезы, сечения). Аксонометрия. Чертежи соединения деталей. Общие сведения о строительных чертежах. Архитектурно-строительные чертежи зданий (планы, фасады, разрезы). Чертежи узлов строительных конструкций.

Компьютерная графика. Основные прикладные графические программы. Принципы и технологии моделирования двухмерных геометрических объектов для получения конструкторской документации с помощью графических систем (средства получения сборочного чертежа; пространство и компоновка)» [5].

Актуальность вопросов целеполагания, содержания и методики преподавания графических дисциплин подтверждает наличие серьезной полемики в профессиональном сообществе. Мнения коллег по этим вопросам бывают противоречивыми, особенно при обсуждении роли и места начертательной геометрии в системе инженерного графического образования [1–4, 6–9, 11, 12]. Отношение студентов к содержанию и организационно-методическому сопровождению инженерной графической подготовки, как показал экспресс-поиск в Интернете, изучено значительно хуже. Так, оценка студентами значимости дисциплины «Инженерная графика» в це-

лом, без уточнения содержания и методического сопровождения, приводится в статье А.А. Сапельникова [10]. Поэтому в своей работе мы хотим представить мнения студентов о значимости содержания, проблемах и путях их преодоления при изучении начертательной геометрии в строительном вузе. В анкетировании приняли участие 98 студентов первого курса, обучающихся по направлению «Строительство», Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин).

Анкетирование проводилось в начале второго семестра обучения, когда экзамен по дисциплине сдан у 80 % респондентов.

Ответы на просьбу оценить степень важности знаний и умений по графической подготовке в будущей профессиональной деятельности представлены на диаграмме (рис. 1, а).

Наиболее важной для профессиональной деятельности, по мнению студентов, является способность определять видимость элементов предмета на чертеже. Все индивидуальные графические задания предполагают оценку взаимной видимости объектов чертежа, и у редкого студента доказательство видимости с помощью метода конкурирующих точек не вызывает затруднения. Наиболее не важным является умение строить развертки – последнее задание, которое в основном не представляло сложности для студентов.

Анкетирование показало, что 84,8 % участвующих в опросе студентов испытывали трудности в изучении начертательной геометрии. Оценка сложности тем начертательной геометрии для понимания студентов приведена на рис. 1, б. Диаграмма показывает рост сложности по мере усложнения изучаемого объекта от точки до кривых линий и поверхностей. Традиционно изучение начертательной геометрии проходит в направлении от простого объекта – «точки» – к сложному, состоящему из множества точек объекту – «поверхности». Незначительные проблемы, возникающие в начале обучения, становятся серьезным препятствием для успешного освоения курса на его завершающем этапе. Наиболее трудными для изучения, по мнению студентов, являются позиционные и метрические задачи, которые присутствуют во всех графических заданиях.

На вопрос «Соответствует ли экзаменационная оценка уровню ваших знаний?» 9,7 % респондентов ответили, что считают оценку завышенной, 8,6 % считают уровень своих знаний выше полученной оценки, а остальные ответили утвердительно. С нашей точки зрения, представляет интерес самооценка освоения тем начертательной геометрии, представленная на рис. 2.



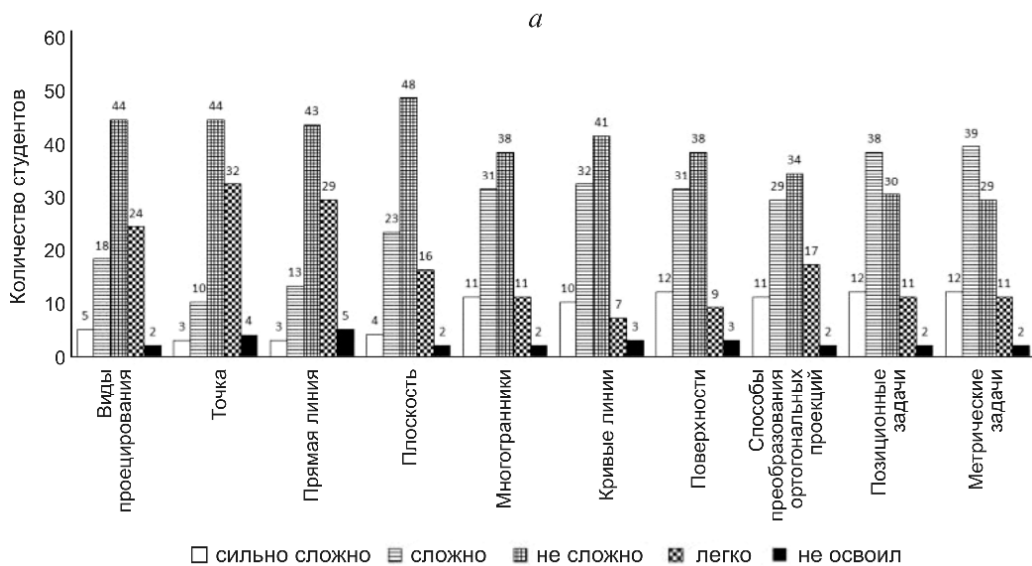
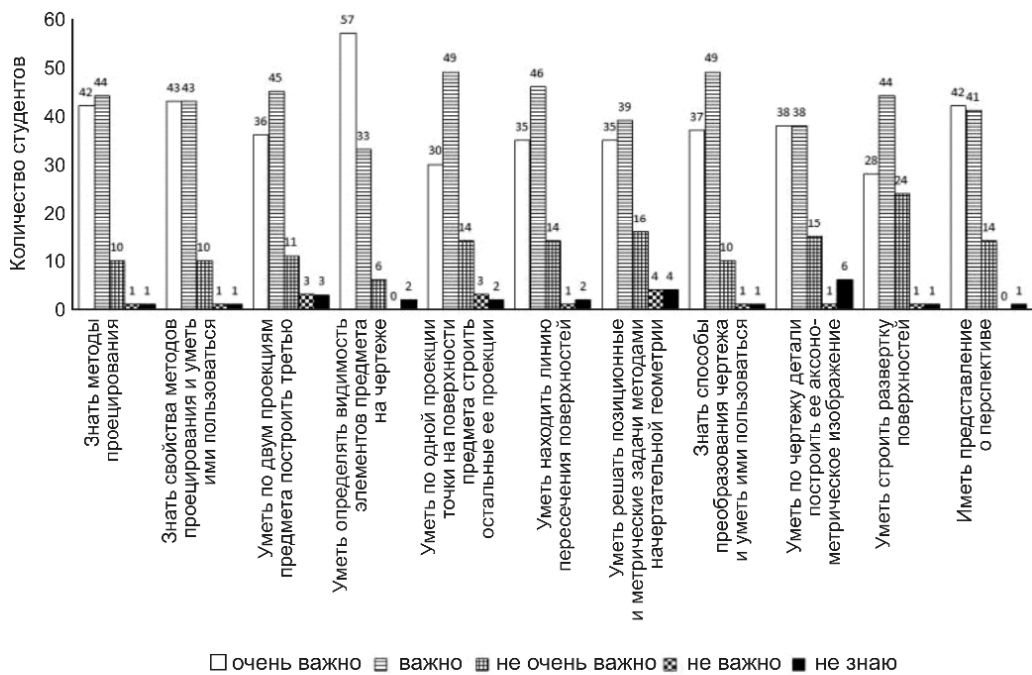


Рис. 1. Мнения студентов: *a* – о значимости знаний умений по графическим дисциплинам для будущей профессиональной деятельности; *б* – о сложности тем начертательной геометрии

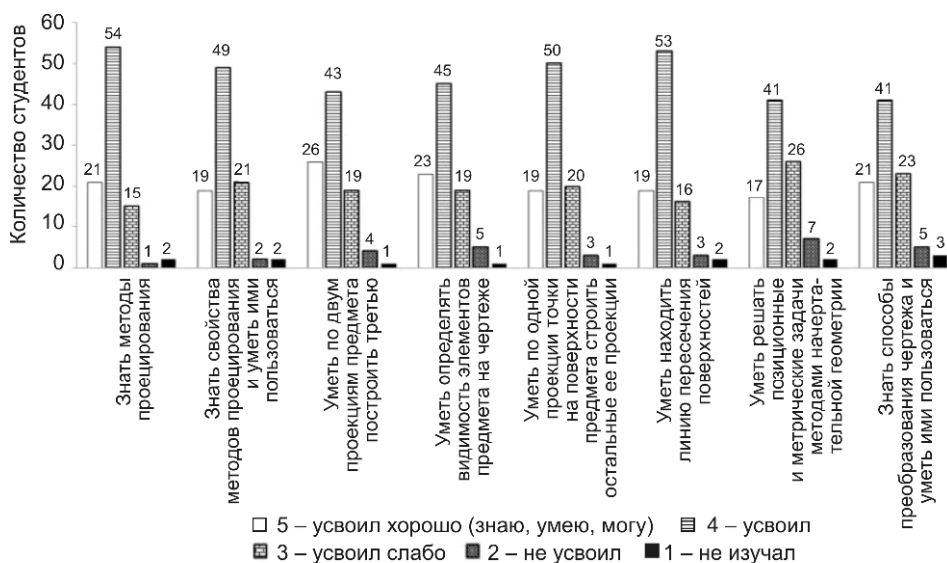
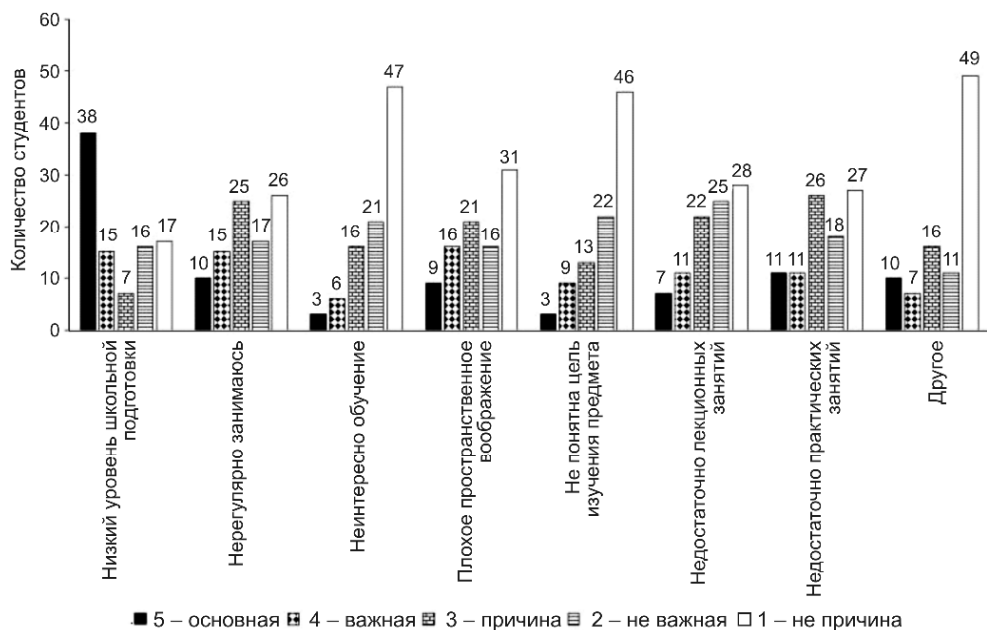


Рис. 2. Самооценка знаний тем начертательной геометрии

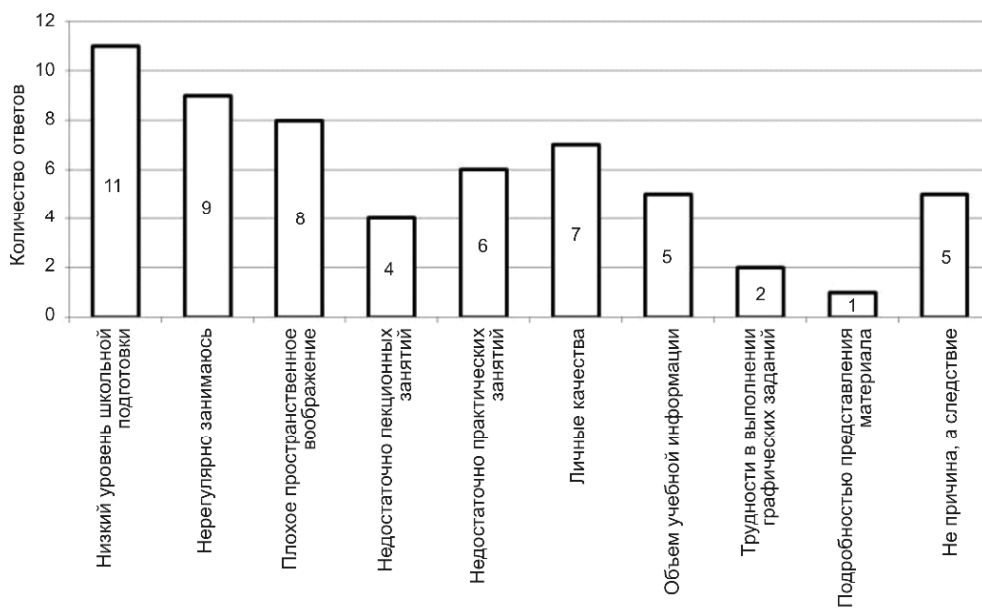
По всем вопросам уровень своих знаний на «отлично» оценили 17 студентов, что совпадает с количеством высоких экзаменационных оценок, поставленных преподавателями. Уровень своих знаний, выраженный формулировками «не освоил» или «не изучал», хотя бы по одной из предложенных тем оценили 9 из 19 респондентов, не сдавших экзамен на момент анкетирования.

Чтобы узнать мнение студентов о причинах трудностей в изучении дисциплины, было предложено оценить их по пятибалльной системе, результат представлен на рис. 3, а.

Предложенные для оценки причины трудностей известны коллегам, и оценка их значимости студентами не принесла никаких неожиданностей. «Другое» – отличное от предложенного – предлагалось сформулировать один или несколько факторов, осложняющих учебную деятельность. Результаты систематизации предложенных студентами причин представлены на рис. 4, б. Из систематизированных 58 ответов 38 повторили предложенные для оценки, 5 – причину сложности видят в недостаточном знании теории начертательной геометрии (не причина, а следствие). На трудности в выполнении графических работ как причину неуспеваемости по начертательной геометрии пожаловались 2 студента, это может быть хорошим аргументом в споре о целесообразности уменьшения количества графических заданий для повышения успешности изучения начертательной геометрии.

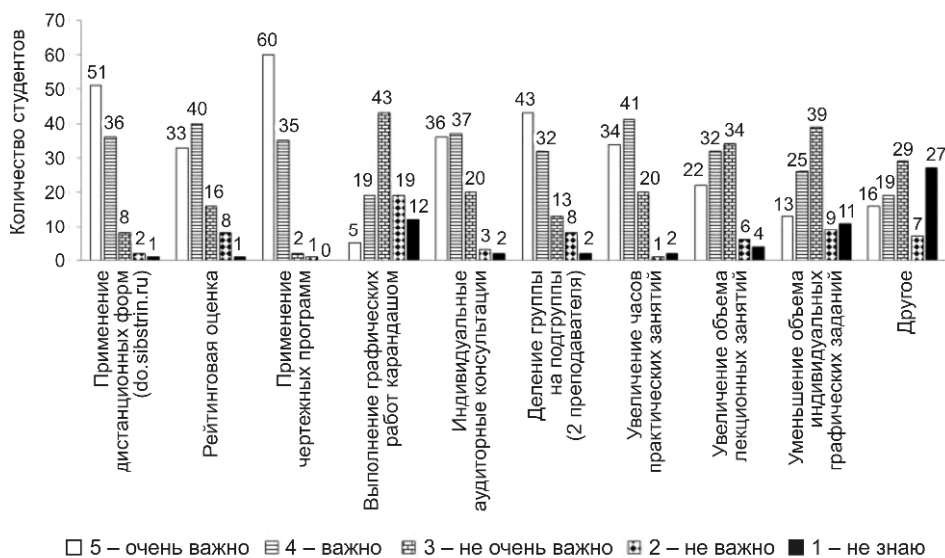


*a*

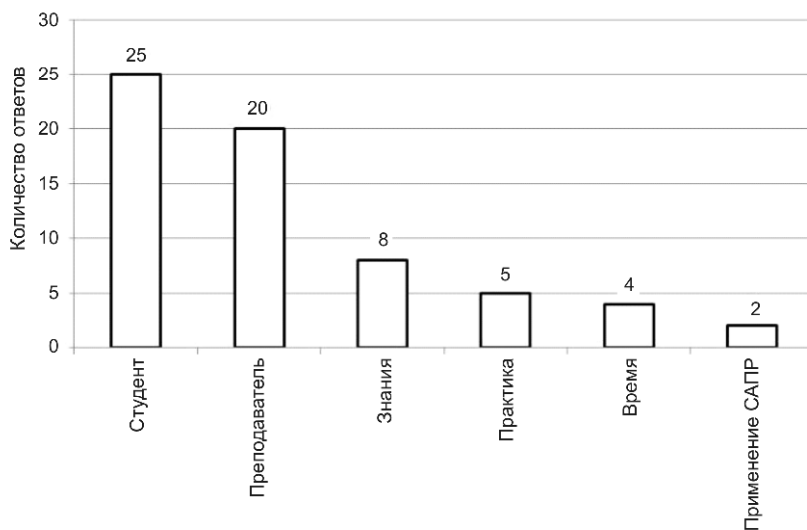


*б*

Рис. 3. Причины трудностей в изучении начертательной геометрии:  
*a* – предложенные; *б* – сформулированные студентами



а



б

Рис. 4. Оценка влияния факторов, влияющих на успешность изучения начертательной геометрии: а – предложенные; б – сформулированные студентами

Для изучения мнения студентов о целесообразности внесения изменений в организационно-методическое обеспечение дисциплины мы попросили их оценить влияние на успешность изучения начертательной геометрии. Для нас стал неожиданностью тот факт, что максимальное влияние на успешность изучения начертательной геометрии оказывает

применение чертежных программ для оформления заданий, а уменьшение объема индивидуальных графических заданий не вызвало ожидаемого ажиотажа (рис. 4, а). Другие 64 фактора, влияющие на успешность изучения дисциплины, нам удалось разделить на шесть групп:

1. «Студент» – в эту группу были отнесены факторы, зависящие от студента: его желание изучать предмет, внимательность, способность к самоорганизации и т.п.

2. «Преподаватель» – факторы, связанные с профессиональными качествами преподавателя, взаимоотношением с преподавателем.

3. «Знание» – знание вообще, знание геометрии, знание школьных основ, регулярное повторение учебного материала и т.п.

4. «Практика» – больше практики.

5. «Время» – недостаток времени на выполнение графических заданий, изучение теории.

6. «Применение САПР» – возможность использования и опыт использования.

Соотношение значимости групп по мнению студентов (рис. 4, б) позволяет сделать вывод, что наличие положительной мотивации у студента к изучению дисциплины и профессионализм преподавателя являются ключевыми факторами, определяющими успешность изучения начертательной геометрии, как в прочем и любой другой дисциплины.

### Список литературы

1. Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Модель как ключевое понятие геометро-графической подготовки [Электронный ресурс] // «Информатизация инженерного образования» ИНФОРИНО-2012: материалы Международ. науч.-метод. конф. – М.: НИУ МЭИ, 2012. – URL: [http://inforino2012.mpei.ru/App\\_Text/pdf/Guznenkov1.pdf](http://inforino2012.mpei.ru/App_Text/pdf/Guznenkov1.pdf) (дата обращения: 26.02.2019).

2. Ермилова Н.Ю. Инновационное графическое образование инженера: цели, содержание, технологии [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Политематическая серия. – 2008. – Вып. 2 (7). – URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/7-2\(10.1\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/7-2(10.1).pdf) (дата обращения: 26.02.2019).

3. Иванов Г.С. Предыстория и предпосылки трансформации начертательной геометрии в инженерную // Геометрия и графика. – 2016. – № 2. – С. 29–36.

4. Петухова А.В., Сергеева И.А. Процесс обучения начертательной геометрии в техническом вузе // Актуальные проблемы современного

образования: опыт и инновации: материалы науч.-практ. конф. (заочной) с междунар. участием, 27–28 ноября 2014 г. / отв. ред. А.Ю. Нагорнова. – Ульяновск: SIMJET, 2014. – С. 446–452.

5. Примерные программы дисциплин обязательной части [Электронный ресурс] // Примерные основные образовательные программы по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) / ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ). – URL: [http://asv.mgsu.ru/universityabout/УМО-ASV/fgos-poop/poop/POOP%2008.03.01/В1о\\_08.03.01.docx](http://asv.mgsu.ru/universityabout/УМО-ASV/fgos-poop/poop/POOP%2008.03.01/В1о_08.03.01.docx). (дата обращения: 26.02.2019).

6. Рукавишников В.А. Геометро-графическая подготовка инженера: время реформ // Высшее образование в России. – 2008. – № 5. – С. 132–136.

7. Рукавишников В.А. Геометро-графическая подготовка инженера: роль и место в системе образования // Образование и наука. Известия Уральского отделения РАО. – 2009. – № 5 (62). – С. 32–36.

8. Сальков Н.А. Геометрическое моделирование и начертательная геометрия // Геометрия и графика. – 2016. – № 4. – С. 31–40.

9. Сальков Н.А. Место начертательной геометрии в системе геометрического образования технических вузов // Геометрия и графика. – 2016. – № 3. – С. 53–61.

10. Сапельников А.А. Оценка студентами значимости дисциплины «Инженерная графика» // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – № 6 (июнь). – С. 116–120. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14160.htm>.

11. Усанова Е.В. Формирование базового уровня геометро-графической компетентности в электронном обучении // Геометрия и графика. – 2016. – № 1. – С. 64–72.

12. Юматова Э.Г. Система межинтегративных конструктивно-аналитических задач как метод формирования профессионально ориентированных способностей будущих инженеров // Геометрия и графика. – 2017. – № 2. – С. 75–83.

## ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ В ГЕОМЕТРИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

**Вышнепольский Владимир Игоревич**

Московский технологический университет  
(Институт тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова), Москва

**Сальков Николай Андреевич**

Московский государственный академический художественный  
институт имени В.И. Сурикова, Москва

Рассматривается вопрос о состоянии геометрии в настоящее время. Особое внимание уделено вопросам, связанным с подготовкой специалистов высшей квалификации, и журналу «Геометрия и графика».

**Ключевые слова:** геометрия, начертательная геометрия, журнал «Геометрия и графика», диссертации.

## STATE OF AFFAIRS IN GEOMETRY AT THE PRESENT STAGE

**Vyshnepolsky Vladimir Igorevich**

Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies

**Salkov Nikolay Andreevich**

Moscow State Academemic Art Institute named after V.I. Suricow

The current state of geometry is considered. Special attention is paid to the state of Affairs with highly qualified specialists and the journal “Geometry and graphics”.

**Keywords:** geometry; descriptive geometry; journal of Geometry and graphics; dissertations.

Все меньше становится желающих получить ученую степень кандидата или доктора технических наук. Все меньше становится ученых в стране: одни от нас уходят, другие отправляются на пенсию, а молодежь не желает заступить нам на смену. Речь, конечно же, идет не о физиках-химиках-математиках, речь идет о специалистах, как их называют, высшей квалификации в области инженерной геометрии.

Ну, кто у нас остался? Были: Н.Ф. Четверухин, А.И. Добряков, И.И. Котов, В.С. Левицкий, А.В. Бубенников, М.Я. Громов, С.А. Фролов, Н.Н. Рыжов, В.И. Якунин, А.М. Тевлин, В.С. Полозов, П.В. Филиппов, В.Н. Первикова, В.Я. Волков, Н.С. Кузнецов, А.Г. Климухин, Ю.И. Короев. По образному выражению профессора К.Л. Панчука, из той когорты остался только Г.С. Иванов. Сколько осталось в России

докторов наук по направлению 05.01.01? По пальцам можно пересчитать, не в пример соседней нищей и воюющей Украине! Хоть выписывай докторов наук оттуда!

Не хотят умные головы забивать свой мозг геометрическими изысканиями. И этому есть причина. Если раньше кандидат наук получал зарплату только в два раза меньшую, чем у министра, то теперь любой торгаш «заколачивает» на порядок больше доктора наук. О «бизнесменах» фильмы снимают, слезовыдавливающие телесериалы, всячески прославляют девочек, выходящих на них замуж – какая уж тут наука! Бегом надо – в «бизнесмены»! Только тогда будешь иметь «светскую львицу» (которая окромя шмоток ничем не интересуется и кроме увеличения некоторых частей своего тела ничего и знать не хочет). Мы знаем несколько очень умных людей, которые ушли из науки и исчезли в «бизнесе», поскольку им надо было кормить семью. Не знаю, приобрел ли что от этого бизнес, а вот наука явно потеряла.

Несколько слов о ВАКе, которая вносит свою лепту в нежелание защищать диссертации. ВАК имеет в настоящее время тенденцию «закручивать гайки», сильно закручивать. Вот небольшой список новшества, показавшихся ВАКу необходимыми:

1. Каждый соискатель должен опубликовать в ВАКовском журнале для кандидатской диссертации не менее трех статей в области искусствоведения и культурологии, социально-экономических, общественных и гуманитарных наук и не менее двух статей в остальных областях, в том числе технических. А для докторских – не менее 15 и 10 соответственно. Это ж сколько денег надо вложить!

2. Если ранее в «Положении» доктором мог стать не только кандидат наук, но, в исключительных случаях, и не имеющий ученой степени высококвалифицированный профессионал, то теперь это невозможно. В доктора наук пропускают только кандидатов.

3. Если ранее диссертацию можно было защитить и по совокупности опубликованных работ, оформив только автореферат, то теперь обязательно требуется создать «кирпич».

4. Ужесточены требования для членов диссертационных советов. Например, они в обязательном порядке должны помещать свои статьи в СКОПУСовские издания. В противном случае совет разгоняют.

Ну и другие «мелочи».

Многие, если не все, знают, сколько стоит поместить статью в журнал СКОПУСа. Сколько денег нужно потратить для удовлетво-



ния требований ВАК? Могут ли аспиранты на свою стипендию «пролезть» в авторы? Даже профессора имеют определенные трудности. По недавним сведениям, и студенты-магистранты должны печататься.

И что такое статья в СКОПУСе? По некоторым данным, статьи наших ученых перелицовываются и под иностранными фамилиями публикуются за границей. Есть сведения, что именно публикуясь в СКОПУСе, мы вместо своих журналов финансово поддерживаем иностранные журналы. Причем поддерживаем громадными деньгами, обрекая наши журналы на вымирание!

В очередной раз надо сказать о нашем журнале, входящем в список ВАК, – о журнале «Геометрия и графика» («ГиГ»). В начале прошлого 2018 г. в беседе с Прудниковым Владимиром Михайловичем, главным редактором издательства ИНФРА-М, зам. гл. редактора «ГиГ» Н.А. Сальков был поставлен в известность о следующем. Если в 2018 г. журнал пока и остается в бумажном виде, то в 2019 г., при известном положении дел, когда журнал является убыточным, его придется перевести в электронные журналы с вытекающими отсюда последствиями. Слава Богу – до этого пока не дошло. И в 2019 г. наш «ГиГ» будет выходить в бумажном виде. Однако руководство издательства ИНФРА-М пришло к решению увеличить стоимость годовой подписки. Ненамного. Происходит это в связи с удорожанием различного рода работ, связанных с изданием выпусков. А подписываться необходимо не через посредников, имеющих свой материальный интерес, а исключительно через издательство по адресу: e-mail: [podpiska@infra-m.ru](mailto:podpiska@infra-m.ru). Или звонить: Меркулова Н.Б. тел. (495) 280-15-96, доб. 590. Телефон (495) 280-15-96 (доб. 246) – это отдел «Книга-почтой». При различного рода препятствиях надо жаловаться В.М. Прудникову по адресу [prudnik@infra-m.ru](mailto:prudnik@infra-m.ru) или звонить ему по телефону (495) 280-15-96 (доб. 291). Проблемы по подписке будут устранены.

Мы, редколлегия «ГиГ», стремимся сделать журнал не только ВАКовским, но и СКОПУСовским. А для этого необходимо иметь ссылки на журнал из статей, публикуемых в базе СКОПУС. Поэтому у нас большая просьба собравшимся: **пожалуйста, при опубликовании своих статей в журналах СКОПУСа делайте ссылки на наш журнал «ГиГ», и побольше!**

Оглядываясь назад, видим, что на прошлой конференции авторы предоставили более 100 докладов самых разных направлений. Здесь были и научные доклады, посвященные формированию линий [1] и поверхно-

стей; доклады методической направленности; доклады по компьютерным построениям и о трехмерной печати, результаты которой можно повернуть в руках [2]; доклады по применению инженерной геометрии в различных отраслях промышленности [3]; доклады, связанные с историей техники.

Особенно привлекла наше внимание геометрическая система «Симплекс» [4], автором которой является наш отечественный ученый Денис Вячеславович Волошинов. Он единолично, в отличие от КОМПАС'а и AutoCAD'а, разработал именно геометрическое воплощение различного рода построений, учитывая и несобственные элементы.

А всего участников на прошлой конференции было 170 из 28 городов. География – от Германии до Сибири, от Санкт-Петербурга до Астрахани. Не было только участников с Дальнего Востока. По нашему мнению, ни одна очная конференция не смогла бы целый месяц (!) удерживать так много заинтересованных участников в одном месте и в таком напряжении, в каком были все мы на нашей как бы заочной. А какие горячие диспуты были в течение всего процесса! Целый месяц нашим организаторам с трудом особо горячих «противников» удавалось удерживать от «рукоприкладства». Будем надеяться, что в этом году конференция будет не менее представительной.

В прошлом, 2018, году, ко всеобщему сожалению, мы не встречались. На то были определенные объективные причины. Целый год мы скучали и с нетерпением ждали 2019 года. Были даже слухи, что интернет-конференций больше не будет, что нас всех сильно опечалило. Поэтому мы с небывалым энтузиазмом и радостью встретили весть об открытии очередной нашей интернет-конференции, такой долгожданной и такой необходимой!

Мы желаем нашим организаторам крепкого здоровья, большого терпения (оно очень понадобится!) и большой радости от встречи со всеми нами!

Еще раз: с огромным удовольствием приветствуем всех собравшихся на страницах нашего (действительно – нашего!!!) форума специалистов, особо трепетно относящихся к геометрии!

### Список литературы

1. Короткий В.А. Вещественные конические сечения на комплексной плоскости // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар.

науч.-практ. конф. (Пермь, февраль–март 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Вып. 4. – С. 116–126.

2. Абросимов С.Н., Тихонов-Бугров Д.Е. 3D-печать как составляющая часть учебного процесса по геометро-графическим дисциплинам // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, февраль–март 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Вып. 4. – С. 169–175.

3. Васьков А.И., Гилев Н.А. Поверхности класса «а» в условиях мелкосерийного производства // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, февраль–март 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Вып. 4. – С. 453–457.

4. Волошинов Д.В. Геометрическая лаборатория. Закладываем основы // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, февраль–март 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Вып. 4. – С. 83–99.

## К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАДИГМЫ БАЗОВОЙ ГПП В ПРОЕКТНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОМ ФОРМАТЕ

**Горнов Александр Олегович**

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

**Усанова Елена Владимировна,  
Шацилло Людмила Анатольевна**

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева, Казань

Рассматривается формирование программы базовой ГПП в проектно-деятельностном формате.

**Ключевые слова:** основные образовательные программы, базовая ГПП, структура деятельности.

## TO THE RATIONALE UNDERLYING THE PARADIGM OF GGP IN THE PROJECT ACTIVITY FORMAT

**Gornov Alexander Olegovich**

Moscow Power Engineering Institute (MPEI)

**Usanova Elena Vladimirovna,  
Shatcillo Ludmila Anatoljevna**

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

Formation of the program of basic GGP in the design and activity format is considered.

**Keywords:** basic educational programs, basic GGP, activity structure.

До недавнего времени содержание и методики геометро-графической подготовки (ГПП) в отечественном инженерном образовании обеспечивались общепрофессиональными дисциплинами (ОПД): начертательная геометрия (НГ), инженерная графика (ИГ), компьютерная графика (КГ). При этом дисциплины НГ, ИГ, КГ трактовались как начальная база собственно инженерной подготовки.

Содержание и методика преподавания дисциплин соответствовали знаниево-дисциплинарной парадигме инженерного образования – накопление знаний, умений и навыков, потенциально необходимых для того или иного вида инженерной деятельности и формирования соответствующей профессиональной культуры выпускника. При этом носитель

образовательной парадигмы *Основная образовательная программа* (ООП), фиксирующей логику группировки дисциплин и последовательность их изучения, традиционно типовыми блоками выделял ГСЭ, МЕН, ОПД, СД. Что касается дисциплин ГПП, то содержательно они позиционировались как отражение модели проектно-конструкторской деятельности (ПКД) с последовательной логикой ее этапов и соответствующей технологией подготовки конструкторских документов (КД).

В современных высокоинтеллектуальных технологиях ПКД, элементы которой номинально моделирует ГПП, утвердился принцип сквозной SE/PLM-методологии, опирающейся на 3D-электронную модель изделия (ЭМИ), консолидирующую информацию об изделии на всех этапах его жизненного цикла (ЖЦИ). Влияние комплексной информатизации производства и уже накопленного международного опыта различных инженерных школ по использованию в образовательной деятельности информационных технологий привели в последние десятилетия к консенсусу в направлении неизбежной трансформации парадигмы инженерного образования на основе интеграции образования, науки и инноваций [1]. С изменением методологии современной ПКД в контексте SE/PLM в основе ГПП в разных интерпретациях утвердили проектные и деятельностные подходы, тенденции переноса профессионального словаря, механизмов инженерной деятельности на учебный процесс, предполагая все более прикладную ее позицию. При этом реализация проектно-деятельностной парадигмы инженерного образования пока еще не приняла повсеместно фронтальной формы, подкрепленной логически аргументированными ООП, в рамках которых можно говорить о формировании специфической инженерной ментальности, направленной на критический анализ и преобразование ТО [3, 4]. Традиционные ООП не отличают полноценные дисциплинарные связи: обыкновенно к ним и предполагается составление дополнительных таблиц либо структур, поясняющих связь дисциплин плана или их модулей с моделью выпускника. Структура ООП, соответствующая проектно-деятельностной парадигме, многократно обсуждалась в контексте проблем инженерной педагогики [5–7]. В обобщенном виде она представлена схемой (рис. 1).

Отдельные этапы обобщенной структуры деятельности, лежащие в основе такой ООП, их аббревиатуры на рис. 1 указаны только для начального уровня (для остальных они такие же):

СА – системный анализ ситуации или надсистемы ТО или процесса, связанной с данной потребностью. Может быть различным по фор-

ме, но, так или иначе, является основой для конкретизации желаемой цели и ресурсов деятельности [1];

**Ц** – формулировка цели и показателей эффективности ее реализации, т.е. за счет чего предполагается удовлетворить потребность в желаемых признаках при данных условиях и ограничениях (ресурсах) при проектировании этого ТЗ;

**П, В** – предшествующие прототипы **П** реализации ТО или процесса в соответствии со сформулированной целью или его новые варианты **В**, если прототипы в данной ситуации окажутся не удовлетворительными с точки зрения достижения поставленной цели;

**М** – моделирование прототипов или новых вариантов: создание новых или привлечение готовых моделей для анализа и последующего выбора рабочего варианта;

**АМ** – анализ моделей (имитационное моделирование, оптимизация и т.п.) с целью выбора лучшего варианта для заданных условий;

**В** – выбор работоспособных вариантов для реализации объекта (процесса). Сложная процедура (если удовлетворяют не всем выбранным показателям), в простых ситуациях реализуется на интуитивном уровне;

**Р** – реализация выбранного варианта с последующей оценкой результата по выбранным показателям эффективности ТО.

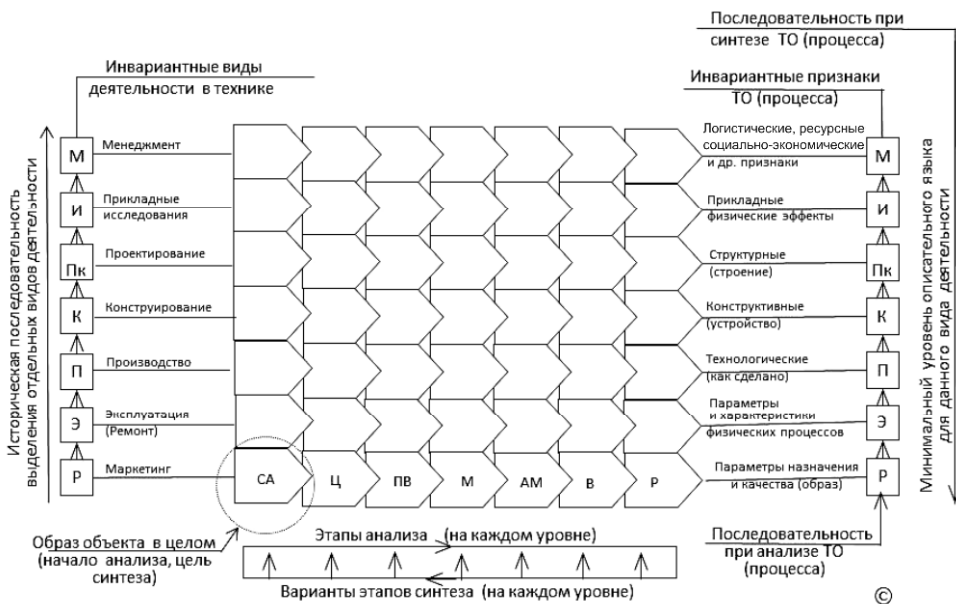


Рис. 1. Структура ООП

Опора ГПП на деятельностную структуру автоматически означает отражение в ней и структуре PLM отдельных этапов ЖЦИ как отдельных видов профессиональной инженерной деятельности. Подлежащая освоению в ГПП обучающая информация и формируемые на ее основе знания, умения и навыки владения ими (ЗУВ) в такой структуре ООП структурируются в соответствии с двумя объективными логическими последовательностями:

1) обобщенной логикой деятельности (последовательностью СА, Ц, ...);

2) исторической логикой развития видов деятельности в технике и постепенным углублением в изучаемый объект или процесс, т.е. усложнением состава признаков, необходимых для описания последующей стадии ЖЦИ (вида инженерной деятельности).

Каждому выделенному этими логиками блоку, образовательному фрагменту ООП, соответствуют определенные по характеру и содержанию, конкретные для данной области деятельности и целевой задачи ЗУВ (конструктивные реализации элементов структуры), реализуемые соответствующей группой дисциплин или их разделов, имеющих приложение на каждом, более сложном по виду деятельности уровне (стадии ЖЦИ). И поскольку любая (и учебная) деятельность проектируется, то реализация деятельностной структуры в ООП естественным образом ориентирует на формирование проектно-деятельностной инженерной ментальности.

Последовательность «слева направо» этапов, направленных на достижение цели, сформулированной в результате системного анализа ситуации, соответствует аналитической стадии деятельности и завершается реализацией выбранного по принятым критериям оценки эффективности (качества, экономичности) варианта действий. Без последующей коррекции это структура репродуктивной деятельности. Корректирующие обратные циклы – с той или иной корректировкой и затем снова «справа – налево» – определяют продуктивную (синтетическую) преобразующую практику в рамках данной целевой учебной деятельности (процесса), включая генерацию новых вариантов на базе первичных прототипов или инноваций. Если результат удовлетворителен, то данный деятельностный фрагмент завершается, его условия и результат пополняют личностный или коллективный компетентностный опыт обучающихся. При неудовлетворительном итоге и сохранении потребности содержание тех или иных этапов корректируется до достижения желае-

мого, сформулированного на этапе «Ц» результата. В таких вариантах может быть востребован даже новый вариант реализации – углубление системного анализа или переформулировка цели, корректировка моделей (это показывают «обратные связи» на этапах синтеза рис. 1). В конечном итоге, для последующего анализа формируется новый вариант ТО путем изменения отдельных или всех описательных признаков (они указаны справа на рис. 1). Это в полной мере характерно для проектно-конструкторских уровней ГПП, следующих после базовой, которые осуществляются смежными и базирующимися на ней модулями проектной конструкторско-технологической подготовки в CAD/CAE/CAM-среде.

Для реализации парадигмы инженерного образования на основе обобщенной структуры деятельности (см. рис. 1) необходимо выстраивать однородную структуру ООП и составляющих ее дисциплин, включая ГПП, используя в качестве генерирующего ядра ту же деятельностьную структуру [6]. Естественную «нишу» базовой ГПП определяют задачи моделирования и анализа геометрических моделей как подготовки в области анализа и синтеза геометрии собственно ТО, а также технологии их графического отображения и визуализации. Каждая фрагментарная учебная задача в ней тоже должна иметь признаки деятельностиной структуры, создавая условия для повышения эффективности обучения. (Более развернуто см. в работе [5].) Для методических связей базовой ГПП с последующими уровнями подготовки на стадиях синтеза характерны коррекции на базе более высоких описательных признаков. Это создает предпосылки внутри- и междисциплинарных связей во всей инженерной подготовке.

Рассмотрим примерный вариант базовой ГПП (таблица), следуя структуре рис. 1 как носителя проектно-деятельностной парадигмы. Предполагаемые технологии описания и визуализации геометрии ТО на этапах обозначены в таблице: вербально (**В**), свободным рисунком (**СР**), рисунком на основе закономерностей косоугольной или ортогональной изометрии (**ИР**), фотографией (**Ф**), системой 2D проекционных изображений (**2ДИ**), электронной моделью (**ЭМ**), ЭМД или ЭМСЕ, физическим ТО или его скульптурной моделью (**ФТО**). Преимущественная технология или форма для каждого этапа в таблице выделена жирным шрифтом. Вариант такой поддерживающей проектно-деятельностный характер ПКД «конструктивно-технологической» реализации проиллюстрирован примерами задания «Клапан предохранительный» (№ 82, альбом С.К. Боголюбова) (рис. 2).



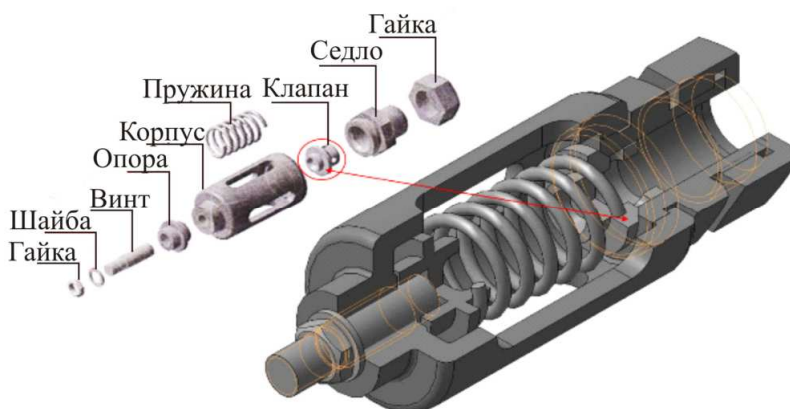


Рис. 2. Клапан предохранительный

### Вариант базовой ГПП

ЭТАПЫ АНАЛИЗА		ЭТАПЫ СИНТЕЗА	
В режиме фронтальной групповой или самостоятельной учебной деятельности с использованием ЭОР, размещенных на портале вуза (LMS)		Индивидуальная или командная работа обучающихся по корректировке аналитических этапов с использованием дополнительных источников информации: баз данных, САД-библиотек и других электронных средств поддержки	
1		2	
<b>СА</b>	<p>Обзор объектов данного вида техники с анализом существующих технических решений. Объемные, поверхностные, линейные элементы их композиции. Классификации ТО.</p> <p>Анализ существующих технических решений, определение рациональных способов формообразования ЭМ деталей: объемные, поверхностные, линейные элементы.</p> <p><b>В, Ф, СР, ЭМ, ФТО</b> – привлекаемые средства описания и визуализации с приоритетами</p>	<p>Монолитный ТО (деталь)</p> <p>Сравнительный анализ геометрии рабочих органов ТО с аналогичными функциями</p> <p><b>СР, Ф</b></p>	<p>Сборочная единица (СЕ)</p> <p>Ретроспективный анализ геометрических признаков ТО данного назначения.</p> <p>Декомпозиция ТО (рис. 2).</p> <p>Систематизированный анализ геометрических признаков и рациональных приемов создания ЭМСЕ данного вида техники.</p> <p>Выбор критериев эффективности разработки ТО.</p> <p>Анализ функций и сопряжений поверхностей деталей для использования в процессе создания модели ЭМСЕ.</p> <p><b>СР, ФТО</b></p>
<b>Ц</b>	<p>Формулировка цели учебной задачи. Основные геометрические характеристики составляющих ТО объектов и связи между ними. Геометрические показатели эффективности проектирования для использования изделия в заданных условиях и ограничениях</p> <p><b>ЭМИ</b></p>	<p>Декомпозиция ТО на базовые составные элементы формы.</p> <p>Отражение геометрических, функциональных и размерных признаков элементов ТО данной СЕ.</p> <p><b>В, Ф, СР</b></p>	<p>Описание структуры СЕ.</p> <p>Создание структурной и функциональной схем СЕ</p>

Окончание таблицы

	1		2
<b>ПР, (В)</b>	Инвариантные описательные признаки ТО (физ. эффекты, структуры, конструкции и технологии, параметры) их состав и отображения. Обзор <i>Положение в пространстве</i> . Типовые конструктивные функции деталей и их элементов. Виды соединений. Функциональный словарь	Рабочие функции деталей СЕ. Сравнительное геометрическое и функционально-геометрическое описание деталей (рис. 3, 4) В, СР, ИР, Ф, 2ДИ, ЭМ ФТО,	Анализ и типизация геометрических сопряжений деталей в СЕ. В, СР, ИР, Ф, 2ДИ, ЭМ
<b>М</b>	Геометрические модели и геометрическое моделирование формы ТО. Виды моделей геометрии ТО: плоские, поверхностные, каркасные, структурные, символические. Канонические геометрические тела, поверхности и линии. Их описание и графическая интерпретация. Геометрические условия взаимного положения и их контроль. Точность геометрических построений, аппроксимация кривых. Методы и технологии отображения геометрических моделей: мысленные, вербальные, графический рисунок, ЭМИ, проекционные изображения, скульптурные. Сравнительные характеристики В, СР, ИР, Ф, ЭМ, 2ДИ, ФТО	Моделирование и описание формы деталей: вербальное, аксонометрия, ЭМД, эскизы. Развертки В, СР, ИР, Ф, ЭМ, 2ДИ, ФТО	Составление ЭМСЕ с учетом структурной и функциональной схем. В, СР, ИР, Ф, 2ДИ, ЭМ, ФТО
<b>АМ</b>	Анализ влияния геометрических параметров на геометрические и элементарные не геометрические показатели эффективности ТО. Зрительное восприятие формы детали: тектоника, целостность, композиция, масса и масштабность формы ЭМ, В, СР, ИР, Ф, 2ДИ, ФТО	Анализ геометрических альтернатив элементов детали. Условия, требующие указания предельных отклонений геометрических характеристик детали В, СР, ИР, Ф, ЭМ, 2ДИ, ФТО	Синтез СЕ на основе допустимой замены или изменения формы конструктивных элементов В, ЭМ, 2ДИ
<b>В</b>	Элементарные критерии сравнения по принятым показателям эффективности разрабатываемого ТО В, ИР, Ф, 2ДИ, ЭМ,	Описание сравнительной геометрической специфики деталей В, ИР, Ф, ЭМ, 2ДИ, ФТ	Выбор варианта ТО, формирование КД для ЭМСЕ в электронном варианте
<b>Р</b>	Обобщающий обзор для рекомендаций к реализации	Формирование комплекта изобразительной, текстовой части КД, инструкции или проспекта ТО (Д)	Формирование комплекта изобразительной и текстовой части КД, инструкции или проспекта ТО (СЕ)

Как видно, в содержании этапов синтеза (см. таблицу), направленных на всесторонний и педантичный анализ геометрии ТО, в качестве альтернативных средств отображения характеристик этой геометрии предпочтение отдается электронным моделям (ЭМ). Вместе с тем



предполагает, в соответствии с рис. 1, расширения состава их описательных признаков, более высокого их уровня (движения вверх по схеме рис. 1). Поскольку программные и аппаратные средства прикладных графических технологий и систем специфичны для конкретных направлений профессиональной подготовки, формирование геометро-графической компетентности проектно-конструкторского уровня для них логично осуществлять параллельно в соответствии с освоением профильных ЗУВ по направлениям. Это предполагает обеспечение межкафедральной интеграции, например, путем создания объединяющих кафедры научно-образовательных групп или научно-образовательных центров, совместных лабораторий, обеспечивающих подготовку к проектно-конструкторской деятельности, практическую и научно-исследовательскую работу. Такая практика существует в ведущих университетах США и Европы – ГПП проходит сквозь все обучение [2].

Понятно, что «одномоментный» переход от традиционного содержания и методов ГПП к проектно-деятельностной парадигме невозможен. Все это требует большой методической подготовки не только обучающего материала, но и преподавателей. Возникает необходимость изменения стиля методической поддержки. Методические указания в формате ЭОР должны быть лаконичными, ориентировать на самостоятельный или под руководством преподавателя поиск дополнительной информации.

Назревшая необходимость формирования современного облика ГПП, а также обновление его связей с последующими уровнями подготовки предполагает как наличие системообразующей парадигмы, так и консолидацию творческих усилий научно-образовательного сообщества в поиске объективных аргументов для конкретизации составляющих «суммарного вектора» модернизации и активизации этого неизбежного процесса. В этом контексте примечателен опыт Массачусетского технологического института – публикации в открытом доступе и обсуждение с целью коррекции материалов своей образовательной программы (OpenCourseWare). Организация такой электронной библиотеки для ЭОР в ГПП (например, на базе Перми) только обогатит самообразовательное сообщество и повысит уровень мотивации к самостоятельному приобретению ЗУВ в области ГПП у самих студентов.

## Список литературы

1. Жураковский В.М. Современные тенденции развития инженерного образования на основе интеграции образования, науки и инноваций // Модернизация инженерного образования: российские традиции и современные инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конференции. – Якутск: Изд. дом СВФУ, 2017.

2. Официальный сайт Всемирной инициативы CDIO в России. – URL: <http://cdiorussia.ru>.

3. Вербицкий А.А. Концепция подготовки инженера в техническом вузе // Новые стандарты и технологии инженерного образования: возможности вузов и потребности нефтехимической отрасли. СИНЕРГИЯ 2017: сб. докл. Междунар. сетевой конф. – Казань: КНИТУ-КХТИ, 2017. – С. 65–69.

4. Галимов И.Р., Сафина Л.А., Медведев В.Р. Основные направления развития и повышения качества инженерного образования в России // Новые стандарты и технологии инженерного образования: возможности вузов и потребности нефтехимической отрасли. СИНЕРГИЯ 2017: сб. докл. Междунар. сетевой конф. – Казань: КНИТУ-КХТИ, 2017. – С. 77–79.

5. Горнов А.О., Шацилло Л.А., Усанова Е.В. Формирование образовательных программ в контексте концепции естественной структуры (NL) инженерной подготовки // Электронная Казань-2014: материалы шестой Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. 1. – Казань: ЮНИВЕРСУМ, 2014. – С. 176–184.

6. Горнов А.О., Кондратьев В.В., Шацилло Л.А. Инвариантная структура основной образовательной программы инженерной подготовки на основе логики деятельности // Новые стандарты и технологии инженерного образования: возможности вузов и потребности нефтехимической отрасли. СИНЕРГИЯ 2017: сб. докл. Междунар. сетевой конф. – Казань: КНИТУ-КХТИ, 2017. – С. 98–103.

7. Усанова Е.В. Базовая геометро-графическая подготовка в техническом вузе в контексте методологии параллельного инжиниринга // Инженерное образование. – 2017. – № 21. – С. 96–103.

## **РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ПНИПУ**

**Носов Константин Григорьевич,  
Столбова Ирина Дмитриевна,  
Шахова Алевтина Бруновна**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь

Обсуждаются вопросы текущего состояния дел в рамках ГПП в ПНИПУ, а также месте ГПП в новых учебных планах, вводимых с 1.09.19, в соответствии с ФГОСЗ++ и самостоятельно устанавливаемыми стандартами университета.

**Ключевые слова:** геометро-графическая подготовка, ФГОСЗ ВПО, самостоятельно устанавливаемые стандарты.

## **RALITIES AND PROSPECTS OF GEOMETRO-GRAPHIC TRAINING IN PNRPU**

**Nosov Konstantin Grigor'evich,  
Stolbova Irina Dmitrievna,  
Shkakhova Alevtina Brunovna**

Perm National Research Polytechnic University

The report discusses the current state of affairs within the framework of geometric-graphic training in PNRPU, as well as the place of geometric-graphic training in new curricula introduced from 1.09.19, in accordance with GEF3 ++ and independently established university standards.

**Keywords:** geometrical-graphic training, federal educational standards of higher education, self-established standards.

С момента перехода на ФГОС ВПО (2013 г.) геометро-графическая подготовка (ГПП) в ПНИПУ осуществляется для большинства направлений и специальностей и представлена в учебных планах интегрированной дисциплиной «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» [1, 2]. В рамках ФГОС ВПО была проведена унификация требований различных направлений подготовки и разработаны три уровневые унифицированные программы освоения дисциплины, предусматривающие соответствующие сроки обучения, объемы трудоемкости и видов учебной деятельности, которые представлены в табл. 1 [3, 4].

## Уровневые программы ГПП в ПНИПУ

Уровень подготовки	Трудоёмкость, з.е./кол-во сем.	Кол-во направлений и специальностей	Виды учебной деятельности, ч				Итоговая аттестация по дисциплине
			Лекции	Практ. занятия	Лабор. практикум	СРС	
1	3 з.е./ 1 сем.	11	18	28	8	54	зачет
2	4 з.е./ 2 сем.	7	18	38	16	72	зачет, зачет
3	6 з.е./ 2 сем.	13	18	56	16	90	экзамен, зачет

За этот период ежегодно кафедра участвовала в реализации примерно 100 профессиональных образовательных программ технической направленности и осуществляла обучение около 2000 студентов очного и заочного отделений. Можно отметить следующие особенности реализации базовой геометро-графической подготовки студентов в ПНИПУ:

- ◆ Унификация уровневых программ ГПП в ПНИПУ в рамках ФГОС ВПО (2013 г.) – дисциплина «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» с трудоёмкостью 3, 4 и 6 з.е. [4].

- ◆ Учет требований работодателей (НПО «Искра», «Авиадвигатель» и др.) к качеству базовой ГПП и владению современными информационными технологиями проектирования.

- ◆ Реализация интегративной модели ГПП [2].

- ◆ Введение входного контроля для студентов.

- ◆ Организация практико-направленной и проектно-ориентированной учебной деятельности студентов на основе внедрения метода проектов [5, 6].

- ◆ Обязательный лабораторный практикум для эффективного получения навыков автоматизации проектно-конструкторских работ и технологий 3D-моделирования.

- ◆ Использование в учебном процессе элементов АОС (лекционный курс, электронный практикум, электронный справочник, автоматизированный контроль знаний) [7, 8].

Интегративная модель ГПП, обеспечивающая формирование предметных компетенций как целостных новообразований, затрагивающих когнитивную, деятельностьную и личностную сферы, представлена на рис. 1.

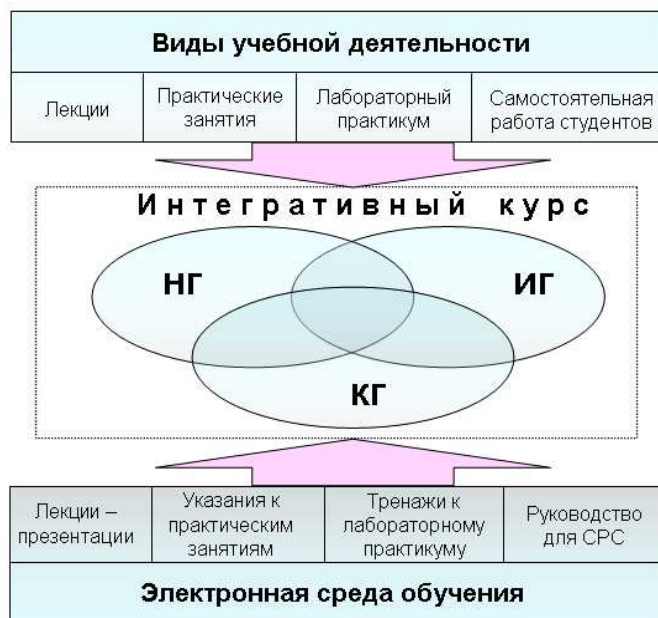


Рис. 1. Интегративная модель ГТП

При разработке интегрированного курса графической подготовки, компенсирующего при переходе на бакалавриат снижение как общего количества часов предметного обучения, так и часов, отведенных на теоретическую подготовку, особое внимание было уделено освоению практических приемов использования компьютерной графики. В программу обучения введен лабораторный практикум, где не только рассматриваются вопросы автоматизированного выпуска конструкторской документации (синтез инженерной и компьютерной графики), но и решаются практико-ориентированные задачи геометрического моделирования, сочетающие теоретические основы начертательной геометрии и современного инструментария САПР. Практикум по геометрическому моделированию содержит задачи – современные аналоги метрических и позиционных задач – различного уровня сложности, развивающие пространственное воображение обучаемых, демонстрирующие необходимость освоения основ начертательной геометрии и одновременно позволяющие совершенствовать навыки использования инструментария 3D-моделирования [9, 10].

Сегодня успех формирования геометро-графических компетенций студентов непосредственно зависит от уровня внедрения в процесс обучения САД-систем, сближающих графическое образование с реальной



проектно-конструкторской деятельностью, а также широкого использования в учебном процессе средств и возможностей новых информационных технологий. Рациональное использование учебного времени, проводимого студентами в компьютерном классе во время лабораторных занятий, обеспечивается методическими указаниями в виде раздаточного материала, который управляет поэтапными действиями студентов до достижения ими запланированного результата. Такая методика позволяет студентам в кратчайшие сроки получить навыки продуктивной работы в осваиваемой среде графического редактора.

Насущная задача ГПП в вузе сегодня – выявление первоначальных навыков развития геометро-графического мышления первокурсников. С этой целью введен входной контроль знаний студентов, который проводится в автоматизированном виде. На рис. 2 представлены примеры тестовых заданий входного контроля.

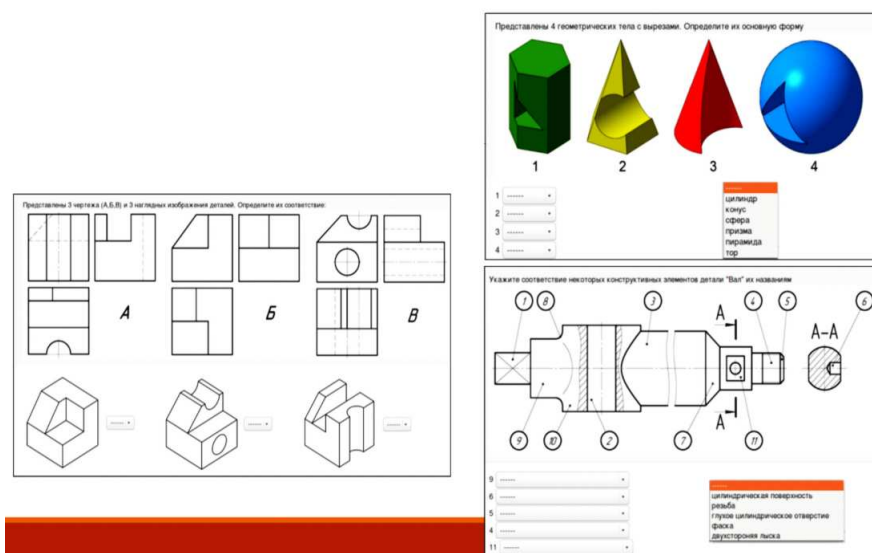


Рис. 2. Примеры тестовых заданий

Входной контроль содержит тестовые задания по следующим разделам: общие знания геометрии, геометрическое моделирование, знания основ черчения и общая эрудиция. Баллы подсчитываются как по каждому из разделов, так и в целом за прохождение всего теста. На рис. 3 и 4 приводится анализ данных входного контроля на факультете и в отдельной студенческой группе.



автоматически. Автоматизация при анализе данных успеваемости студентов позволяет вырабатывать корректирующие воздействия на сложившуюся ситуацию в рамках предметной подготовки в целом, в отдельных студенческих группах и успеваемости конкретного студента [11].

На кафедре ДГНГ ПНИПУ разработка контролирующего компонента образовательного процесса направлена на обеспечение качества знаниевых и умениевых компонентов результатов ГПП. Кафедра имеет многолетний опыт использования системы автоматизированного контроля качества графической подготовки (САК КГП) студентов ПНИПУ, постоянно совершенствует разработанную систему и использует современные возможности мониторинга качества в образовательном процессе кафедры ДГНГ [12].

По каждому из осваиваемых учебных модулей подготовлены тематические тесты для самоконтроля обучаемых и контрольные тесты, оценивающие уровень подготовки по окончании учебного модуля. Тезаурус модульных областей охватывает ключевые понятия (дидактические единицы) в соответствии с программой обучения. Модульное тестирование в режиме самоподготовки проводится студентами самостоятельно через Интернет по всем темам учебного модуля. В табл. 2 приведена совокупность разработанных модульных тестов, предназначенных для самоподготовки и доступных с любого компьютера и в любое удобное время, и комплексных тестов для аудиторного контрольного тестирования, доступных только на учебных занятиях.

Таблица 2

### Организация модульного контроля

Номер модуля	Названия тестов	
	Аудиторное контрольное тестирование	Самоконтроль по темам через Интернет
1	Контрольное тестирование по модулю "Точка, прямая, плоскость" (простейшие ГО и их взаимодействие между собой)	1.1. Тема: "Точка в системе плоскостей проекций" 1.2. Тема: "Прямая в системе плоскостей проекций" 1.3. Тема: "Плоскость в системе плоскостей проекций" 1.4. Тема: "Преобразование чертежа" 1.5. Тема: "Взаимное положение ГО"
2	Контрольное тестирование по модулю "Поверхности" (образование поверхностей, их взаимодействие с плоскостями и с другими поверхностями)	2.1. Тема: "Определение поверхности" 2.2. Тема: "Общие сведения о поверхностях" 2.3. Тема: "Принадлежность ГО поверхности" 2.4. Тема: "Сечение поверхности плоскостью" 2.5. Тема: "Пересечение поверхностей"
3	Контрольное тестирование по модулю "Изображения" (ГОСТ 2.305-2008)	3.1. Тема: "Изображения – термины" 3.2. Тема: "Изображения - общие положения" 3.3. Тема: "Типы изображений" 3.4. Тема: "Изображения - компоновка по модели" 3.5. Тема: "Выполнение изображений на чертеже"

Преподаватель контролирует самостоятельную работу студентов через Интернет, и при успешном прохождении всех тестов (где вопросы из базы тестовых заданий выпадают случайным образом и которые можно проходить многократно) осуществляет допуск к комплексному контрольному тестированию по окончании учебного модуля, которое проводится по расписанию аудиторных занятий в компьютерном классе кафедры. На рис. 5 приведены данные о наилучших результатах самоконтроля студентов, выполненных студентами самостоятельно, по всем темам первого учебного модуля.

Самоподготовка. Модуль 1.							
Группа: СТ2-17-16							
Фамилия	Имя	Отчество	Тема 1.1: "Точка в системе плоскостей проекций" (3,0)	Тема 1.2: "Прямая в системе плоскостей проекций" (4,0)	Тема 1.3: "Плоскость в системе плоскостей проекций" (3,0)	Тема 1.4: "Преобразование чертежа" (4,0)	Тема 1.5: "Взаимное положение ГО" (3,0)
	Ольга	Юрьевна	2,83	3,47	3,00	3,67	2,00
	Михаил	Анатольевич	2,83	4,00	2,86	4,00	3,00
	Кристина	Николаевна	2,50	3,20	3,00	4,00	3,00
	Виктория	Борисовна	3,00	3,43	2,00	2,60	2,67
	Валерия	Александровна	2,75	4,00	2,57	3,50	3,00
	Светлана	Олеговна	1,50	1,70			
	Александр	Игоревич	1,71	2,73	1,83	3,67	1,50
	Диана	Александровна	2,50	3,43	2,67	2,83	2,80

Рис. 5. Ведомость самоподготовки по 1-му модулю в студенческой группе

На рис. 6 приведена ведомость контрольного тестирования той же студенческой группы, в которой приводятся как набранные баллы за задания по каждой из тем данного модуля, так и общая оценка за тест в целом.

Уже неоднократно было отмечено ранее, для геометро-графического обучения студентов актуальными являются вопросы внедрения метода проектов [5, 6]. Во-первых, сам профиль такой подготовки предполагает практико-направленную профессиональную деятельность. Во-вторых, использование этого метода позволяет приблизить образовательные технологии к профессиональной деятельности проектировщика, которая в последнее время претерпела значительные инновационные изменения. Реализация проектной технологии была представлена нами на прошлых конференциях [13].



циплин, обязательных к изучению для всех направлений в области техники и технологии. Планируемая трудоемкость освоения обновляемых уровней программ ГПП представлена в табл. 4.

Таблица 3

Базовые унифицированные дисциплины в ПНИПУ (УП-2019)

№ п/п	Наименование дисциплины	Шифр компетенций по ФГОС 3 ++	Трудоемкости дисциплин в УП, з.е.	Продолжительность дисциплины
Базовые дисциплины, обязательные для всех направлений и специальностей				
1	История	УК 5	4	1 семестр
2	Философия	УК 1, УК-5	4	1 семестр
3	Экономика	УК-1, УК-2	4	1 семестр
4	Социология	УК-3, УК-6	4	1 семестр
5	Иностранный язык	УК-4	6	2 семестра
6	Безопасность жизнедеятельности	УК-2, УК-8	3	1 семестр
7	Экология	ОПК	3	1 семестр
8	Физическая культура	УК-7	2	1 семестр
Базовые дисциплины, обязательные для всех направлений и специальностей (за исключением гуманитарных)				
1	Математика, уровень 1, 2 и 3	ОПК	12/16/21	3 семестра
2	Физика, уровень 1, 2 и 3	ОПК	9/11/14	3 семестра
3	Информатика, уровень 1 и 2	ОПК	5/7	1 и 2 семестра
4	Инженерная геометрия и компьютерная графика, уровень 1, 2 и 3	ОПК	4/6/8	1, 2 и 3 семестра

Таблица 4

Уровневые программы ГПП в ПНИПУ (УП-2019)

Уровень подготовки	Трудоемкость, з.е./ч/ кол-во сем.	Виды учебной деятельности, ч				Итоговая аттестация по дисциплине
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. практикум	СРС	
1	4 з.е./144 ч./1 сем.	18	38	16	72	диф. зачет
2	6 з.е./216 ч./2 сем.	18	66	24	108	диф. зачет, зачет
3	8 з.е./288 ч./3 сем.	18	80	32	158	диф. зачет, зачет, курс. проект

Ранее включение графической подготовки в учебный план образовательной программы было прерогативой выпускающей кафедры, теперь для всех технических направлений она стала обязательной. При

разработке учебного плана профессиональной образовательной программы определенного направления выбор уровня освоения дисциплины остается за выпускающей кафедрой. В связи с таким решением графическая подготовка дополнительно должна присутствовать и в образовательных программах по направлениям подготовки «Информационные системы и технологии», «Прикладная информатика в экономике», «Программная инженерия», в действующих учебных планах которых она пока отсутствует.

В настоящее время процесс разработки учебных планов на 2019 году завершается, сложности состоят в увеличении доли самостоятельной работы студентов (в отношении 40 на 60). Следующий этап – утверждение в УМУ рабочих программ унифицированных дисциплин.

Срок введения новых учебных планов в ПНИПУ 1.09.2019.

### Список литературы

1. Гилязова С.Р., Старшинова Т.А. Интегративный подход в преподавании графических дисциплин // Высшее образование в России. – 2013. – № 1. – С. 99–104.

2. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Крайнова М.Н. Позиции интегративности при технологизации предметной подготовки // Геометрия и графика. – 2014. – Т. 2, № 2. – С. 21–26.

3. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Крайнова М.Н. Об унификации компетентностно-ориентированного предметного обучения в условиях ФГОС ВПО // Инновации в образовании. – 2012. – № 12. – С. 85–98.

4. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Крайнова М.Н. Унификация рабочих программ графической подготовки студентов // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – Пермь, 2014. – Т. 1. – С. 120–127.

5. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Метод проектов в организации графической подготовки // Высшее образование в России. – 2015. – № 8–9. – С. 22–31.

6. Дульзон А.А. Опыт проблемно-ориентированного и проектно-организованного обучения // Высшее образование в России. – 2010. – № 10. – С. 42–48.

7. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Функционал информационных технологий в геометро-графической подготовке инженера // Открытое образование. – 2017. – № 1. – С. 59–67.

8. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Организация графической подготовки студентов на основе информационно-коммуникационных технологий [Электронный ресурс] // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2017. – Т. 1. – С. 37–54. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/1>.

9. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Геометрическое моделирование как инструмент повышения качества графической подготовки студентов // Открытое образование. – 2014. – № 5 (106). – С. 20–27.

10. Интенсификация графической подготовки студентов на основе геометрического моделирования [Электронный ресурс] / Е.П. Александрова, Л.В. Кочурова, К.Г. Носов, И.Д. Столбова // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2015. – Т. 1. – С. 213–223. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2015/papers/41>.

11. Звонников В.И., Челышкова М.Б. Оценка качества результатов обучения при аттестации (компетентностный подход): учеб. пособие. – М.: Логос, 2012. – 280 с.

12. Мониторинг качества графической подготовки на основе системы автоматизированного контроля [Электронный ресурс] / Л.В. Кочурова, Л.А. Кузнецова, О.В. Столбов, И.Д. Столбова // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2017. – Т. 1. – С. 304–320. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/79>.

13. Модель проектного обучения при выполнении практикума по графическим дисциплинам [Электронный ресурс] / Е.П. Александрова, Л.В. Кочурова, К.Г. Носов, И.Д. Столбова // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – Пермь, 2017. – Т. 1. – С. 176–182. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/5>.



# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НОВОГО УЧЕБНОГО КУРСА «ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

**Чемпинский Леонид Андреевич,  
Ермаков Александр Иванович**

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева, Самара

В соответствии с требованиями обновленных стандартов ЕСКД рассмотрены требования производства к геометро-модельной подготовке специалиста. Определены уровни компетенций в начале и по окончании освоения курса, являющегося базовым для осуществления «сквозной» подготовки. Обсуждены компетенции ФГОС ВО 3+, которые необходимо сформировать в результате освоения курса. Представлено содержание рабочей программы.

**Ключевые слова:** новый учебный курс, геометрическое моделирование, компетенции, рабочая программа.

## PARTICULAR FEATURES OF MAKING THE CONTENT OF NEW EDUCATIONAL COURSE “BASICS OF GEOMETRIC MODELING IN MECHANICAL ENGINEERING”

**Chempinskiy Leonid Andreevich,  
Yermakov Aleksandr Ivanovich**

Samara State Aerospace University

In accordance with the requirements of updated standards ESKD, the production requirements of training the specialist of geometric-modelling were considered. The levels of competence at the beginning and the end of course development, which is the basis for «through» training implementation, are determined. The competences of FGOS VO 3+, which must be presented upon course completion were discussed. Content of training work is presented.

**Keywords:** a new learning course, geometric modeling, competence, working program.

Необходимость нового подхода к преподаванию дисциплин графо-геометрического цикла (точнее, геометро-модельного цикла) в первую очередь для подготовки технических специалистов продиктована современным состоянием проектно-конструкторской и технологической деятельности работников промышленных предприятий, когда, в связи с очевидными преимуществами использования автоматизированных средств поддержки проектирования, производства, сборки, контроля и эксплуатации изделия, функционирование специалистов, занятых раз-

работкой и сопровождением, в частности, технической документации на различных этапах жизненного цикла изделия необходимо осуществлять в соответствии с требованиями обновленных стандартов [1–10] в среде единого информационного пространства.

Процесс формирования содержания и компетенций в области геометро-модельной подготовки (ГМП) современного технического специалиста в Институте двигателей и энергетических установок (ИДЭУ) Самарского университета рассмотрим в контексте реинжиниринга: фундаментального переосмысления существующего учебного процесса и радикального его перепроектирования с целью достижения нового уровня качества, снижения себестоимости и времени подготовки.

Для формирования содержания необходимо учитывать уровень подготовки обучаемого. Если в «докомпьютерную эру» средняя (а еще раньше даже семилетняя) школа обеспечивала уровень подготовки школьников, позволявший им после ее окончания занять место (должность) чертежника, копировщика, слесаря, токаря и пр. за счет изучения обязательных в то время черчения и дисциплин трудового обучения (столярного, слесарного, токарного дела), освоение содержательной части которых предполагало в первую очередь знание черчения и включало приобретение знаний о конструкции и правилах работы с инструментами (в частности, карандашом, рейсфедером, чертежным пером и пр.), а также навыков их использования на практике, так необходимых в условиях традиционного подхода, то современный стандарт обучения в школе изучение вышеперечисленных дисциплин не предполагает [11].

Таким образом, «на входе» в предметную область геометрического моделирования имеем уровень знаний и навыков практически близкий к нулевому, в то время как «на выходе» необходимо обеспечить «повышенный» (по отношению к традиционному) уровень, для изучения дисциплин общетехнического цикла и специальных дисциплин выпускающих кафедр, содержание учебного материала которых также предполагает решение задач предметных областей современными способами [12]. Поэтому курс основ геометрического моделирования в машиностроении предназначен выполнить функцию базового по отношению к курсам последующих технических (и не только) дисциплин и быть основой реализации «сквозной» подготовки специалистов.

В то же время «повышенный» уровень требований к геометро-модельной подготовке, например, с точки зрения технолога современного авиадвигательного производства, предполагает обеспечить:

◆ создание геометрических моделей объекта производства в виде сборок, его деталей, технологического оборудования и его схем, средств технологического оснащения, формообразующего, обрабатывающего и мерительного инструмента на основе 3D-моделирования, в том числе параметрического, для стандартных и типовых изделий;

◆ автоматизированный выпуск комплектов конструкторской и технологической документации (2D) по 3D-моделям различных изделий на основе технологии баз данных в среде автоматизированного рабочего места (АРМ) технолога.

Профессиональные компетенции выпускника в области графо-геометрической подготовки, установленные ФГОС ВО 3+, например, для специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» [13]:

◆ способность использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности (ОПК-3);

◆ способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью (ОПК-5);

◆ способность выполнять работы по моделированию продукции и объектов машиностроительных производств с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, применять алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем машиностроительных производств (ПК-11).

Иными словами, профессиональные компетенции, в частности, технолога при решении задач профессиональной деятельности, в первую очередь при разработке технической документации, моделировании объектов машиностроительных производств, предполагают использовать в *качестве инструмента* информационные технологии и программные средства – стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования.

Как «сгенерировать» эти способности, какие методики при этом использовать – речи не идет. В то же время и ограничений на способы достижения компетенций, при реализации каких именно дисциплин ФГОС ВО 3+ не накладывает, указывая лишь на необходимость учета примерной основной образовательной программы (ПООП).

Необходимость приобретения знаний, умений и овладения навыками по 3D и 2D геометрическому моделированию (что читается «между строк») стандарт прописывает в общем виде, а о параметрическом моделировании не упоминает совсем.

При формировании содержания и способов достижения заявленных компетенций студентами в новом курсе учтены требования к структуре основных образовательных программ бакалавриата, в частности, к предметам графо-геометрического цикла, которые еще недавно должны были обеспечить «традиционный» уровень, соответствующий тому времени. В соответствии с ФГОС ВО по направлению 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», утвержденным 24.12.2009 г. [14] (и отмененным новым стандартом [13]) в процессе освоения начертательной геометрии и инженерной графики (входящих в базовую часть профессионального цикла перечня дисциплин для разработки примерных программ, а также учебников и учебных пособий) применительно к геометро-графической подготовке бакалавр должен **знать:**

- ◆ методы построения обратимых чертежей пространственных объектов; изображения на чертежах линий и поверхностей; способы преобразования чертежа;

- ◆ способы решения на чертежах основных метрических и позиционных задач;

- ◆ методы построения разверток с нанесением элементов конструкции на развертке и свертке;

- ◆ методы построения эскизов, чертежей и технических рисунков стандартных деталей, разъемных и неразъемных соединений;

- ◆ построение и чтение чертежей общего вида различного уровня сложности и назначения;

- ◆ правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД;

- ◆ тенденции развития компьютерной графики, ее роль и значение в инженерных системах и прикладных программах;

- ◆ методы и средства геометрического моделирования технических объектов;

- ◆ методы и средства автоматизации выполнения и оформления проектно-конструкторской документации,

**уметь:**

- ◆ снимать эскизы, выполнять и читать чертежи и другую конструкторскую документацию;

- ◆ проводить обоснованный выбор и комплектование средств компьютерной графики;

- ◆ использовать для решения типовых задач методы и средства геометрического моделирования;

- ◆ пользоваться инструментальными программными средствами интерактивных графических систем, актуальных для современного производства,

**Владеть:**

- ◆ навыками работы на компьютерной технике с графическими пакетами для получения конструкторских, технологических и других документов;

- ◆ навыками оформления проектной и конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД, чего, кстати, в полной мере, как показала практика, в отведенные часы учебных занятий в условиях отсутствия довузовской подготовки на приемлемом уровне достичь невозможно.

Для реализации новых подходов к формированию нужных производству компетенций необходимо, по нашему мнению, последовательность изучения содержания дисциплин, обеспечивающих геометрическую подготовку, поставить «с головы на ноги»: не заканчивать компьютерной графикой, а начинать с нее (точнее, начинать все же с геометрического моделирования – его места в жизненном цикле изделия (ЖЦИ), примеров решения задач «сквозного» проектирования; видов моделей, принципов и приемов построения объемных объектов в среде современного интегрированного программного обеспечения и пр.). Затем освоить компьютерную графику в качестве инструмента, предназначенного для преобразования созданных моделей, «понятных компьютеру», в форму, привычную для чтения человеком (объяснить студенту, «как рисует машина»). Одновременно (параллельно) изучать инженерную графику, суть которой в изучении и практическом использовании содержания действующих стандартов ЕСКД.

Вновь разработанная программа курса основ геометрического моделирования для подготовки специалистов по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» предполагает проведение в первом семестре (с 2016–2017 учебного года) аудиторных занятий (чтение лекций в объеме 20 часов, 22 часа практических занятий, 60 часов лабораторных работ), самостоятельную работу в объеме 150 часов, зачет и экзамен.

**Цель дисциплины:** подготовка специалистов, способных быстро осваивать современные способы геометрического моделирования и при-

менять их для решения задач, возникающих в практике разработки и реализации конструкторских и технологических проектов в машиностроительном производстве изделий.

#### **Задачи дисциплины:**

1. Развить у студентов пространственное воображение, манипулируя с объемными базовыми элементами формы (3D БЭФ) и создавая их композиции в пространстве, без использования эскизов и чертежей.

2. Научить создавать и использовать электронные (3D и 2D), в том числе параметрические, модели изделий, а также технические документы в соответствии с действующими стандартами (ЕСКД).

3. Приобрести компетенции профессиональной работы в среде современной CAD/CAM/CAPP-системы.

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины, должны **знать:**

- ◆ передовой отечественный и зарубежный опыт в области создания и использования сложных автоматизированных систем геометрического моделирования;

- ◆ возможности современных систем, обеспечивающих информационную поддержку процессов конструкторского и технологического проектирования;

#### **уметь:**

- ◆ мысленно представлять проектируемые объекты;
- ◆ создавать и использовать электронные (3D и 2D), в том числе параметрические модели изделий, а также технические документы в соответствии с действующими стандартами ЕСКД;

#### **владеть:**

- ◆ навыками профессиональной работы в среде современной CAD/CAM/CAPP-системы.

### **Список литературы**

1. ГОСТ 2.052–2015. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

2. ГОСТ 2.051–2013. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

3. ГОСТ 2.058–2016. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения реквизитной части электронных конструкторских документов.

4. ГОСТ 2.101–2016. Единая система конструкторской документации. Виды изделий.
5. ГОСТ 2.102–2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.
6. ГОСТ 2.103–2013. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.
7. ГОСТ 2.053–2013. Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения.
8. ГОСТ 2.056–2014. Единая система конструкторской документации. Электронная модель детали. Общие положения.
9. ГОСТ 2.057–2014. Единая система конструкторской документации. Электронная модель сборочной единицы. Общие положения.
10. ГОСТ 2.055–2014. Единая система конструкторской документации. Электронная спецификация. Общие положения.
11. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования: Приказ от 17 декабря 2010 г. № 1897. Список изменяющих документов (в ред. Приказа Минобрнауки России от 29.12.2014 № 1644).
12. Система подготовки авиадвигателестроителей / А.И. Ермаков, Н.Д. Проничев, С.В. Фалалеев, Л.А. Чемпинский // Совершенствование системы подготовки кадров для предприятий оборонно-промышленного комплекса: VII Всероссийское совещание, Ижевск, 21–22 октября 2014. – Ижевск: ИННОВА, 2014. – С. 54–64.
13. ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (квалификация “бакалавр”): утв. Приказом Минобрнауки РФ 11 августа 2016 г. № 1000.
14. Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (квалификация (степень) “бакалавр”): Приказ Минобрнауки РФ от 24.12.2009 № 827 (ред. от 31.05.2011). Зарегистрировано в Минюсте РФ 03.02.2010 № 16219.

# СЕКЦИЯ «ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРАКТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ»

---

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР И ОТНОШЕНИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЛОСКОСТИ СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

**Бойков Алексей Александрович**

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва,  
Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина, Иваново

**Шулайкин Дмитрий Алексеевич**

Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина, Иваново

Рассматриваются вопросы наглядного представления геометрических фигур и отношений комплексной плоскости на трехмерном гиперэпюре, для построения которого используются возможности компьютерной графики.

**Ключевые слова:** комплексная плоскость, четырехмерное пространство, мнимые фигуры, гиперэпюр, трехмерная компьютерная графика, геометрические построения.

## VISUALIZATION OF GEOMETRIC FIGURES AND RELATIONS OF A COMPLEX PLANE BY MEANS OF COMPUTER GRAPHICS

**Boykov Alexey Alexandrovich**

MIREA – Russian Technological University, Moscow,  
Ivanovo State Power University (ISPU), Ivanovo

**Shulajkin Dmitry Alekseevich**

Ivanovo State Power University (ISPU), Ivanovo

The article deals with the issues of visual representation of geometric shapes and relations of a complex plane on a flat drawing and three-dimensional hyperepure, which are created using the capabilities of computer graphics.

**Keywords:** complex plane, four-dimensional space, imaginary figures, hyperepure, three-dimensional computer graphics, geometric constructions.



## Введение

Необходимость иметь дело при решении геометрических задач не только с действительными, но и с мнимыми фигурами (точками, линиями) связана с тем, что геометрические построения для некоторых исходных данных могут не иметь обычных (действительных) решений. Наглядным примером этого может служить тот факт, что всякое квадратное уравнение (к такому уравнению сводится, например, нахождение точек пересечения прямой и окружности) имеет два решения – действительных различных, действительных совпавших или мнимых. В первом случае прямая и окружность имеют две точки пересечения, во втором – касаются (точки пересечения совпадают), а в третьем – точки пересечения оказываются мнимыми, т.е. перестают быть элементами евклидовой геометрии. Мнимые фигуры (точки и линии) комплексной плоскости часто возникают при решении научных и прикладных задач [1–8], в частности на настоящей конференции мнимым фигурам в геометрических задачах посвящены доклады [9–11]. В последнее время интерес к ним возрос благодаря возможностям современных систем конструктивного геометрического моделирования [3, 5, 12, 13]. Тем не менее использование их на практике существенно осложняется тем, что сами эти фигуры и их свойства не могут быть продемонстрированы непосредственно (наглядно). В перечисленных выше работах при решении задач с фигурами комплексной плоскости применяются те или иные способы их задания и представления, однако для отображения используется плоскость, при этом сами фигуры, их мнимые продолжения показываются скорее условно (обозначения типа векторов, маркеров, марок, пунктирных линий и др.), чем наглядно, и в качестве фигур выступают преимущественно их реперы. Таким образом, разработка способов наглядного представления мнимых фигур комплексной плоскости и их свойств является актуальной проблемой.

Отметим, что большинство прежних работ, посвященных вопросам использования и представления мнимых фигур комплексной плоскости, были ограничены необходимостью минимизировать и упрощать построения. Возможности современных компьютерных систем в области точности геометрических построений, их автоматизации и простоты применения трехмерной графики в значительной мере снимают это ограничение.

В настоящей работе предлагается отображать геометрические фигуры и отношения комплексной плоскости, главным образом, при по-

мощи трехмерного гиперэпюра (типа гиперэпюра Наумович), получаемого по методу Монжа ортогональным проецированием четырехмерного пространства с системой координатных осей  $(x, x_i, y, y_i)$ , являющегося моделью комплексной плоскости, в картинное трехмерное пространство. Трехмерные проекции могут быть переданы в виде точечных каркасов поверхностей в САПР типа «КОМПАС-3D» и участвовать в пространственных геометрических построениях. Далее эти вопросы будут рассмотрены более подробно.

### 1. Формирование моделей фигур комплексной плоскости

Комплексная плоскость – это множество точек  $A(\dot{x}, \dot{y})$ , где  $\dot{x}$  и  $\dot{y}$  – комплексные числа вида  $a + ia_i$  ( $a$  и  $a_i$  – действительные числа), таким образом, всякая точка  $A$  комплексной плоскости задается четверкой независимых чисел  $(x^A, x_i^A, y^A, y_i^A)$  и может быть однозначно представлена точкой четырехмерного евклидова пространства или парой *независимых* (в отличие от связанных тем или иным условием проекций точки трехмерного пространства) точек евклидовой плоскости. Далее мы будем рассматривать только ограниченный отсек *собственных* точек комплексной плоскости. Отметим, что при графическом моделировании так обычно и делается, поскольку любой чертеж ограничен некоторым участком плоскости.

Также мы будем рассматривать множества точек, координаты которых удовлетворяют уравнениям вида  $F(\dot{x}, \dot{y}) = 0$ . На евклидовой плоскости эти множества точек представляют собой линии (прямые, окружности и т.д.). Поскольку после отделения частей с  $i$  такие уравнения приводятся к системам уравнений вида:

$$\begin{cases} f(x, x_i, y, y_i) = 0, \\ i \cdot g(x, x_i, y, y_i) = 0, \end{cases}$$

в нашей модели комплексной плоскости таким системам уравнений соответствуют множества точек размерности  $\infty^2$ , т.е. поверхности (2-поверхности), которые в общем случае могут быть искривлены в четырехмерном пространстве и не принадлежать никакому трехмерному подпространству, т.е. не иметь трехмерной *натуральной* величины. Наглядное их представление на плоскости, в общем случае, затруднительно [14]: каждая точка картинной плоскости соответствует некоторой плоскости четырехмерного пространства, в результате чего не только проекция са-

мой поверхности, как правило, совпадает с картинной плоскостью, но и линии уровня могут вырождаться в точки, а сетки различных линий уровня совпадать или перекрывать друг друга. Поэтому основным способом для представления таких фигур мы будем считать построение их различных пар трехмерных проекций (см. подробнее в [15]). В частности, введем четыре системы таких пар проекций (комплексные двухкартинные модели – гиперэпюры):  $x_i - xOy - y_i$ ,  $y - xOx_i - y_i$ ,  $x - yOy_i - x_i$ ,  $x - x_iOy_i - y$  (в обозначении указаны: вертикальная ось верхней проекции – базовая плоскость – вертикальная ось нижней проекции). Первые три модели содержат плоскость  $xOy$  и действительные образы исследуемых фигур без искажения, причем в модели  $x_i - xOy - y_i$  мнимые продолжения естественным образом «дополняют» действительный образ. Проекциями 2-поверхностей четырехмерного пространства, в общем случае, будут некоторые поверхности трехмерного пространства. В частном случае проекцией 2-поверхности может быть некоторая линия.

Рассмотрим моделирование некоторых фигур комплексной плоскости на чертеже и при помощи трехмерных проекций.

### ***Модель точки комплексной плоскости***

Одно из первых изображений мнимых фигур на чертеже дано Понселе в «Трактате о проективных свойствах фигур» (1822) (цит. по [16]) и представляет собой известное построение мнимых точек пересечения коники и прямой. Этот способ и в настоящее время широко применяется, например в [6]. Вообще, комплексно сопряженные точки играют важную роль, поскольку при решении задач с действительными фигурами (например, при пересечении действительной прямой и действительной коники) всегда появляются пары (точки  $N'$  и  $M'$  на рис. 1, *a*). Через пару таких точек всегда можно провести действительную прямую, на которой они задают эллиптическую инволюцию [1].

Историческую справку о различных способах представления мнимых точек на чертеже можно найти в [1, 16, 7]. Мы отметим следующие способы:

♦ «маркер»  $x(O, L)$  [1, 5, 10], который содержит прямолинейный ряд  $x$  и точку Лаггера  $L$  (рис. 1, *б*) – такое задание позволяет легко выполнять построения точек, соответственных в эллиптической инволюции, которая инициируется на прямой  $x$  парой комплексно сопряженных точек (сами точки не показываются);

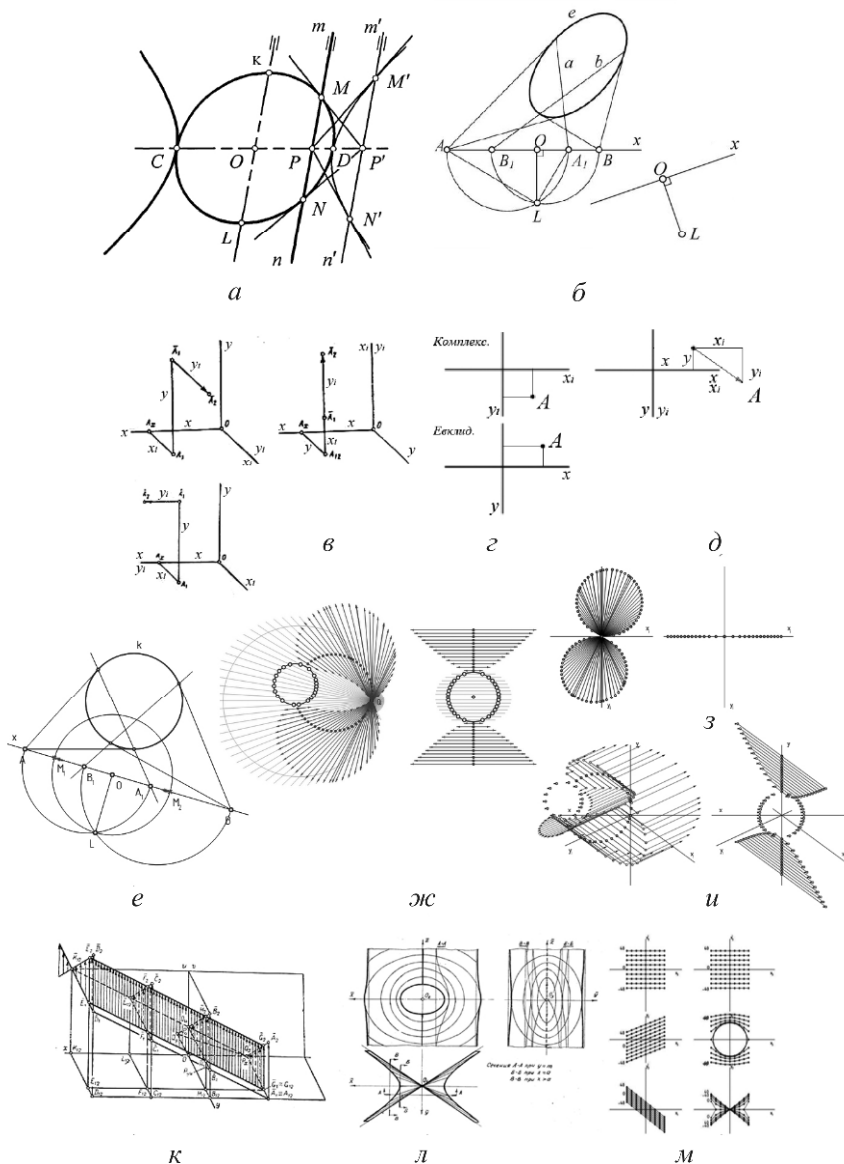


Рис. 1. Моделирование фигур комплексной плоскости на чертеже: *a* – чертеж из работы Ж.-В. Понселе о построении «реальных и идеальных» хорд конического сечения; *б* – задание мнимых точек при помощи «маркера»; *в* – векторные аксонометрии П.В. Филиппова; *г* – отдельные ортогональные действительная и мнимая проекции; *д* – ортогональная векторная модель; *е* – связь векторной модели и «маркера»; *ж* – пересечение действительной окружности с пучком прямых на векторной модели; *з* – на мнимой плоскости; *и* – на проекции П.В. Филиппова; *к* – модель прямой на проекции П.В. Филиппова; *л* – чертеж трехмерной проекции кривой второго порядка; *м* – линейные каркасы прямой и окружности на гиперэллипсоре Радищева

♦ векторная аксонометрия П.В. Филиппова [7] – здесь три координатные оси четырехмерного пространства отображаются как на обычном аксонометрическом чертеже, а оставшаяся четвертая координата – дополнительно изображается вектором заданного направления (рис. 1, в);

♦ пара независимых ортогональных проекций точки на плоскостях  $xOy$  и  $x_iOy_i$ , как это делается, к примеру, в системе «Симплекс» [3, 12, 13] (рис. 1, г);

♦ ортогональная векторная модель, на которой начало вектора помещается в точку с действительными координатами  $(x^A, y^A)$ , а конец – в точку с координатами  $(x^A + x_i^A, y^A + y_i^A)$  (рис. 1, д).

Основанные на инволюционных свойствах мнимых точек способы их отображения (в частности, «маркеры») имеют дело с парами комплексно сопряженных точек, в то время как последние три способа – координатные – позволяют изобразить каждую мнимую точку в отдельности.

Укажем на связь векторной модели мнимой точки с «маркером». Пара комплексно сопряженных мнимых точек ( $M_1$  и  $M_2$ ) на векторной модели изображается двумя равными по длине противоположно направленными векторами с общим началом  $O$ , концы этих векторов и точка Лаггера  $L$  лежат на общей окружности с центром в точке  $O$  и задают действительную прямую  $x$  – носитель эллиптической инволюции [1, 10]. Это позволяет довольно легко переходить от «маркеров» к векторам и наоборот (рис. 1, е), а от векторов – к другим координатным способам. Поскольку большинство современных языков программирования содержат встроенные средства для вычислений с комплексными числами, то подпрограммы, выполняющие расчет координат точек пересечения линий по общим формулам, формируют комплексные координаты автоматически и не требуют реализации дополнительных построений. Изображение, показанное на рис. 1, ж, получено автоматически, как результат пересечения окружностей с прямыми пучка с собственным центром  $Q$  и пучка с несобственным центром в интерпретаторе языка геометрических построений [17]. На рис. 1, з показаны чисто мнимые проекции тех же точек (чисто действительные присутствуют на рис. 1, ж как точки в началах векторов), комплексно сопряженные пары соединены отрезками. На рис. 1, и показана одна из проекций П.В. Филиппова тех же точек.

Как видно из примеров, для обратимого и наглядного моделирования точек вполне достаточно чертежа. Векторная модель в этом случае обладает рядом преимуществ: изображение строится на одной плоскости и все координаты откладываются без искажения.

### *Модель линии комплексной плоскости*

Выше отмечалось, что линии комплексной плоскости представляют собой точечные многообразия размерности  $\infty^2$ , т.е. поверхности. Рассмотрим некоторые ранее встречавшиеся способы их представления.

В [18] рассматриваются модели функций комплексного переменного, которые представлены поверхностями трехмерного пространства, так называемыми модулярными – в качестве аппликаты точки поверхности используется модуль функции для данного комплексного значения аргумента, но такие модели не содержат достоверной информации обо всех компонентах координат точки и не позволяют решать обратную задачу.

В [7] для наглядного моделирования функций комплексного переменного используются векторные аксонометрии, но в действительности такие изображения трудночитаемы, особенно в случае многозначных функций. Например, на рис. 1, *к* показана модель прямой  $u + i \cdot v = a \cdot x + b + i \cdot a \cdot y$ .

В [19] строятся мнимые продолжения коник в виде трехмерных поверхностей для наглядного отображения свойств инцидентности мнимых точек коникам и пересекающимся с ними прямым. Полученная в результате поверхность («полная коника») отражает только мнимые продолжения, соответствующие заданному направлению пересекающихся конику прямых (рис. 1, *л*).

Моделирование такой поверхности на комплексном чертеже при помощи каркаса линий (способ топографической поверхности) также оказывается не очень наглядным. На рис. 1, *м* показаны проекции каркаса линий мнимой прямой (слева) и действительной окружности (справа). Построенные линии лежат в пространствах  $x_i = \text{const}$ . Если чертеж мнимой прямой достаточно понятен, поскольку линейная функция однозначна, то чертеж окружности состоит из перекрывающихся друг друга линий на пересекающихся листах поверхности, так что прочесть такой чертеж и показать на нем, к примеру, пересечение прямой с окружностью или двух окружностей проблематично.

Поэтому для отображения поверхностей, являющихся линиями комплексной плоскости, будем строить линейный или точечный каркас такой поверхности и получать две его ортогональные трехмерные проекции (см. подробнее [15]). Проекции отдельных точек поверхности можно при необходимости соединить линиями связи, которые будут перпендикулярны общей плоскости двух трехмерных проекций. Для

полученной модели пространства справедливы общие свойства проецирования: проекциями точек являются точки, линий – в общем случае линии, порядок алгебраических кривых сохраняется для проекций, сохраняются принадлежность точек, касание, параллельность и др.

### ***Формирование точечного каркаса модели линии и передача его в САПР «КОМПАС-3D»***

Для создания изображений, не требующих выполнения геометрического построения, будем использовать специальный редактор, созданный на основе технических возможностей библиотек трехмерной графики (*OpenGL/WebGL*) и встроенных в язык программирования вычислительных подпрограмм для работы с комплексными числами. Формирование точечного каркаса для линии, которая определяется уравнением вида  $F(x, y) = 0$ , выглядит следующим образом:

◆ Считая  $x$  константой, необходимо привести уравнение к виду  $f(y) = 0$ .

◆ Составить алгоритм нахождения решений уравнения  $f(y) = 0$ , получить выражения для вычисления  $y = y(x)$ .

◆ Изменяя  $x$  на некотором прямоугольнике значений ( $a \leq x \leq b$ ,  $a' \leq x_i \leq b'$ ), получить соответствующие недостающие координаты  $y$  точек поверхности. Варьируя шаг изменения  $x$  и  $x_i$ , можно добиться приемлемой плотности каркаса. В результате будет сформирован двумерный массив доек  $(x, y)$  или после разделения комплексного типа данных на вещественные компоненты – массив четверок  $(x, x_i, y, y_i)$ .

◆ Двумерный массив дает возможность формировать каркас условных образующих поверхности двумя способами: либо использовать первый индекс как индекс образующей, а второй – как индекс точки на ней, либо наоборот. Это позволяет выбирать наилучший способ обхода точек при отображении модели. Если ни один из указанных способов не подходит, уравнение  $F(x, y) = 0$  следует раскрыть, считая константой  $y$ , и сформировать массив координат на прямоугольнике значений  $y$  ( $c \leq x \leq d$ ,  $c' \leq x_i \leq d'$ ).

◆ В соответствии с выбранной системой проекций выполнить отображение точек в две трехмерные проекции.

В некоторых случаях нам потребуется не только визуальное представление фигур комплексной плоскости, но и геометрические построения с ними. Для этих целей будем использовать следующий подход:

◆ Точечный каркас модели линии будем передавать в САПР, причем каждую проекцию необходимо передавать отдельно.

◆ В САПР на основе точечного каркаса будем строить вспомогательные поверхности, каждая из которых с некоторой точностью аппроксимирует проекцию исходной модели линии комплексной плоскости.

◆ При помощи встроенных средств САПР будем выполнять построения – создавать вспомогательные плоскости, пересекать плоскости с поверхностями и полученные линии между собой, находить проекции линий и т.п.

Для воссоздания поверхности по каркасу в системе «КОМПАС-3D» предназначена команда «Поверхность по сети точек». Система «Компас-3D» может импортировать точечный каркас поверхности в виде текстового файла или таблицы MS Excel. Формат текстового файла должен быть следующим:

```
X1.1 Y1.1 Z1.1  
X1.2 Y1.2 Z1.2  
...  
X1.k Y1.k Z1.k  
*  
  
X2.1 Y2.1 Z2.1  
X2.2 Y2.2 Z2.2  
...  
X2.k Y2.k Z2.k  
*  
  
...  
Xm.1 Ym.1 Zm.1  
Xm.2 Ym.2 Zm.2  
...  
Xm.k Ym.k Zm.k  
*
```

Точечный каркас передается сериями по  $k$ -точек, координаты которых записываются в строку (в качестве десятичной запятой используется знак «.»). Серия точек определяет точечный каркас одной из линий поверхности. Конец серии обозначается знаком «\*». Переданные таким образом серии точек преобразуются в сплайновые кривые, на которые далее система натягивает сплайновую поверхность. Очевидно, полученная таким образом поверхность в САПР отличается от исходной проекции линии комплексной плоскости, однако, выбирая подходящую плот-



ность и распределение точек и линий каркаса поверхности, можно добиться приемлемой точности замены.

Другая сложность заключается в том, что, как будет показано ниже, проекции линий комплексной плоскости выше первого порядка имеют сложную топологическую структуру – самопересекающиеся листы, разрывы. При попытке построить сплайновую поверхность через такой точечный каркас возникают ошибки топологии, разрывы затягиваются поверхностью и т.п., поэтому в каждом случае экспорт в САПР сгенерированного точечного каркаса чувствителен к способу обхода точек при экспорте и может потребовать дополнительных усилий.

## 2. Визуальные образы прямых и кривых комплексной плоскости

Рассмотрим полученные описанным выше способом проекции линий комплексной плоскости – прямых и кривых второго порядка, а также некоторые их свойства, проявляющиеся на трехмерных проекциях.

### *Прямые комплексной плоскости*

Многие важные свойства комплексных прямых, в том числе моделирование их на плоскости при решении конструктивных задач, описаны в работах [1, 6, 20]. Рассмотрим вопросы наглядного моделирования прямых комплексной плоскости. На рис. 2, а показаны векторные чертежи точечного каркаса и линейный каркас на чертеже Радищева действительной (слева) и мнимой (справа) прямых.

Все векторные проекции точек действительной прямой лежат на ее следе в плоскости  $xOy$ . Векторные проекции точек мнимой прямой образуют сложную для понимания и восприятия сеть, что подтверждает высказанное выше замечание о целесообразности применять именно трехмерные проекции для моделирования линий комплексной плоскости. Рассмотрим образование трехмерных проекций прямой. Прямая задается линейным уравнением относительно переменных  $\dot{x}$  и  $\dot{y}$ :  $\dot{a} \cdot \dot{x} + \dot{b} \cdot \dot{y} + \dot{c} = 0$ , где  $\dot{a}$ ,  $\dot{b}$  и  $\dot{c}$  – комплексные числа, которое можно привести к системе:

$$\begin{cases} a \cdot x - a_i \cdot x_i + b \cdot y - b_i \cdot y_i + c = 0, \\ a_i \cdot x + a \cdot x_i + b_i \cdot y + b \cdot y_i + c_i = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Прямые действительной плоскости условно можно разделить на четыре класса: горизонтальные –  $y = \text{const}$  ( $\infty^1$  прямых), вертикальные –

$x = \text{const}$  ( $\infty^1$  прямых), проходящие через начало координат  $-ax + by = 0$  ( $\infty^1$  прямых) и общего положения  $-ax + by + c = 0$  ( $\infty^2$  прямых). Прямые комплексной плоскости более разнообразны. Общее число таких прямых на комплексной плоскости составляет  $\infty^4$ . Среди них можно выделить две связки ( $\infty^2$  элементов) прямых, имеющих *вырожденные проекции* (проекции в виде обыкновенных прямых) в картинных пространствах ( $\dot{x} = \text{const}$  и  $\dot{y} = \text{const}$ ), связку действительных прямых ( $a_i = b_i = 0$ , трехмерные проекции которых расположены перпендикулярно к плоскости  $xOy$ ), связку прямых, трехмерные проекции которых расположены перпендикулярно к плоскостям  $x_iOy$  и  $xOy_i$ , и  $\infty^4$  комплексных прямых общего вида, имеющих проекции в виде пары плоскостей общего положения (см. в [15]). Последние наиболее интересны, поскольку пара плоскостей общего положения позволяет задать  $\infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^6$  фигур, в то время как комплексных прямых всего  $\infty^4$ . Это означает, что пары таких проекций связаны дополнительными условиями (подобно тому как на плоскости пары проекций точек трехмерного пространства связываются линиями связи). Для исследования  $\infty^4$  прямых общего вида достаточно исследовать связку ( $\infty^2$ ) прямых, проходящих через начало координат  $O(0,0,0,0)$ . Любая другая прямая комплексной плоскости оказывается параллельна какой-то прямой этой связки, а именно: если прямая задана парой точек  $A(x^A, x^A_i, y^A, y^A_i)$  и  $B(x^B, x^B_i, y^B, y^B_i)$ , то она будет параллельна прямой, проходящей через начало координат и точку  $F(x^B - x^A, x^B_i - x^A_i, y^B - y^A, y^B_i - y^A_i)$ . Последнее легко проверить, подставляя координаты точек  $A, B, O$  и  $F$  в систему (1). Уравнения линейных 3-пространств, задающих комплексную прямую, будут различаться только значениями коэффициентов  $c$  и  $c_i$ . Точке  $F$  исследуемой прямой придавались различные значения координат и были получены следующие случаи расположения трехмерных проекций:

	$X^F$	$X^F_i$	$Y^F$	$Y^F_i$	Характеристика прямой
<b>1</b>	0	0	0	0	Не определена
<b>2</b>	0	0	0	b	Действительная прямая $x = 0$ (тип 0)
<b>3</b>	0	0	a	0	
<b>4</b>	0	0	a	b	
<b>5</b>	0	n	0	0	Действительная прямая $y = 0$ (тип 0)
<b>6</b>	0	n	0	b	Действительная прямая типа 1 (проекции перпендикулярны плоскостям $xOy$ и $x_iOy_i$ )
<b>7</b>	0	n	a	0	Мнимая прямая типа 2 (проекции перпендикулярны плоскостям $x_iOy$ и $xOy_i$ )
<b>8</b>	0	n	a	b	Комплексная прямая типа 3 (проекции – плоскости общего положения)

9	m	0	0	0	Действительная прямая $y = 0$ (тип 0)
10	m	0	0	b	Мнимая прямая типа 2 (проекция перпендикулярны плоскостям $x_i O y_i$ и $x O y_i$ )
11	m	0	a	0	Действительная прямая (типа 1) (проекция перпендикулярны плоскостям $x O y_i$ и $x_i O y_i$ )
12	m	0	a	b	Комплексная прямая типа 3 (проекция – плоскости общего положения)
13	m	n	0	0	Действительная прямая $y = 0$ (тип 0)
14	m	n	0	b	Комплексная прямая типа 3 (проекция – плоскости общего положения)
15	m	n	a	0	Комплексная прямая типа 3 (проекция – плоскости общего положения)
16	m	n	a	b	Комплексная прямая общего вида
16a	m	k·m	a	k·a	Действительная прямая типа 1 (проекция перпендикулярны плоскостям $x O y_i$ и $x_i O y_i$ )

На рис. 2, б, в показаны модели прямых  $x = 0$  и  $y = 0$  (тип 0) соответственно. Модели других прямых типа 0 ( $x = \text{const}$  и  $y = \text{const}$ ) получаются сдвигом вырожденной проекции (проекция в виде обыкновенной проецирующей прямой) параллельно плоскости  $x O x_i$  или  $y O y_i$  соответственно. Это позволяет получить  $\infty^2$  вырожденных проекций, которые инцидентны  $\infty^2$  точек плоскости  $x O x_i$  или  $y O y_i$  соответственно, т.е. задать любую прямую указанных связок.

На рис. 2, г показаны модели действительной прямой  $ax + by = 0$  (тип 1), проекция которой перпендикулярны одновременно плоскостям  $x O y_i$  и  $x_i O y_i$ . Такая прямая в трехмерной модели однозначно задается следами в плоскостях  $x O y_i$  и  $x_i O y_i$  (причем эти следы образуют попарно одинаковые углы с осями  $x$  и  $x_i$  и  $y$  и  $y_i$  соответственно). Модели других прямых типа 1 получаются параллельным сдвигом следов в плоскостях  $x O y_i$  и  $x_i O y_i$  (коэффициенты  $c$  и/или  $c_i$  в (1) отличны от 0). К этому типу относятся все **действительные прямые** общего вида ( $c_i = 0$ ): след действительной прямой в  $x O y_i$  может проходить на произвольном расстоянии от  $O$  (определяется значением  $c$ ), в то время как след в плоскости  $x_i O y_i$  всегда проходит через  $O$  ( $c_i = 0$ ).

На рис. 2, д показаны модели мнимой прямой  $ax + iby = 0$  (тип 2), проекция которой перпендикулярны одновременно плоскостям  $x O y_i$  и  $x_i O y_i$ . Модели других прямых типа 2 получаются параллельным сдвигом следов в плоскостях  $x O y_i$  и  $x_i O y_i$ . Частным случаем прямых типа 2 являются **изотропные прямые**.

На рис. 2, е–и показаны отсеки трехмерных проекций комплексных прямых на модели  $x_i - x O y - y_i$ , переданные в систему «КОМПАС-3D». На рис. 2, е изображены действительная прямая  $x - y = 0$  (тип 1 – светлая)

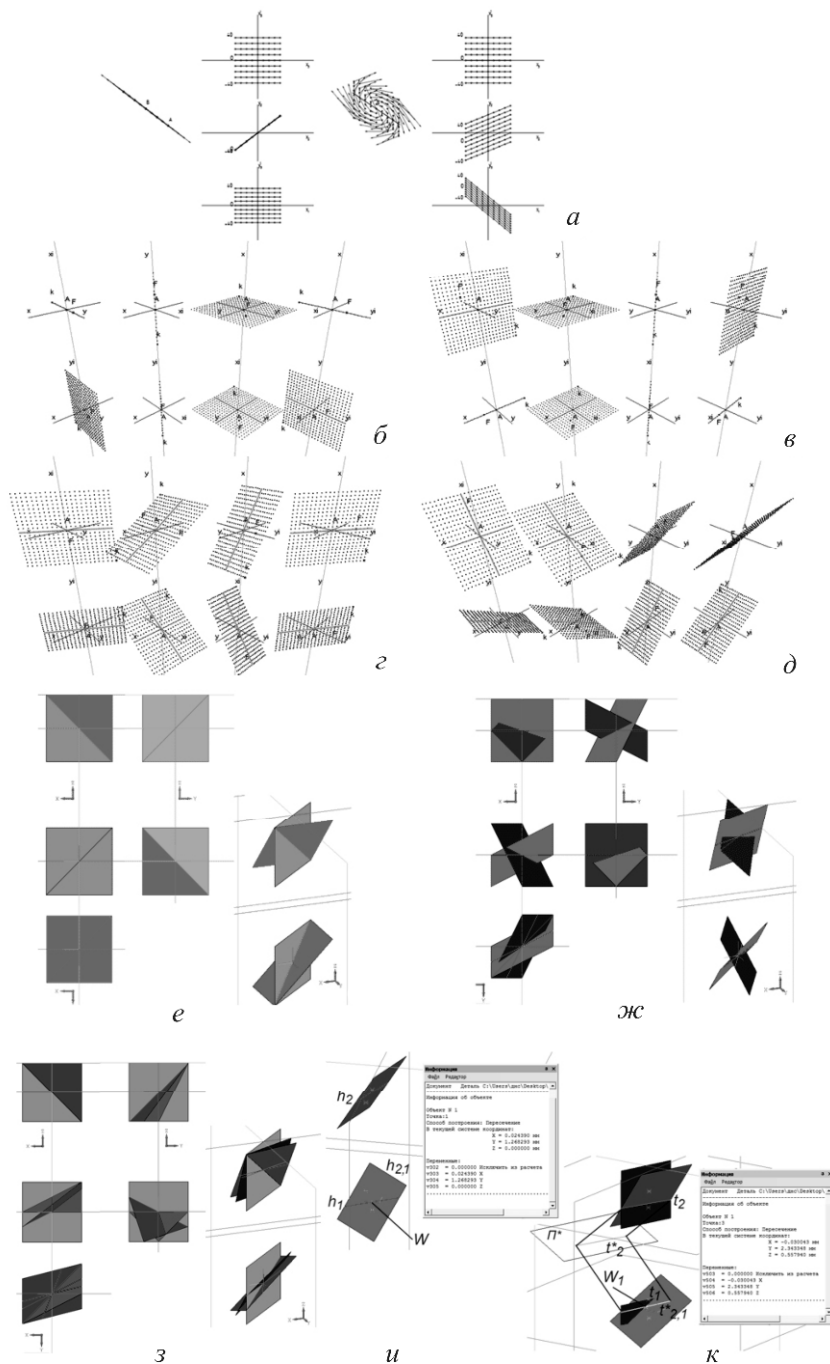


Рис. 2. Модели отсеков прямых комплексной плоскости: *a* – векторные модели и каркасы на чертеже Радищева; *б–д* – трехмерные проекции; *е–з* – отсеки трехмерных проекций в системе «КОМПААС-3D»; *u–к* – решение конструктивных задач в системе «КОМПААС-3D»

и изотропная  $x - iy = 0$  (тип 2 – темная). На рис. 6, ж показаны две прямые типа 3, полученные для разных комбинаций координат второй точки (случай 8 – темная и 15 – светлая), цветом выделены следы проекций в плоскости  $xOy$ . На рис. 2, з показана модель комплексной прямой общего вида (случай 16 – черная), для сравнения также показаны комплексная прямая типа 3 (темно-серая) и действительная прямая (светло-серая). Проекциями комплексной прямой общего вида в большинстве случаев являются две плоскости общего положения, однако возможны случаи (например, 16а в таблице), когда вторая мнимая точка с ненулевыми значениями всех четырех координат задает действительную прямую. Вероятно, другие соотношения координат могут задавать мнимые прямые типа 2 и 3. Можно сделать вывод о необходимости дальнейшего исследования свойств комплексных прямых типа 3 и общего вида и их трехмерных проекций.

Рассмотрим решение двух конструктивных задач, связанных с комплексными прямыми, на трехмерных моделях в системе «КОМПАС-3D».

**Задача 1. Найти действительную точку комплексной прямой типа 3 или общего вида**

Будем использовать модель  $x_i - xOy - y_i$ . Найдем следы  $h_1$  и  $h_2$  (показаны цветом) нижней ( $\Pi_1$ ) и верхней ( $\Pi_2$ ) проекций прямой в плоскости  $xOy$ , спроецируем след  $h_2$  с верхней проекции на плоскость  $xOy$  нижней проекции либо на нижнюю проекцию комплексной прямой ( $h_{2,1}$ ), где найдем точку  $W$  пересечения  $h_1$  и  $h_{2,1}$ . Эта точка – искомая. Трехмерные координаты точки на проекции  $\Pi_1$  в системе «КОМПАС-3D» –  $x, y, z$  – соответствуют координатам  $x, y, y_i$  точки комплексной плоскости. На рис. 2, и показано построение действительной точки мнимой прямой, заданной парой комплексных точек с координатами  $(-1, 1, 1, -1)$  и  $(1, -2.5, 2.5, 1.5)$ . С учетом округления результаты, полученные конструктивным способом в системе «КОМПАС-3D» и на основе вычислений с комплексными числами в программе, аналогичны.

**Задача 2. Найти точку пересечения двух прямых, одна из которых мнимая**

Рассмотрим пересечение прямых, одна из которых действительная. В случае двух мнимых прямых построения будут еще проще, так как точки с верхней на нижнюю проекции прямой и наоборот можно проецировать непосредственно. Найдем линии пересечения соответствующих проекций прямых  $t_1$  и  $t_2$  (выделены цветом). Установим соответствие между проекциями действительной прямой при помощи вспомогательной плоскости  $\Pi^*$ . Спроецируем  $t_2$  на  $\Pi^*$ , получим  $t_2^*$  и затем

на нижнюю проекцию действительной прямой ( $t_{2,1}^*$ ). Найдем точку пересечения  $t_1$  и  $t_{2,1}^* - W_1$  и ее вторую проекцию ( $W_2$ ). На рис. 7, в показано пересечение прямой из задачи 1 с действительной прямой, заданной точками  $(1, 0, 2, 0)$  и  $(-2, 0, 3, 0)$ . Вычислительным способом были найдены следующие координаты общей точки (результат округлен до 6 знаков после запятой, как и в системе «КОМПАС-3D»):  $(-0.030043, -1.673820, 2.343348, 0.557940)$ . Сравнение полностью подтверждает правильность конструктивного решения.

Таким образом, предлагаемая модель на основе трехмерных проекций позволяет достаточно просто и более наглядно, чем плоский чертеж, представлять мнимые прямые комплексной плоскости, решать задачи принадлежности точки, взаимного пересечения и др. Для прямых типа 0–2 существуют очевидные и простые конструктивные способы построения трехмерных проекций, не требующие вычислений с комплексными числами. Проекции прямых типа 3 и общего вида в рассмотренных выше примерах строились вычислительным способом. Представляет интерес дальнейшее их исследование, в частности, разработка алгоритмов конструктивного и по возможности простого нахождения трехмерных проекций.

### ***Окружности комплексной плоскости***

Уравнения конических кривых на комплексной плоскости и их ортогональных трехмерных проекций достаточно подробно описаны в [19]. Рассмотрим подробнее вопросы наглядного моделирования окружности комплексной плоскости. В данной работе будем рассматривать только окружности с центром в начале координат. Они задаются следующим квадратным уравнением относительно переменных  $x$  и  $y$ :  $x^2 + y^2 - \hat{R}^2 = 0$ , где  $\hat{R} = r + i\dot{r}$  – радиус окружности, который может быть действительным ( $\dot{r} = 0$ ), нулевым ( $\dot{r} = r = 0$ ), чисто мнимым ( $r = 0$ ) и комплексным ( $\dot{r} \neq 0, r \neq 0$ ). На рис. 3, а–е представлены перечисленные случаи.

Проекции окружности представляют собой двухлистные поверхности с горловиной (кроме окружности нулевого радиуса), которая представляет собой обыкновенную окружность в плоскости  $xOy$  для действительного радиуса или в плоскости  $x_iOy_i$  для чисто мнимого радиуса, горловина окружности с комплексным радиусом «повернута» относительно плоскостей  $xOy$  и  $x_iOy_i$  и, возможно, не является обыкновенной окружностью. На моделях также видны дополняющие окружность мнимые гиперболы в плоскостях  $x_iOy$  и  $xOy_i$ , которые проецируются без искажения.

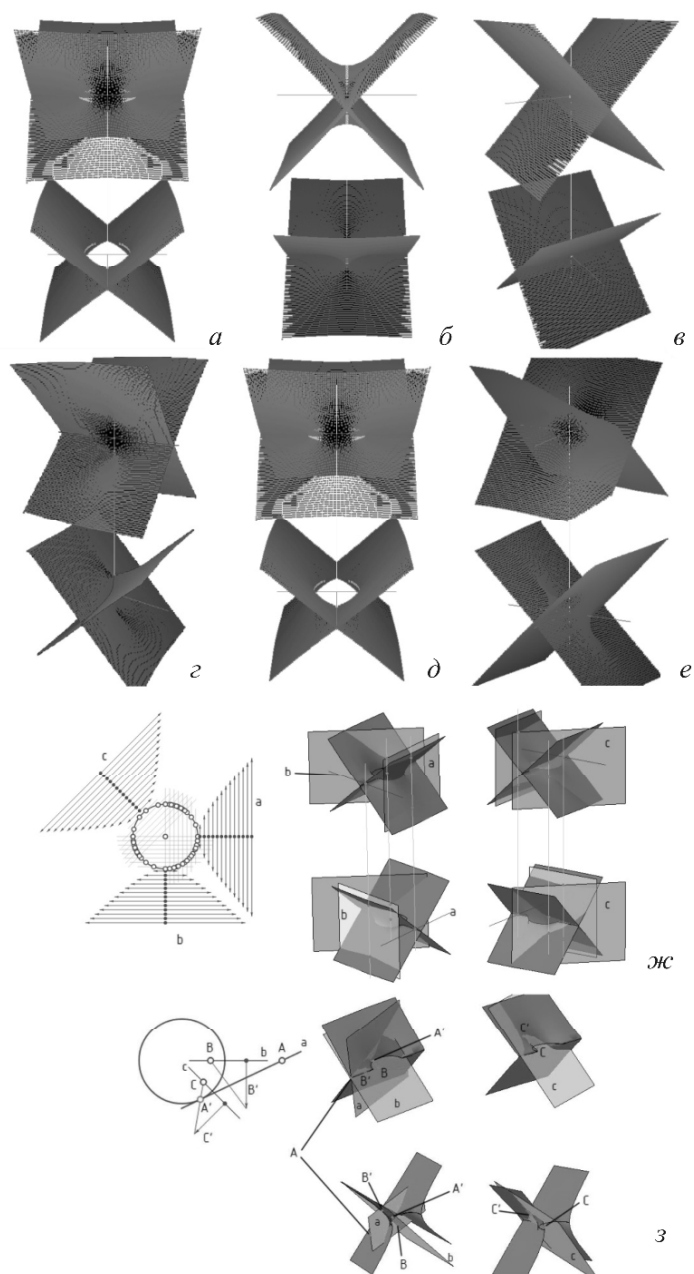


Рис. 3. Модели отсечков окружности комплексной плоскости:  
*a* – проекции окружности с действительным радиусом на модели  $x_i - xOy - y_i$ ;  
*б* – на модели  $y - xOx_i - y_i$ ; *в* – проекции окружности с нулевым радиусом  
на модели  $x_i - xOy - y_i$ ; *г* – проекции окружности с чисто мнимым радиусом  
на модели  $x_i - xOy - y_i$ ; *д* – на модели  $x - x_iOy_i - y$ ; *е* – проекции окружности  
с комплексным радиусом на модели  $x_i - xOy - y_i$ ; *ж* – пересечение окружности  
с прямыми в мнимых точках; *з* – касательные к окружности

Трехмерные проекции позволяют получить наглядные модели отношений принадлежности и касания, соответственно точки и прямой в области мнимого. На рис. 3, ж (слева) показаны векторные модели мнимых точек пересечения действительной окружности с прямыми пучков вертикальных (*a*), горизонтальных (*b*) и наклонных прямых (*c*). Точки пересечения прямых пучка образуют мнимую гиперболу для каждого отдельного направления, имеется  $\infty^1$  таких направлений. На рис. 3, ж (справа) показаны модели пересечения окружности с горизонтальной (*a*), вертикальной (*b*) и наклонной (*c*) действительными прямыми такого пучка в мнимых точках. Точки пересечения при наличии трехмерных проекций прямой и окружности могут быть найдены конструктивно способом, приведенным в задаче 2.

Конструктивным способом, приведенным в задаче 1, также могут быть найдены действительные точки комплексной окружности и любой другой кривой комплексной плоскости.

На рис. 3, з (слева) показан чертеж и векторные модели касательных, проведенных к действительной окружности, из внешней точки *A* и внутренних точек *B* и *C*, и точек касания *A'*, *B'* и *C'* соответственно. На рис. 3, з (справа) показаны модели касательных и точек касания в системе «КОМПАС-3D». Из каждой пары касательных и точек касания показана только одна. Проекция окружности для наглядности рассечены. Мнимое продолжение в виде гиперболы отчетливо видно на срезе проекций поверхности. Прямые из внутренних точек проходят касательно к гиперболе соответствующего направления, которая на модели  $x_i - xOy - y_i$  проецируется без искажения только в плоскости  $xOx_i$  (верхняя проекция) и  $yOy_i$  (нижняя проекция).

Таким образом предлагаемая модель на основе трехмерных проекций позволяет наглядно представлять окружности комплексной плоскости, решать задачи принадлежности точки, взаимного пересечения и др. Представляет интерес дальнейшее исследование свойств окружностей с действительным и мнимым радиусом и других геометрических отношений и их трехмерных проекций.

### ***Гиперболы и параболы комплексной плоскости***

На рис. 4, а–в показаны трехмерные проекции равнобочной гиперболы и параболы. На модели гиперболы видна дополняющая ее мнимая окружность и то, что изолированные ветви гиперболы в действительности связаны продолжениями кривой за пределами плоскости  $xOy$



и принадлежат обоим листам поверхности. Трехмерные проекции гиперболы напоминают проекции окружности, повернутой «на бок». Чтобы подтвердить или опровергнуть это предположение, требуются дополнительные исследования свойств геометрических преобразований поворота на комплексный угол на трехмерных моделях комплексной плоскости.

В отличие от гиперболы, парабола не похожа на окружность, хотя также является двухлистной. Чтобы определить, какому листу принадлежит та или иная точка поверхности, был использован следующий подход. При помощи преобразования:

$$x' = 2px/(y + p),$$

$$y' = (y - p)/(y + p)$$

парабола была преобразована в окружность (рис. 4, *з*), и при формировании точечного каркаса для каждой точки выполнялась проверка, какому листу окружности принадлежит соответствующая точка. На рис. 4, *д* показаны отсеки окружности и параболы для сравнения, на которых сходство соответствующих участков становится отчетливым.

### ***Кубические параболы и кусочные кривые на комплексной плоскости***

Рассмотренный подход был использован для построения проекций кубической параболы (рис. 4, *е*) и ряда кусочных кривых. На рис. 4, *ж* показана кусочно-линейная функция. На нижней проекции отчетливо видно, что непрерывность линии сохраняется только для действительной плоскости  $xOy$ , за пределами которой куски поверхности терпят разрыв. Те же особенности демонстрирует и кубический сплайн (рис. 4, *з*) – кусочно-гладкая кривая, обеспечивающая в точках стыка, как известно, второй порядок гладкости (непрерывность до второй производной включительно) – на нижней проекции видно, что куски сопряженных поверхностей за пределами  $xOy$  терпят разрывы. Это свойство кусочных кривых необходимо учитывать при разработке систем конструктивной геометрии, инструменты которых (кривые) должны работать для любых наборов исходных элементов (прямых, точек) [3, 5], т.е. обеспечивать непрерывность соответствующих геометрических фигур не только в действительной, но и мнимой области моделируемого пространства.

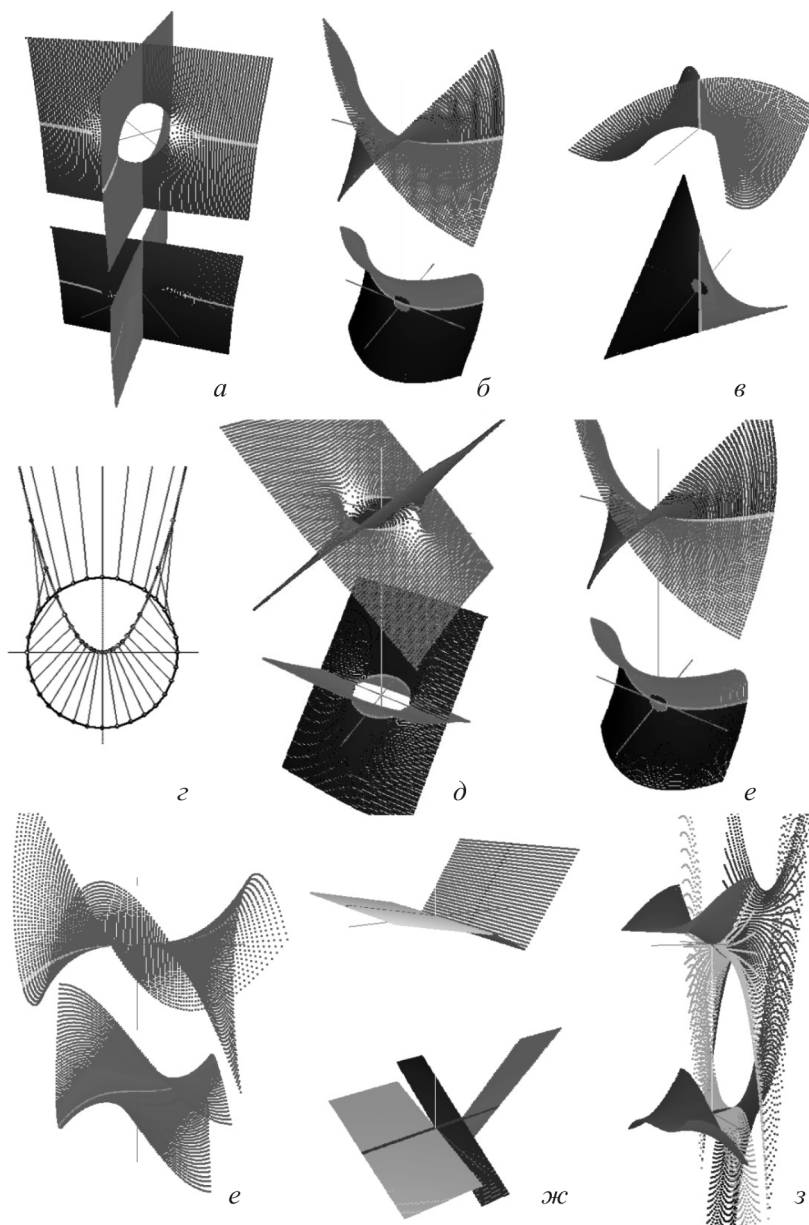


Рис. 4. Модели отсечков кривых комплексной плоскости:

*a* – проекции равнобочной гиперболы на модели  $x_i - xOy - y_i$ ; *б* – проекции отсека параболы комплексной плоскости на модели  $x_i - xOy - y_i$ ; *в* – на модели  $y - xOx_i - y_i$ ; *г* – преобразование параболы в окружность; *д* – сравнение окружности и параболы в области соединения двух листов; *е* – проекции кубической параболы  $y = x^3$  на модели  $x_i - xOy - y_i$ ; *ж* – проекции кусочно-линейной функции на модели  $y - xOx_i - y_i$ ; *з* – проекции кубического сплайна на модели  $y - xOx_i - y_i$

## Заключение

Рассмотрено моделирование фигур комплексной плоскости при помощи двухкартинной трехмерной модели (гиперэпюра), получаемой путем ортогонального проецирования четырехмерного пространства, представляющего комплексную плоскость. Гиперэпюр позволяет моделировать двумерные точечные многообразия (поверхности) четырехмерного пространства при помощи поверхностей трехмерного пространства. При этом сохраняются свойства непрерывности, инцидентности, касания, параллельности и др. Линии комплексной плоскости (прямые, кривые второго и высших порядков – окружности, гиперболы и др.) в представляющем ее четырехмерном пространстве моделируются именно двумерными многообразиями, поэтому их модели на предлагаемом гиперэпюре оказываются наиболее наглядны. Гиперэпюры позволяют показать такие отношения, как пересечение и касание в мнимых точках, образование изолированных точек, ветвей и участков кривой и т.д.

Рассмотрены модели прямых, выделены частные случаи (тип 0–3) и свойства их трехмерных проекций, показано решение задач о нахождении действительной точки мнимой прямой и пересечении двух прямых комплексной плоскости на гиперэпюре в системе «КОМПАС-3D». Показаны модели окружностей, гиперболы и параболы, пересечение окружности и прямых в мнимых точках и касание окружности и прямых в действительных и мнимых точках на гиперэпюре в системе «КОМПАС-3D». Продемонстрированы модели кубической параболы и кусочных функций, в частности, тот факт, что непрерывность кусочных кривых нарушается за пределами действительной плоскости.

Намечен ряд направлений для дальнейшего исследования – представляют интерес разработка конструктивных алгоритмов построения трехмерных проекций для прямых типа 3 и общего вида, исследование окружностей с комплексным значением радиуса, более подробное рассмотрение вопросов моделирования кривых второго порядка на гиперэпюре, а также свойств геометрических преобразований – в частности, поворота на произвольный (действительный или мнимый) угол и проективных (преобразование кривой второго порядка в окружность) и квадратичных (преобразование прямой в окружность), – на комплексной плоскости.

## Список литературы

1. Гирш А.Г. Наглядная мнимая геометрия. – М.: ООО «ИПЦ “Маска”», 2008. – 216 с.
2. Иванов Г.С., Дмитриева И.М. О задачах начертательной геометрии с мнимыми решениями // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3, № 2. – С. 3–8.
3. Волошинов Д.В. Визуально-графическое проектирование единой конструктивной модели для решения аналогов задачи Аполлония с учетом мнимых геометрических образов // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6, № 2. – С. 23–46.
4. Коростелев Б.В. Инверсии кривых второго порядка как контуры аэродинамических профилей // Труды Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н.Е. Жуковского. – М.: НКТП СССР Главное управление авиационной промышленности, 1934. – Вып. 181. – С. 72.
5. Короткий В.А. Компьютерная визуализация кривой второго порядка, проходящей через мнимые точки и касающейся мнимых прямых // Научная визуализация. – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 56–68.
6. Пеклич В.А. Мнимая начертательная геометрия. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 104 с.
7. Филиппов П.В. Начертательная геометрия многомерного пространства и ее приложения. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 280 с.
8. Графский О.А., Пономарчук Ю.В., Холодилов А.А. Геометрия электростатических полей // Геометрия и графика. – 2018. – № 1. – С. 10–19. – DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5ad085a6d75bb5.99078854](https://doi.org/10.12737/article_5ad085a6d75bb5.99078854).
9. Короткий В.А. Линейная конгруэнция с мнимыми осями [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2019/papers/50> (дата обращения: 25.03.2019).
10. Гирш А.Г., Короткий В.А. Мнимые точки в декартовой системе координат [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2019/papers/24> (дата обращения: 25.03.2019).
11. Гирш А.Г. Точка, прямая, прямой угол и биссектриса в области мнимого [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2019/papers/18> (дата обращения: 25.03.2019).
12. Волошинов Д.В. Геометрическая лаборатория. Закладываем основы [Электронный ресурс] // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII Международной интернет-конференции КГП-2017. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/53>.

13. Волошинов Д.В. Геометрическая лаборатория. Инструменты ортогональности [Электронный ресурс] // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII Международной интернет-конференции КГПИ-2017. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/72>.

14. Бойков А.А. О построении моделей объектов пространства четырех и более измерений в учебном процессе // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 54–71. – DOI: 10.12737/article\_5c21f96dce5de8.36096061 (Краткий вариант в виде доклада на КГПИ-2017 <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/57/>).

15. Бойков А.А., Шулайкин Д.А. Трехмерная визуализация геометрических образов и отношений комплексной плоскости // Проблемы координации работы технических вузов в области повышения качества инженерно-графической подготовки студентов (с. Дивноморское, 10–16 сентября 2018 г.). – Ростов н/Д: ДГТУ, 2018. – С. 163–171.

16. Графский О.А. Теоретико-конструктивные проблемы моделирования мнимых элементов в начертательной геометрии и ее приложения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01. – М., 2004. – 409 с.

17. Бойков А.А. Средства автоматизации геометрических построений // Энергия-2017: 12-я междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. – Т. 5. – Иваново, 2017. – С. 188–189.

18. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. Формулы, графики, таблицы. – М.: Наука, 1964. – 344 с.

19. Конакбаев К.К. О мнимых точках пересечения прямой с коникой // Кибернетика графики и прикладная геометрия поверхностей: тр. МАИ. – М., 1970. – № 205, вып. 4. – С. 33–42.

20. Гирш А.Г. Уравнения первой и второй степени с комплексными коэффициентами и их графики // Геометрическое моделирование в практике решения инженерных задач. – Омск: ОмПИ, 1991. – С. 79–85.

# ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ И ЗОЛОТЫЕ ПРЯМОУГОЛЬНИКИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИКОСАЭДРА И ДОДЕКАЭДРА

**Васильева Вера Николаевна**

Южно-Уральский государственный университет  
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

Показано построение 3D-модели додекаэдра при помощи прямоугольников с отношением сторон на основе золотого сечения (ЗС). Приведено построение двойственных фигур: икосаэдра и додекаэдра, вписанных в куб и описанных около него, а также их каскада с использованием прямоугольников со сторонами пропорции ЗС в AutoCAD.

**Ключевые слова:** золотое сечение, золотой прямоугольник, икосаэдр, додекаэдр, AutoCAD.

## GOLDEN SECTION AND GOLDEN RECTANGLES AT BUILDING ICOSAEDER AND DODECAEDR

**Vasileva Vera Nikolaevna**

South Ural State University (National Research University)

The article shows the construction of a 3D model of a dodecahedron using rectangles with an aspect ratio based on the golden section. The construction of dual figures: the icosahedron and dodecahedron, inscribed in the cube and described near it, as well as their cascade using rectangles with the proportions of the golden section in AutoCAD, is presented.

**Keywords:** golden section, golden rectangle, icosahedron, dodecahedron, AutoCAD.

### Введение

Известны многочисленные способы построения правильных многогранников (ПМ) и наиболее сложных из них – икосаэдра и додекаэдра. Среди них особый интерес вызвал способ построения икосаэдра на основе золотых прямоугольников (ЗП) с отношением сторон золотого сечения (отношение целого к большей части). Этот способ, отличающийся простотой, изящностью и внутренней гармонией, по нашему мнению, изучен недостаточно, так как не распространен на додекаэдр, который строится как фигура, двойственная икосаэдру.

Цель работы: дополнить способ построения при помощи прямоугольников с отношением сторон на основе ЗС для додекаэдра.

Построения выполнялись в пакете AutoCAD [1], но могут быть повторены и в других известных САПР.

## 1. История

Считается, что свое «становление» правильные многоугольники (ПМ) получили в VI веке до н.э. в самой известной Пифагорейской философской школе Древней Греции, где царила идея, что Вселенная подчинена закону гармонии, который можно выразить в числах. Пифагору Самосскому и его ученикам принадлежат первые открытия в геометрии, им были известны тетраэдр, куб, октаэдр и ЗС. Додекаэдр и икосаэдр первым описал Теэтет Афинский, он же дал математическое описание правильных многогранников и доказательство того, что их только пять [2, 3].

Платон, разделявший взгляды пифагорейцев на гармонию мироздания, в трактате «Тимей» развил учение о пропорциях и сопоставил правильные многогранники с четырьмя «стихиями» природы. Так геометрические представители числовой гармонии Вселенной получили название платоновых тел.

В III в. до н.э. итогом развития древнегреческой науки стала книга «Начала» Евклида, где во II книге дано геометрическое построение «золотого» деления, а в заключительной XIII книге приведено строгое построение всех правильных тел. Гипсикл Александрийский считается автором дополнительной XIV книги «Начала», в которой приводятся свойства икосаэдра и додекаэдра, вписанных в одну и ту же сферу.

В эпоху Возрождения при создании изобразительной геометрии и теории перспективы «впервые со времен Евклида был возобновлен разговор о ЗС, платоновых телах и ПМ» [4]. Этот период связан с именами таких великих личностей, как Ф. Брунеллески, Пьеро делла Франческа, Лука Пачоли, Леонардо да Винчи, А. Дюрер, И. Кеплер.

Теория многогранников тесно связана с новыми разделами математики: топологией, теорией графов, комбинаторикой многогранников и имеет большое значение для практических приложений в других разделах математики (алгебре, теории чисел, прикладной математике), а также в физике, кристаллографии. Научные мысли в этих областях связаны с именами: Л. Эйлера, О. Коши, Л. Шлефли, Е.С. Фёдорова, Д. Гильберта, Кон-Фоссена, Ж. Адамара, Г.С.М. Кокстера, А.Д. Александрова, В.Г. Ашкингузе и др.

Пятерка ПМ не теряет популярность на протяжении всей истории науки. И в наши дни на основе платоновых тел и ЗС были сделаны «выдающиеся научные открытия современной науки, ... в частности, квазикристаллы и фуллерены, удостоенные нобелевских премий» [5].

ПМ изучают в школьном курсе геометрии [6], в основе которого до сих пор лежат «Начала» Эвклида. В курсе начертательной геометрии к ПМ обращаются изредка [7], несмотря на содержательный предмет исследования и наличие интересных свойств.

## 2. Основные понятия

Правильный многогранник – это выпуклый многогранник, каждая грань которого правильный  $p$ -угольник и в каждой ее вершине сходится одинаковое число  $q$  таких граней.

Рассмотрим икосаэдр и додекаэдр как наиболее сложные и интересные среди тел Платона не только множеством симметрий, но и наличием в их геометрии правильных пятиугольников и, как следствие, пропорций ЗС.

ПМ принято обозначать символом Шлефли  $\{p, q\}$ : икосаэдр  $\{3, 5\}$  и додекаэдр  $\{5, 3\}$ . Они подчиняются формуле Эйлера, связывающей число вершин ( $V$ ), граней ( $\Gamma$ ) и ребер ( $P$ ) любого выпуклого многогранника простым соотношением:  $V + \Gamma = P + 2$ .

Эта пара двойственных (дуальных) фигур, что проявляется при построении, они меняют не только положение вершин и центров граней относительно друг друга, но и их количество. «Сделать им это легко», так как число граней  $\Gamma = 20$  икосаэдра совпадает с числом вершин  $V = 20$  додекаэдра, а число вершин  $V = 12$  икосаэдра равно числу граней  $\Gamma = 12$  додекаэдра. У них одинаковое количество ребер  $P = 30$ . Оба многогранника имеют по 1 центру симметрии и по 15 осей и плоскостей симметрии. И символы Шлефли  $\{3, 5\}$  и  $\{5, 3\}$  у них зеркальны.

Это дает основание предположить, что для двойственных фигур способы построения должны быть аналогичные.

## 3. Построение икосаэдра и додекаэдра

Последователем древних греков в изучении тел Платона был итальянский математик, ученый монах Лука Пачоли. В книге «О божественной пропорции» [8, 9], проиллюстрированной Леонардо да Винчи, он представил ЗС и ПМ в соответствии с XIV книгой «Начал» [4]. Здесь же он впервые называет «непостижимым» тот эффект, что «сторона куба и сторона треугольника твердого тела из 20 граней, когда оба ограничены одной и той же сферой», соответствуют пропорции ЗС [8]. Это означает, что икосаэдр можно построить с помощью ЗП. Такие ЗП были известны и до публикации Л. Пачоли, свидетельство тому – Парфенон в Афинах [10].



Алгоритм построения икосаэдра на основе ЗП следующий: «вставляется один в другой три равных ЗП перпендикулярно друг другу по срединной параллели, остается только соединить ближайшие друг к другу вершины. Чтобы построить додекаэдр, нужно соединить центры граней икосаэдра. Великолепный пример ясности рассуждений!» [11].

Существует много способов построения ПМ [8, 12–15]: можно их вписать в сферу или описать около нее; использовать последовательное каскадное вписывание-описывание относительно друг друга (число возможных каскадов равно  $5! = 120$  [12]); построить фигуры на основе куба (например, додекаэдр способом «крыш», предложенным Евклидом); с использованием пропорций ЗС; с применением формул или только на основе геометрических построений и др. Можно создать плоское изображение или объемную модель на компьютере [16].

Возникает вопрос: почему в источниках [8, 9, 12–15, 17], где речь идет о ЗП для построения икосаэдра, нет упоминания об аналогичном способе для додекаэдра? Да, прямоугольники для додекаэдра будут не «чисто» золотые (отношение сторон, как целого к меньшей части), но из «семейства» ЗС.

И. Кеплер называл куб «родителем» всех ПМ, может, потому, что на его основе все другие создаются наиболее рационально, логично и наглядно. Рассмотрим построение 3D-моделей икосаэдра и додекаэдра в AutoCAD на основе прямоугольников пропорции ЗС, у которых большая сторона  $a$  будет равна стороне условного куба. Следовательно, фигуры можно рассматривать как вписанные в куб.

#### 4. Построение икосаэдра, вписанного в куб

Вначале построим икосаэдр по известному алгоритму.

Стороны прямоугольника  $H$  (рис. 1,  $a$ ) должны находиться в отношении ЗС. Методом треугольника (рис. 1,  $b$ ) делим отрезок  $a$  на части такие, что  $a : c = c : b = \Phi$ . Затем три одинаковых ЗП располагают симметрично и перпендикулярно друг другу. По алгоритму точки 1, 2, 3 (см. рис. 1,  $a$ ) задают одну из 20 граней икосаэдра. В этой плоскости командой *Правильный многоугольник / Сторона* создаем треугольник с указанием т. 1 и 2, превращаем его в поверхность. *Круговым массивом* относительно точки 3 оси  $O-3$  строим 5 граней с общей вершиной (рис. 1,  $b$ ). К некоторым из граней трижды применяем команду *3D-зеркало*, в качестве зеркальных плоскостей используем два ЗП и плоскость симметрии, заданую точками 4, 5, 6.

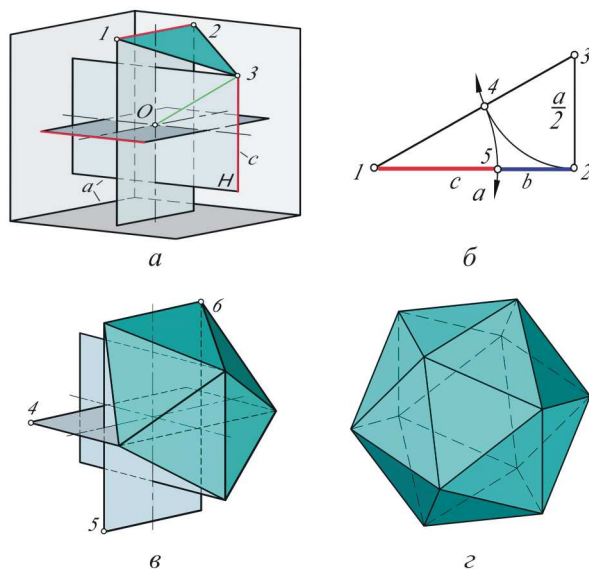


Рис. 1. Построение икосаэдра на основе золотых прямоугольников:  
 а – модель ЗП и построение одной грани икосаэдра; б – деление отрезка  
 в пропорции ЗС; в – построение пяти граней при одной вершине;  
 г – модель икосаэдра

Применив команду *Редактировать поверхность / Наполнить*, преобразуем поверхности граней, образующих замкнутый объем, в 3D-тело (рис. 1, г). Икосаэдр готов.

## 5. Построение додекаэдра, вписанного в куб

Строим додекаэдр, используя для сравнения прежние ЗП с поправкой (можно построить новые). При построении выявляется интересная особенность. Оказывается, если икосаэдр и додекаэдр вписаны в один и тот же куб, то их стороны тоже находятся в золотом отношении  $\Phi$ . Следовательно, сторона додекаэдра равна  $b$  – меньшему отрезку ЗС (см. рис. 1, б). Вносим поправку в геометрию прямоугольников для додекаэдра, расположив отрезки  $b$  посередине малых сторон тех же ЗП (рис. 2, а). Отношение сторон (целого к меньшей части) нового прямоугольника для додекаэдра  $a:b \approx 2,618$ , а для икосаэдра у ЗП оно было  $a:c \approx 1,618$ .

В данном случае конечные точки 1, 2, 3 отрезков  $b$  укажут плоскость грани додекаэдра, в которой нужно вычертить *Правильный пятиугольник / Сторона*, указав точки 1 и 2. Диагональ пятиугольной грани равна стороне икосаэдра  $c$ .

Последующие действия команды *Кругового массива* с центром в точке  $B$  луча  $O-B$  (рис. 2, б) и трижды примененной *3D-зеркало* относительно плоскостей прямоугольников создают замкнутый объем додекаэдра, ограниченный поверхностями. Создадим из него 3D-тело – додекаэдр (рис. 2, в).

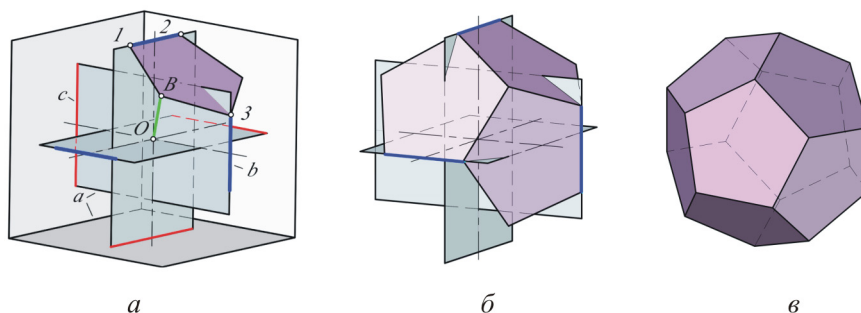


Рис. 2. Построение додекаэдра на основе прямоугольников с отношением сторон пропорции ЗС:  $a$  – модель прямоугольников для додекаэдра и построение одной его грани;  $б$  – построение трех граней при одной вершине;  $в$  – модель додекаэдра

Итак, если фигуры вписаны в куб, то икосаэдр строится на основе прямоугольников со сторонами, в отношении целого и большей части, а додекаэдр – в отношении целого и меньшей части, где целое – это сторона куба.

## 6. Построение каскада двойственные фигур

Двойственные фигуры были построены на совпадающих ребрах  $c$  и  $b$ . Повернув додекаэдр (или икосаэдр) на  $90^\circ$ , создадим классическое двойственное соединение дуальных многогранников (рис. 3, а). Внешние вершины образуют выпуклую оболочку, называемую «ромботриаконтаэдром», а общая часть соединения – ядро – носит название «икосододекаэдр».

Каркасное изображение этого двойственного соединения на виде по стрелке (см. рис. 3, а) показано на рис. 3, б. На нем наглядно видна конструкция двух ЗП со сторонами  $a$ ,  $c$  и отрезком  $b$ , а также все элементы фигур: стороны – отрезки  $c$  и  $b$ ; проецирующие грани икосаэдра –  $i$  и додекаэдра –  $d$ ; положение их вершин – точки  $1$  и  $2$  – все, что необходимо для построения каскада дуальных многогранников.

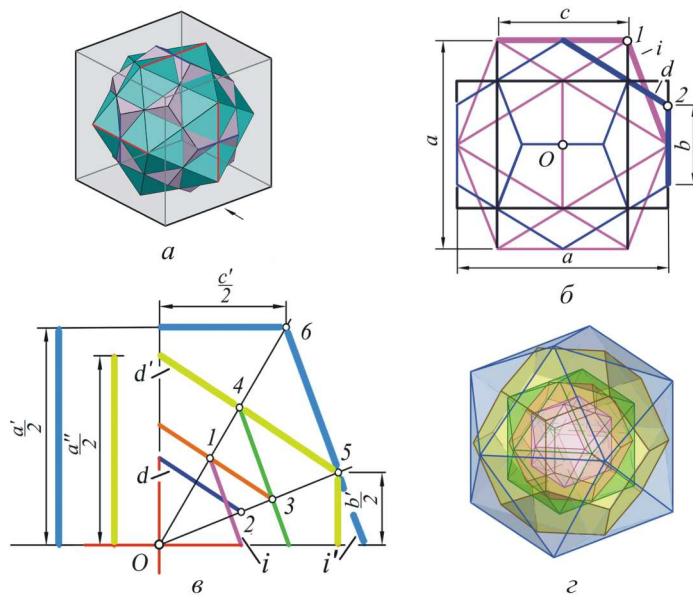


Рис. 3. Построение каскада двойственных фигур икосаэдра и додекаэдра: *a* – двойственное соединение дуальных многогранников; *б* – каркасное изображение двойственного соединения; *в* – схема каскада дуальных фигур; *г* – модель каскада

Аналогичную 2D-схему (ее верхнюю правую четверть – см. рис. 3, *в*) с изображением на ней центра симметрии т. *O*, граней икосаэдра *i* и додекаэдра *d*, а также положения их вершин т. *1* и *2* легко построить, так как все размеры известны из пропорции ЗС. На основе дуальности фигур нужно скопировать отрезки *i* и *d* к точкам *3*, *4* и т.д., смоделировав этот бесконечный каскад на плоскости, и определить стороны ЗП для построения фигур в объеме.

Так, для «случайного» икосаэдра *i'* с вершиной в точке *б* отношение сторон его прямоугольника будет равно  $a':c'$ . Для додекаэдра *d'* с вершиной в точке *5* –  $a'':b'$ .

На рис. 3, *г* видим каскадное соединение дуалов, состоящее из 3 икосаэдров и 2 додекаэдров, с соответствием цвета фигур в объеме и на схеме.

## 7. Построение икосаэдра и додекаэдра, описанных около куба

На основе ЗП можно построить икосаэдр и додекаэдр, описанные около куба.

Чертим схему, аналогичную рис. 3, *б*, и добавляем контур куба со стороной *a*. На схеме (рис. 4, *а*) индекс *v* означает фигуры, вписанные

в куб,  $o$  – описанные. Вначале строим додекаэдр  $do$ , используя т. 1 – вершину куба (вершина куба соответствует вершине додекаэдра, но не очерковой, что хорошо видно на объемных фигурах), определяем стороны его прямоугольников –  $ado$  и  $bo$ . Полученная т. 2 на луче вершин икосаэдра позволяет построить описанный икосаэдр  $io$  и определить стороны его ЗП –  $aio$  и  $co$ .

Изображение описанных даульных фигур около куба показано на рис. 3, б, в.

Определить стороны  $ado$  и  $bo$  ЗП додекаэдра, описанного около куба, можно также методом квадрата (см. рис. 4, з), т.е. находим приращение  $bo$  в пропорции ЗС относительно  $a$ .

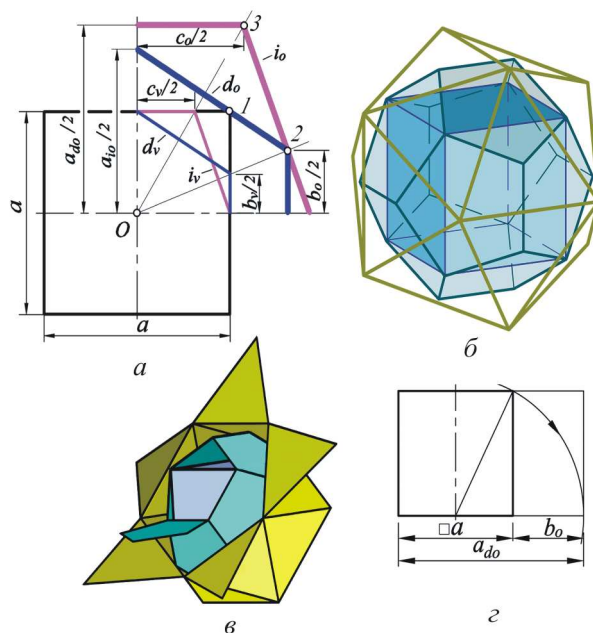


Рис. 4. Построение икосаэдра и додекаэдра, описанных около куба:  
 а – схема для описанных фигур; б, в – модели фигур, описанных около куба;  
 з – метод квадрата для приращения отрезка в пропорции ЗС

### Выводы

Дополнен алгоритм построения додекаэдра применением трех взаимно перпендикулярных прямоугольников со сторонами пропорции ЗС.

Показано, что этот алгоритм позволяет наглядно и просто строить не только один из представителей «высшего порядка» тел Платона – икосаэдр, но и додекаэдр.

Установлено, что прямоугольники с отношением сторон пропорции ЗС можно использовать при построении фигур как вписанных в куб, так и описанных около него.

Схема, созданная на основе ЗП, позволяет «предвидеть» каскад двойственных икосаэдра и додекаэдра и определить размеры ЗП для его построения.

Про прямоугольники с отношением сторон пропорции ЗС можно сказать, что они являют собой не только «великолепный пример ясности рассуждений», но и пример ясности представления. Впрочем, одно с другим связано.

### Список литературы

1. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2015. – 602 с.

2. Шаль М. Исторический обзор происхождения и развития геометрических методов [Электронный ресурс]. – Т. 2. – М.: Моск. мат. о-во, 1883. – 748 с. – URL: <http://bookre.org/reader?file=444142&pg=2>.

3. Кольман Э. История математики в древности [Электронный ресурс]. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1961. – 235 с. – URL: [http://www.mathedu.ru/lib/books/kolman\\_istoriya\\_matematiki\\_v\\_drevnosti\\_1961](http://www.mathedu.ru/lib/books/kolman_istoriya_matematiki_v_drevnosti_1961).

4. Мартыненко Г.Я. Математика Гармонии: Возрождение (XIV–XVI вв.) (к 500-летию книги Луки Пачоли «О божественной пропорции») [Электронный ресурс] // Академия тринитаризма (эл. № 77–6567, публ.16006, 20.07.2010). – URL: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001c/1679-mrt.pdf>.

5. Стахов А.П. Математика гармонии: Инновации в информационных технологиях, в основаниях математики, в образовании [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Науковедение». – 2012. – № 4. – С. 98. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/33tvn412.pdf>.

6. Крайнева Л.Б. Методика проведения спецкурса по геометрии для старшеклассников в условиях личностно-ориентированного обучения: дис. ... канд. пед. наук. – М., 2007. – 260 с. – URL: <http://www.dissercat.com/content/metodika-provedeniya-spetskursa-po-geometrii-dlya-starshklassnikov-v-usloviyakh-lichnostno-orientirovannogo-obucheniya>.

7. Кроев Ю.И. Начертательная геометрия. – М.: КноРус, 2015. – 422 с.

8. Divina proportione: opera a tutti glingegni...: Internet Archive. – URL: <https://archive.org/details/divinaproportion00raci/page/n41>.

9. Щетников А.И. Лука Пачоли и его трактат «О божественной пропорции» [Электронный ресурс] // Математическое образование. – 2007. – № 1 (41). – С. 33–44. – URL: <http://www.nsu.ru/classics/pythagoras/Pacioli.pdf>.

10. Ливио М.  $\varphi$  – Число Бога. Золотое сечение – формула мироздания [Электронный ресурс]. – М.: АТС, 2015. – 218 с. – URL: <http://zodorov.ru/mario-livio---chislo-boga-zolotoe-sechenie--formula-mirozdaniy.html?page=7>.

11. Наука. Величайшие теории: выпуск 14: Трехмерный мир. Евклид. Геометрия [Электронный ресурс]. – М.: Де Агостини, 2015. – 168 с. – URL: <https://coollib.com/b/337501/read>.

12. Смирнова И.М. Каскады из правильных многогранников [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vasmirnov.ru/Lecture/Kaskady/Kaskady.htm>.

13. Гарднер М. Математические головоломки и развлечения [Электронный ресурс]: гл. 23. – М.: Мир, 1971. – 511 с. – URL: <http://mathemlib.ru/books/item/f00/s00/z0000043/st025.shtml>.

14. Долбилин Н.П. Три теоремы о выпуклых многогранниках [Электронный ресурс] // Квант. – 2001. – № 5, 6. – С. 7–12. – URL: <http://kvant.mccme.ru/pdf/2001/05/kv0501dolbilin.pdf>.

15. Долбилин Н.П., Канель А.Я. Гармония правильных многогранников [Электронный ресурс] // Математические этюды. – 2002–2019. – URL: <http://www.etudes.ru/ru/etudes/platonic-solids-harmony>.

16. Пространственное моделирование твердотельных правильных многогранников (тел Платона) в системе AutoCAD [Электронный ресурс] / П.В. Бездетко [и др.] // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2009. – № 27. – С. 167–170. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prostranstvennoe-modelirovanie-tverdotelnyh-pravilnyh-mnogogrannikov-tel-platona-v-sisteme-autocad>.

17. Альсина, К. Тысяча граней геометрической красоты. Многогранники. – М.: Де Агостини, 2014. – 144 с.

## ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА. ИЗБАВЛЕНИЕ ОТ РУТИНЫ

**Волошинов Денис Вячеславович**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург

Статья посвящена рассмотрению ряда вопросов, связанных с устранением причин высокой трудоемкости предметного исполнения конструктивных геометрических моделей. На основе принципов согласования параметров и копирования структур алгоритмов продемонстрированы возможности быстрого синтеза геометрических моделей и повышения точности выполняемых с их помощью расчетов.

**Ключевые слова:** конструктивное геометрическое моделирование, геометрическая машина, геометрический эксперимент, информационная система, множественные вычисления.

## TECHNOLOGY OF GEOMETRIC TOOLS APPLICATION. GETTING RID OF THE ROUTINE

**Voloshinov Denis Vyacheslavovich**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Communications

The article is devoted to the consideration of a number of issues related to the elimination of the reasons for the high labor intensity of the subject execution of structural geometric models. Based on the principles of matching the parameters and copying the structures of the algorithms, the possibilities of fast synthesis of geometric models and increasing the accuracy of calculations performed with their help are demonstrated.

**Keywords:** Constructive geometric modeling, geometric machine, geometric experiment, information system, multiple calculations.

Перейдем к рассмотрению второго аспекта, определяющего требования к разработке системы автоматизации конструктивного геометрического моделирования. Речь пойдет о проблеме снижения трудоемкости процесса синтеза геометрической модели. Попробуем определить причины того, что предметное воплощение геометрической модели в виде чертежа требует от его создателя множества усилий и временных затрат.

Самая существенная причина, оказывающая значительное влияние на общую трудоемкость исполнения чертежа, – это необходимость многократного циклического повторения одинаковых последовательностей промежуточных построений к некоторому фиксированному набору объектов при позиционном изменении одного из них. Такие построения осуществляются, в частности, для синтеза некоторого интегрированного



образа, например, для построения кривых, проходящих через множество рассчитанных в процессе выполненных итераций точек. Безусловно, область применения итерационно повторяемых построений не ограничивается только приведенным примером.

Количество итераций, требуемых для обеспечения приемлемой точности результата, не всегда легко определить заранее. Обычно считается, что для практических нужд вполне достаточно выполнить 10–15 промежуточных построений, результаты которых позволят в целом судить о форме получаемого геометрического образа и после этого считать ее достоверной. Для вычерчивания интегрированного образа к полученным данным применяются интерполирующие инструменты (например, лекала). Подобное допущение, безусловно, является источником потери точности и возможности возникновения ошибок, с которыми в какой-то мере можно бороться путем увеличения числа итераций. Но это непременно приведет к повышению общей трудоемкости проекта.

В работе Д.В. Волошинова<sup>1</sup> были сформулированы требования к способу организации программ, реализующих конструктивные геометрические построения. В частности, в качестве основного требования была указана необходимость обеспечения недетерминированного описания конструкций геометрических машин. Это требование входит в противоречие с принципом многократного выполнения однотипных операций с переменным в общем случае количеством итераций. Решить эту проблему удалось путем реализации концепции представления данных в переменных не в виде единственного поименованного объекта, а в виде именованного упорядоченного списка индексированных объектов. За счет такого представления геометрических данных удалось добиться реализации двух принципиально важных качеств системы. Во-первых, структура самой программы от предложенного нововведения никак не изменилась. Она по-прежнему соответствует принципу недетерминированного стиля ее формирования, порядок ее исполнения не зависит от последовательности записи команд в программе. Это означает, что способ взаимодействия проектировщика с системой по-прежнему не требует соблюдения строгого порядка действий. Во-вторых, с методической точки зрения на этапе проектирования алгоритма все рассуждения о многократно выполняющемся построении с переменным количеством

---

<sup>1</sup> Волошинов Д.В. Технологии применения геометрического инструмента. Основы // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VIII междунар. интернет-конференции, февраль – март 2019 г. – Пермь, 2019.

образующихся при этом объектов можно выполнять на примере их единственного представителя, т.е. полагать, что итерация выполняется однократно и не по отношению к списку объектов, а к их единственному индивидуальному представителю. И это очень удобно! Фактически, процесс проектирования конструкции геометрической машины с множественными повторяющимися построениями свелся к проектированию такой конструкции без необходимости существенно принимать эту множественность в расчет.

Что же в таком случае изменилось, помимо введения в систему списочных переменных с произвольной длиной списков? В состав отношения была введена запись, получившая название *признак вида согласования параметров*. Анализ принципов выполнения множественных однотипных геометрических построений показал, что с формальной точки зрения они определяются порядком взаимодействия входных параметров отношения, реализующего то или иное сопоставление пар упорядоченных множеств объектов, заключенных в списках этих параметров. Эти отношения между элементами множеств хорошо известны. Основных видов согласования, используемых в системе «Симплекс», четыре: простое, множественное, сдвиговое и циклическое сдвиговое. На основе этих четырех видов согласований формируются комбинированные разновидности согласований, если количество входных параметров отношения больше двух.

Под простым согласованием понимается соответствие между элементами множеств  $A$  и  $B$  вида «один к одному». Это означает, что каждый элемент одного множества вступает во взаимодействие с равным по порядковому номеру элементом другого множества и только с ним с получением соответственного по номеру объекта выходного параметра  $C$ . При неравенстве количества элементов в списках  $A$  и  $B$  за предельное значение принимается минимальное из значений длин списков  $A$  и  $B$ . Аналогичный принцип нетрудно распространить и на тот случай, если количество входных параметров отношения превышает число два.

Под множественным согласованием понимается соответствие между элементами множеств  $A$  и  $B$  вида «все ко всем». Это означает, что каждый элемент одного множества вступает во взаимодействие со всеми по порядку элементами другого множества, в результате чего в выходном параметре  $C$  накапливаются значения объектов в количестве, равном произведению длин исходных списков  $A$  и  $B$ . Множественное согласование имеет два частных случая, имеющих исключительно важ-

ное значение в практике проектирования конструктивных геометрических алгоритмов. Эти случаи характеризуются тем, что либо исходный список  $A$ , либо исходный список  $B$  имеет только один элемент. Тогда схемы согласования будут устанавливать между элементами множеств соответствия типа «один ко всем» или «все к одному».

Под сдвиговым согласованием понимается такое соответствие между элементами множеств  $A$  и  $B$ , при котором каждый очередной элемент множества  $A$  вступает во взаимодействие со следующим по порядковому номеру элементом множества  $B$ . Наибольший практический интерес представляет случай, когда параметры  $A$  и  $B$  представлены одним и тем же списком. Такое согласование позволяет, например, очень легко реализовать операцию синтеза интегрированного образа по представляющим его дискретным данным.

И последняя базовая разновидность согласования параметров – циклическое сдвиговое согласование. Оно отличается от сдвигового согласования тем, что последний элемент первого списка вступает во взаимодействие с первым элементом второго списка. Другими словами, используя циклическое сдвиговое согласование, можно строить геометрические образы с самозамыканием.

Как уже было отмечено ранее, в случае количества параметров отношения, превышающем число два, возникает необходимость назначать комбинированное согласование. В этом случае параметры разбиваются на пары в соответствии со смысловым содержанием геометрического построения. После определения согласования, скажем, для пары параметров  $A$  и  $B$ , результат этого согласования может быть выражен промежуточным списком  $AB$ , который, в свою очередь, вступает во взаимодействие со следующим списком, например  $C$ , и т.д. Таким образом, формируется достаточно сложное комбинированное согласование, представленное как комбинация более простых.

На первый взгляд может показаться, что введение аппарата согласования параметров – это существенное усложнение работы пользователя, однако это не так. Несложно показать, что проектирование типовых алгоритмов подчинено проявлению лишь нескольких простых эвристических правил, которые позволяют системе определять и назначать отношениям виды согласований параметров автоматически. Так что пользователь может, в принципе, не задумываться о назначении видов согласования вообще.

Необходимость соблюдения строгого порядка образования объектов в результате выполнения вычислительной работы отношений, кото-

рое возлагается на систему, а не на пользователя, требует введения еще одной специальной разновидности объектного типа, который получил название nil-объект (объект с неопределенным значением). Его основное предназначение – замещать собой результат вычислительной работы отношения в тех случаях, когда значение функции при заданных значениях входных параметров отношения неопределенно. Игнорирование отсутствия решений в условиях согласования параметров непременно привело бы к нарушению порядка объектов образуемых выходных множеств и, следовательно, к получению принципиально неверных результатов. В отношении nil-объекта определено единственное бизнес-правило: при взаимодействии с любым объектом в любой операции nil-объект порождает новый nil-объект.

В качестве иллюстрации применения различных видов согласования параметров приведем исключительно простой пример: развертку окружности в синусоиду. Разумеется, продемонстрированные принципы столь же легко могут быть применены к построениям произвольной сложности.

Рассмотрим задачу. На плоскости задана окружность  $d1$  с центром в точке  $p1$ . Требуется развернуть эту окружность в синусоиду, «начинающуюся» из точки  $p2$ . Определим длину  $c1$  окружности  $d1$  и отложим эту длину от точки  $p2$  с целью получения точки  $p3$ . Построим на точках  $p2$  и  $p3$  отрезок  $o2$ .

Разобьем его, а также исходную окружность  $d1$  на 12 равных частей. Эти действия будут выполнены путем назначения двух отношений вида «точка принадлежит объекту с параметром». Обратим внимание на виды согласования параметров в этих отношениях:

Точка  $\langle p4 \rangle$  принадлежит объекту  $\langle o2 \rangle$  с параметром принадлежности  $\langle [0 \sim 1 \sim 12] \rangle$ . Согласование «Множественное».

Точка  $\langle p5 \rangle$  принадлежит объекту  $\langle d1 \rangle$  с параметром принадлежности  $\langle [0 \sim 1 \sim 12] \rangle$ . Согласование «Множественное».

Здесь под конструкцией вида  $[0 \sim 1 \sim 12]$  подразумевается вычисление 13 чисел от 0 до 1 включительно с равномерным разбиением этого диапазона на 12 равномерных интервалов. Таким образом, единичные объекты  $o2$  и  $d1$  должны вступить во взаимодействие со множеством чисел, состоящим из 13 элементов, чтобы в результате на отрезке и на окружности образовались по 13 точек.

Теперь для получения множества горизонтальных прямых, исходящих из точек  $p5$ , и множества вертикальных прямых, исходящих из точек  $p4$ , применим два отношения следующего вида:

*Прямая  $\langle o3 \rangle$  задана точкой  $\langle p5 \rangle$  и углом  $\langle 0 \rangle$  к оси  $OX$ . Согласование «Множественное».*

*Прямая  $\langle o4 \rangle$  задана точкой  $\langle p4 \rangle$  и углом  $\langle 90 \rangle$  к оси  $OX$ . Согласование «Множественное».*

В обоих случаях следует применить множественное согласование, так как множества  $p4$  и  $p5$  содержат по 13 объектов, и они должны вступить во взаимодействие с множествами, содержащими в себе по одному числу (90 и 0 соответственно) (рис. 1). Узловые точки  $p6$ , через которые пройдет ломаная, аппроксимирующая синусоиду, находятся на пересечении прямых  $o3$  и  $o4$ . Согласование параметров в этом отношении должно быть простым, так как каждая из участвующих в операции прямых должна вступить во взаимодействие только с соответственной ей по порядковому номеру прямой. Остается лишь соединить точки множества  $p6$  с помощью отношения *Прямая  $\langle o5 \rangle$  задана точками  $\langle p6 \rangle$  и  $\langle p6 \rangle$* . Согласование «Сдвиговое» (см. рис. 1).

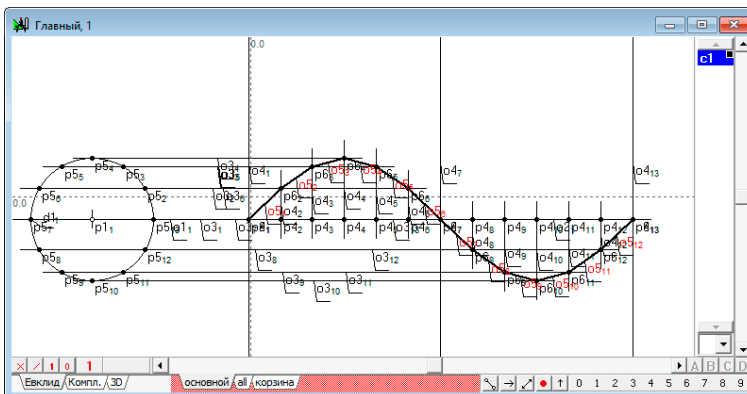


Рис. 1. Использование сдвигового согласования для построения интегрального аппроксимирующего объекта

Конечно, полученная аппроксимация является достаточно «грубой». Поэтому заменим на  $n$  число 12 в отношениях.

*Точка  $\langle p4 \rangle$  принадлежит объекту  $\langle o2 \rangle$  с параметром принадлежности  $\langle [0 \sim 1 \sim 12] \rangle$ . Согласование «Множественное».*

*Точка  $\langle p5 \rangle$  принадлежит объекту  $\langle d1 \rangle$  с параметром принадлежности  $\langle [0 \sim 1 \sim 12] \rangle$ . Согласование «Множественное».*

Естественно, поскольку  $n$  еще не определено, изображение синусоиды и всех необходимых для ее построения объектов исчезнет.

Следует еще раз обратить внимание на то, что переменное количество итераций, необходимое для выполнения промежуточных построе-

ний, более не является проблемой, а принцип построения машины остается одинаковым как в случае построения лишь одной точки кривой, так и в случае построения произвольного количества точек. Предложенный подход позволяет существенно сократить время на получение геометрической модели, обеспечивающей высокую точность результата.

Как уже было сказано ранее, все назначения видов согласования параметров отношений можно выполнить на основе эвристик. Содержание этих эвристических правил очень простое:

1. Если в обоих списках, поступающих в процедуру автоматического согласования, содержится одинаковое количество элементов, то вероятно, что согласование параметров этого отношения простое.

2. Если в одном из списков, поступающих в процедуру автоматического согласования, содержится один элемент, а в другом – более одного элемента, то вероятно, что согласование параметров этого отношения множественное.

3. Если в обоих параметрах, поступающих в процедуру автоматического согласования, содержится один и тот же список, то вероятно, что согласование параметров этого отношения сдвиговое.

Поэтому в режиме назначения автоматического согласования можно получить необходимую конструкцию, построив ее только для одного элемента. Если впоследствии определить в одном из отношений алгоритма, от которого зависит общий результат построения, входной параметр в качестве списка со множественным составом объектов, заменив им список с единичным объектом, то все зависящие от этой замены отношения поменяют согласование своих параметров автоматически, без усилий со стороны пользователя. Продемонстрируем эту идею на простом примере.

Пусть нам требуется построить недостающие проекции линии на поверхности сферы (рис. 2). Решим эту задачу лишь для одной точки, расположенной на этой линии. Активировав режим автосо согласования, определим множество точек на фронтальной проекции линии. Необходимый результат будет получен незамедлительно.

Реляционный характер конструктивных геометрических моделей позволяет выполнять автоматический синтез отношений алгоритма по заданному образцу. Предположим, что в предыдущей задаче требуется выполнить построение проекций не одной, а двух различных линий. Понятно, что принцип построений в обоих случаях совершенно одинаковый. Поэтому, если в нашем распоряжении имеется информация о связи

результата со входным объектом промежуточного построения, то такую связь можно продублировать, естественно, выполняя замены имен объектов в новых продуцируемых отношениях.

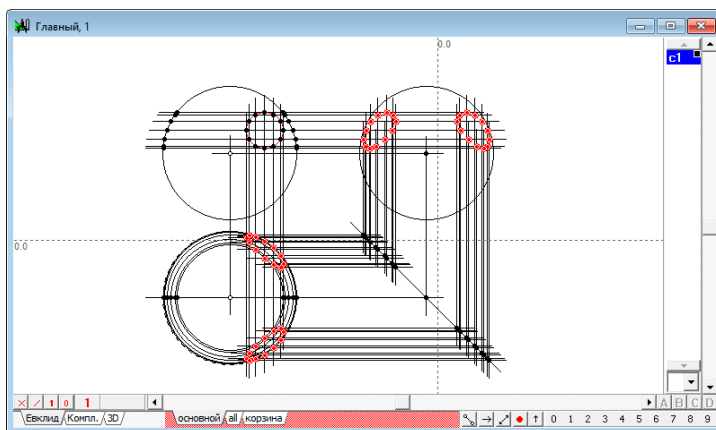


Рис. 2. Результат применения режима автосогласования параметров к единичному решению задачи

Пусть теперь необходимо выполнить построение проекций линии на сфере, фронтальная проекция которой представлена треугольником. Определим на треугольнике точку.

Для решения поставленной задачи необходимо указать связь между входным и двумя выходными объектами предыдущего построения. Это можно сделать с помощью двух объектов типа «связь», которые динамически отслеживают все изменения, возникающие в теле проектируемого алгоритма (рис. 3).

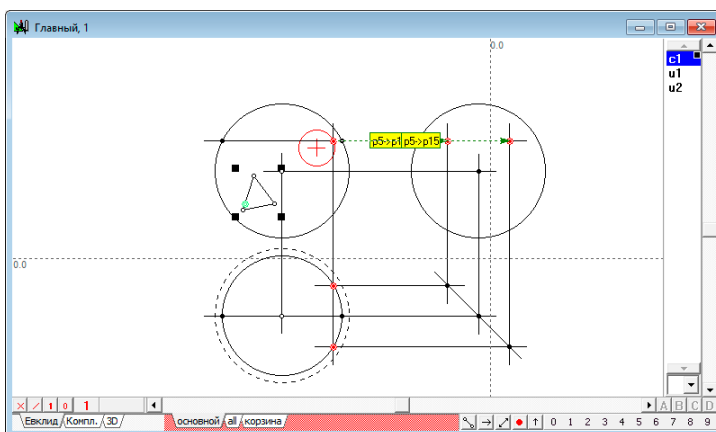


Рис. 3. Указание связей между входными и выходными объектами промежуточного построения

Нам остается дважды применить эти объекты по отношению к зеленой точке и получить необходимый результат (рис. 4).

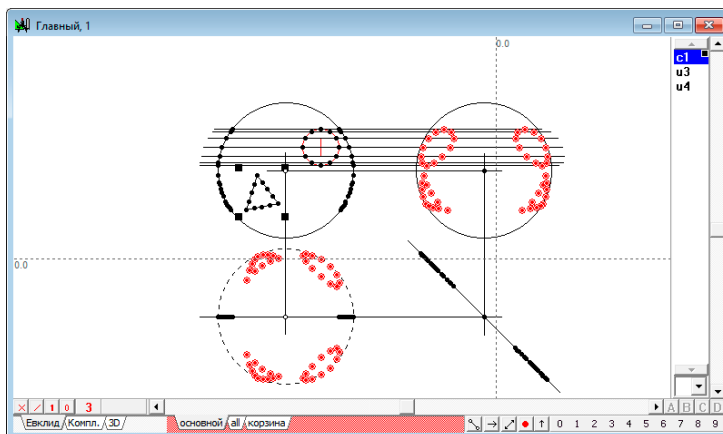


Рис. 4. Результат применения связи к новой линии (треугольнику) с учетом множественности решений

Подводя итог сказанному, следует отметить следующее. Предложенная концепция системы проектирования конструктивных геометрических моделей позволяет не только сохранить естественность способа приложения геометрического метода к решению задач, но она также способствует кардинальному снижению трудоемкости этого процесса. Отсутствие различий в принципах построения единичных и множественных решений позволяет обеспечивать достаточную точность, не затрачивая на это дополнительных сил и времени проектировщика. При этом степень сложности реализуемых алгоритмов принципиально ничем не ограничивается.

Принципы и методики, нашедшие отражение в статье, конечно же, не раскрывают всех механизмов снижения трудоемкости, которые уже реализованы в рамках предлагаемой концепции и которые предполагается реализовать в будущем. Но их вполне достаточно, для того чтобы продемонстрировать «предрасположенность» конструктивных геометрических моделей к параллельным и конвейерным вычислениям, которые можно реализовать в виде специализированных кибернетических устройств.



# МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ НЕЦИРКУЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗАДАЧ

**Гайдарь Олег Георгиевич**

Донецкий национальный технический университет, Донецк

Рассмотрена методология решения нециркульных линейчатых конструктивных задач, содержащих одну гонометрическую или одну эквигональную связь.

**Ключевые слова:** конструктивная задача, нециркульная задача, гонометрические связи, эквигональные связи, проекции.

## METHOD FOR SOLVING NON-CIRCULAR CONSTRUCTIVE PROBLEMS

**Gaidar Oleg Georgiyevich**

Donetsk National Technical University

The paper discusses the methodology for solving non-circular linear and constructive problems containing one homometric or one equigonal connection

**Keywords:** constructive problem, non-circular problem, gonometric connections, equigonal connections, projections.

Конструктивные задачи, наверное, самые древние в истории геометрии. Геометрическими построениями занимались почти все крупные древнегреческие геометры: Пифагор и его ученики, Гиппократ, Евклид, Архимед, Апполоний, Папп и мн. др. Много внимания уделяли конструктивным задачам творцы современной математики: Декарт, Ферма, Ньютон, Паскаль, Эйлер, Гаусс. В XVII–XIX веках разработана теория геометрических построений с помощью различных инструментов, отличных от принятых древними. Датчанин Мор (1672), итальянец Маскерони (1797), француз Понселёж (1813), швейцарец Штейнер (1833), немец Адлер изучали построения, выполнимые циркулем и линейкой, и обнаружили, что циркуль позволяет решить всякую конструктивную задачу, разрешимую циркулем и линейкой, и наоборот – только с помощью линейки можно решить всякую циркульную задачу [1]. С конца XIX и по конец XX века теория геометрических построений сформировалась в обширную и глубоко развитую область математики, связанную с решением разнообразных принципиальных вопросов, уходящих в другие ветви математики [1].

В работе [2] мы начали рассматривать конструктивные задачи с точки зрения компьютерной реализации их решения. Была проведена

классификация конструктивных задач и выявлены их элементарные составляющие – симплексы. Показано, что таких симплексов для линейчатых конструктивных задач существует всего 10.

Все известные линейчатые конструктивные задачи можно свести к 344 задачам. Среди них 22 параметрических, 37 функциональных и 285 функционально-параметрических [2]. Разрешимы с помощью циркуля и линейки 143 задачи – такие задачи будем называть циркульными, остальные имеют степень уравнения выше второй, т.е. не могут быть решены с помощью циркуля и линейки – будем их называть нециркульными.

*Признак*, по которому можно определить, является ли задача циркульной или нет, заключается в следующем. Если в задаче есть две связи (функциональные, или параметрические, или одна функциональная, а другая параметрическая), зависящие от углов, то такая задача является циркульной.

Все представленные симплексы хорошо известны, но они позволяют решить только весьма ограниченный круг циркульных конструктивных задач [3]. При этом остается не тронутым огромный пласт нециркульных задач. В этой работе разберемся в методологии решения конструктивных задач 3-й и выше степени.

Нециркульные линейчатые конструктивные задачи могут содержать либо одну гонометрическую связь, либо одну эквигональную связь, либо не иметь угловой связи.

Каждый из этих трех типов задач имеет свою методику решений. В этой работе рассмотрим только первых два случая.

Пусть задача содержит *одну гонометрическую связь*. Например, в условии задачи: Построить прямую  $x$  на расстояниях  $R1$ ,  $R2$  от точек  $A$ ,  $B$ , под углом  $\alpha$  к прямой  $s$  и равноудаленную от точек  $D$ ,  $E$  – содержится одна гонометрическая связь. При решении таких задач следует выбрать дополнительную плоскость проекций П5, перпендикулярную оси конуса  $\Phi$ . Конус  $\Phi$  образован осью  $s$  и углом  $\alpha$  наклона образующих  $m^i$  к оси  $s$ . В данной конкретной задаче плоскость П5 должна быть перпендикулярной прямой  $s$ . Если в задаче сказано, что необходимо построить прямую  $x$  под углом  $\alpha$  к плоскости  $\Sigma$ , то дополнительная плоскость проекций должна быть параллельна плоскости  $\Sigma$ . В этом случае ось конуса  $\Phi$  будет перпендикулярна к П5. Угол  $\beta$  наклона образующих  $m^i$  конца  $\Phi$  к плоскости П5 будет равен  $90^\circ - \alpha$ .

Проецируем на плоскость П5 конус  $\Phi$ . Ось  $s$  конуса изобразится точкой  $s5$ , основание конуса  $\Phi$  – в виде окружности  $K5$ . Основание  $K$

можно взять на любом расстоянии от вершины  $S$ . Вершина  $S$  назначается в произвольном месте прямой  $c$ . На плоскость  $\Pi_5$  проецируем и остальные фигуры задачи (рис. 1, а).

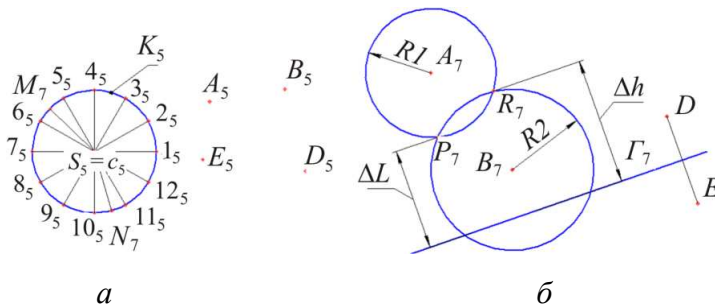


Рис. 1

В заданной конкретной задаче – точки  $A, B, D, E$ . На окружности  $K$  назначаем ряд точек  $1 \dots n$ . На рис. 2 назначено 12 точек.

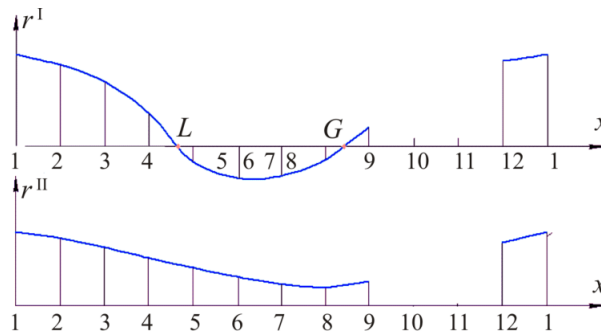


Рис. 2

Соединим точки  $1 \dots 12$  с вершиной  $S$ . Получим 12 образующих  $m^i - S1 \dots S12$ . Возьмем образующую  $S1$  и преобразуем чертеж так, чтобы образующая  $S1$  спроецировалась в точку (рис. 1, б). Окружности с центрами в точках  $A7$  и  $B7$  являются множествами прямых, перпендикулярных  $\Pi_7$ , следовательно, параллельных  $S1$ , так как  $S1$  спроецировалась на  $\Pi_7$  в точку  $S7 = I7$ . Окружности, пересекаясь в точках  $P7$  и  $R7$ , задают две прямые, удаленные от точек  $A$  и  $B$  на расстояния  $R1, R2$  и параллельные  $S1$ . Соединим точки  $D7$  и  $E7$ . Прямую  $D7E7$  разделим пополам. Через середину  $D7E7$  проведем прямую  $\Gamma_7$ , перпендикулярную  $D7E7$ . Прямая  $\Gamma_7$  является перпендикулярной плоскости  $\Gamma$ , перпендикулярной  $\Pi_7$ . Она содержит в себе прямые, перпендикулярные  $\Pi_7$  и равноудаленные от точек  $D$  и  $E$ . Заметим, что прямая  $DE$  в общем случае не перпендику-

лярна  $\Gamma$ . Если же точки  $D$  и  $E$  будут одинаково удалены от  $\Pi_7$ , то  $DE$  будет перпендикулярна  $\Gamma$ . Когда  $\Gamma_7$  пройдет через точку  $P_7$  или  $R_7$ , то точка  $P_7$  или  $R_7$  будет проекцией искомой прямой  $x$ . Однако, как правило,  $\Gamma_7$  не проходит ни через  $P_7$ , ни через  $R_7$ . Между  $\Gamma_7$  и  $P_7$ ,  $\Gamma_7$  и  $R_7$  отмечаем расстояния  $l$  и  $h$ .

Точно такие же операции проводим по направлению остальных 11 образующих конуса  $\Phi$ . По результатам замеров  $\Delta l$  и  $\Delta h$  строим графики. По оси  $x$  откладываем отрезки 1–2, 2–3, ..., 12–1. По оси  $y$  –  $\Delta l$  и  $\Delta h$ . Условимся считать  $\Delta l$  и  $\Delta h$  положительными величинами, если  $\Gamma_7$  ниже  $P_i$  и  $R_i$ , и отрицательными – если  $\Gamma_7$  выше  $P_i$  и  $R_i$ . Графики представлены на рис. 3.

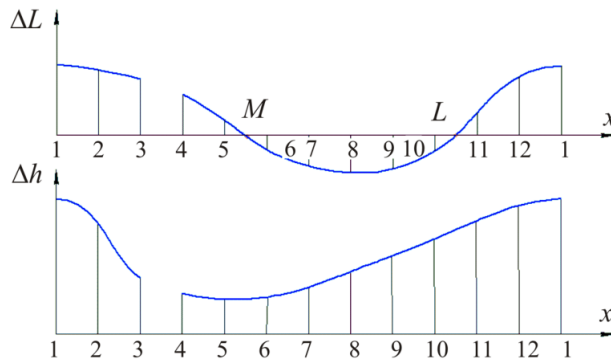


Рис. 3

Через точки, где графики пересекают ось  $x$ , пройдут искомые образующие  $x$ . В данном случае отмечены только две точки –  $M$  и  $N$ . Разрыв графиков говорит о том, что окружности с центрами в точках  $A$  и  $B$  не пересекаются по данным направлениям. График  $\Delta h$  вообще не пересекает ось  $x$ . Поэтому для данной задачи существует только две искомые линии  $x$ . Обратным проецированием находим  $x$  на исходных проекциях. Пересечение графика  $\Delta l$  оси  $x$  говорит о том, что по данному направлению  $\Gamma_i$  пройдет через точки  $P_i$  и  $R_i$ .

*Исследование.* Количество решений задачи определяется количеством точек пересечения графиков  $\Delta l$  и  $\Delta h$  оси  $x$  и пересечением или касанием окружностей с центрами в точках  $A$  и  $B$  радиусов  $R_1$  и  $R_2$ . Максимальное число решений равно 4. Также возможны 3, 2, 1 и 0 решений. Ноль решений будет, когда окружности не пересекаются (и не касаются) или графики  $\Delta l$  и  $\Delta h$  не пересекают оси  $x$ .

Рассмотрим методику решения конструктивных задач, в которых имеется одна эквигональная связь. Следует выделить здесь две группы задач:

◆ к **первой** относятся задачи, в которых необходимо построить прямую  $x$ , равнонаклонную к двум прямым или двум плоскостям;

◆ ко **второй** – прямую  $x$ , равнонаклонную к прямой и плоскости. Изучим *методику решения* таких задач на конкретных примерах.

Пусть задана задача: *Построить прямую  $x$  на расстояниях  $R_1$ ,  $R_2$  от точек  $A$ ,  $B$ , равноудаленную от точки  $C$  и прямой  $d$  и равнонаклонную к прямым  $e$  и  $q$ .*

*Анализ.* Множеством прямых, удаленных от точки  $A$  на расстояния  $R_1$  и от точки  $B$  на расстояние  $R_2$ , будет конгруэнция прямых, фокальными поверхностями которых являются сферы с центрами в точках  $A$  и  $B$  и радиусами соответственно  $R_1$  и  $R_2$ . Другими словами, это множество состоит из прямых, касательных к вышеупомянутым сферам. Оно включает в себя два конуса (или один конус и один цилиндр, если  $R_1 = R_2$ ) и однопараметрическое множество однополостных гиперболоидов.

Множеством прямых, равноудаленных от точки  $C$  и прямой  $d$ , будет комплекс прямых, касательных к сферам с центром в точке  $C$  и цилиндрам с осью  $d$ , радиусы которых попарно одинаково изменяются. Это множество заполняет все пространство.

Множество прямых, равнонаклонных к прямым  $e$  и  $q$ , представляет собой две плоскости  $\Sigma$  и  $\Gamma$  и прямые пространства, параллельные плоскостям  $\Sigma$  и  $\Gamma$ . Плоскости  $\Sigma$  и  $\Gamma$  представляют собой биссекторные плоскости углов, образованные двумя пересекающимися прямыми  $e^1$  и  $q^1$ , параллельными соответственно прямым  $e$  и  $q$ . Задать плоскости  $\Sigma$  и  $\Gamma$  можно следующим образом. Возьмем произвольную точку  $S$ .

Проведем через нее две прямые  $e^1$  и  $q^1$ , параллельные соответственно прямым  $e$  и  $q$ . Разделим углы, образованные прямыми  $e^1$  и  $q^1$ , пополам прямыми  $m$  и  $n$ . Из точки  $S$  проведем перпендикуляр  $p$  к плоскости  $T$ , образованной прямыми  $e^1$  и  $q^1$ . Биссектриса  $m$  и перпендикуляр  $p$  зададут плоскость  $\Gamma$ , плоскость  $\Sigma$  будет задана биссектрисой  $n$  и перпендикуляром  $p$ . Любая прямая  $l$ , лежащая в плоскостях  $\Gamma$  и  $\Sigma$ , будет равнонаклонна к прямым  $e^1$  и  $q^1$  и, следовательно, к прямым  $e$  и  $q$ .

В качестве дополнительной плоскости пересечения возьмем плоскость  $\Gamma$  (затем плоскость  $\Sigma$ ) или любую плоскость П5, параллельную  $\Gamma$ . Спроецируем на плоскость  $\Gamma$  (или П5) все фигуры задачи. Назначим в плоскости  $\Gamma$  произвольную точку  $M$  и через нее проведем ряд прямых. Для этих целей удобно провести окружность произвольного радиуса с центром в точке  $M$  и разделить ее на равное число отрезков, например 12 (см. рис. 3).

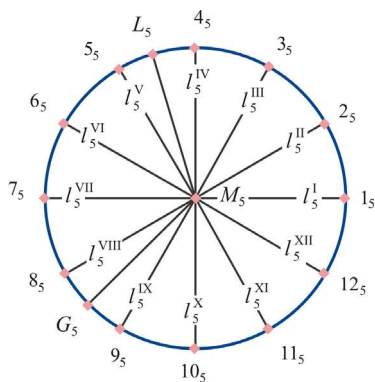


Рис. 4

Преобразуем чертеж так, чтобы прямая  $l^1$  спроецировалась в точку  $l^{17}$ . На плоскость П7 следует спроецировать и остальные фигуры задачи. На чертеже парабола  $t^7$  – множество прямых, равноудаленных от точки  $C$  и прямой  $d$  и параллельных  $l^1$ . Окружности  $k^{17}$  и  $k^{117}$  – множество прямых, удаленных от  $A$  и  $B$  соответственно на расстояния  $R1$  и  $R2$  и параллельных прямой  $l^1$ . Точки  $F7$  и  $H7$  пересечения окружностей выделяет из последних двух множеств две прямые  $g$  и  $u$ , удаленные от  $A$  и  $B$  на расстояния  $R1$  и  $R2$  соответственно, и параллельные  $l^1$ . Если

бы парабола  $t^7$  прошла через одну из точек  $F7$  или  $H7$ , то задача была бы решена, так как одна из прямых  $g$  или  $u$  была бы искомой. Поэтому для нахождения искомой прямой  $x$  необходимо осуществить преобразования чертежа столько раз, сколько назначено прямых  $li$  (рис. 4). Во всех случаях надо добиться, чтобы прямая  $li$  спроецировалась в точку. На каждом чертеже будем замерять расстояния  $r^1$  и  $r^{11}$ . Результаты замеров отложим на графике (см. рис. 4). По оси  $x$  отложим длины отрезков  $1-2, 2-3, \dots, 12-1$ , по оси  $y$  – отрезки  $r^1$  и  $r^{11}$ . Условимся: если парабола расположена относительно точек  $Fi, Hi$  слева,  $r^1$  и  $r^{11}$  – положительны, если справа – отрицательны.

На чертеже видно, что график расстояний  $r^1$  пересекает ось  $x$  в точках  $L$  и  $G$ . Если отметить точки  $L$  и  $G$  на рис. 3, то окажется, что линии  $ML$  и  $MG$  будут искомыми прямыми  $x$ , так как по направлению этих прямых парабола  $ti$  пройдет через точку  $Fi$ . На рис. 4 видно, что по всем направлениям парабола  $ti$  не проходит через точку  $Hi$ . По направлениям  $M10$  и  $M11$  окружности  $k^{1i}$  и  $k^{11i}$  не пересекаются.

Аналогичные построения следует выполнить теперь относительно плоскости  $\Sigma$ .

*Исследование.* Задача может иметь от нуля до восьми решений.

Множество прямых, равнонаклонных к двум плоскостям  $\Delta$  и  $\Lambda$ , представляет собой две плоскости  $\Sigma$  и  $\Gamma$  и прямые пространства, параллельные плоскостям  $\Sigma$  и  $\Gamma$ . Плоскости  $\Sigma$  и  $\Gamma$  представляют собой две биссекторные плоскости углов, образованных плоскостями  $\Delta$  и  $\Lambda$ . В задачах, в которых присутствует такая связь, дополнительные плоскости

проекций следует назначать параллельными или совпадающими с плоскостями  $\Sigma$  и  $\Gamma$ .

Дальнейшие построения аналогичны построениям предыдущей задачи.

Изучим методику решения задач, в которых возникает необходимость построения прямой, равнонаклонной к прямой и плоскости.

Множество прямых, равнонаклонных к прямой и плоскости, представляет собой конус  $\Phi$  и прямые пространства, параллельные образующим конуса  $\Phi$ . Построение конуса  $\Phi$  рассмотрено в п. 4 (симплекс 9) [2].

В задачах, в которых есть одна эквигональная связь на построение прямой, равнонаклонной к другой прямой и плоскости, необходимо в качестве дополнительной плоскости проекций назначить плоскость, ей параллельную. Провести на поверхности конуса  $\Phi$  некоторое число образующих, например 12. И по направлению этих образующих спроецировать на плоскости, перпендикулярные им, все фигуры, входящие в задачу. Дополнительные построения аналогичны построениям в предыдущих задачах.

В работе рассмотрена методология решения нециркульных линейчатых конструктивных задач содержащих одну гонометрическую или одну эквигональную связь. В последующем необходимо завершить исследования методики решения задач, в которых отсутствуют условия связи.

### Список литературы

1. Волошинов Д.В., Соломонов К.Н. Конструктивное геометрическое моделирование как перспектива преподавания графических дисциплин // Геометрия и графика. – 2013. – Т. 1, вып. 2. – С. 182–185.

2. Гайдарь О.Г., Пастернак Д.Н. Классификация и структурирование линейчатых конструктивных задач применительно к компьютерному моделированию // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Международ. науч.-практ. конф. – Вып. 4. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – С. 203–210.

3. Гайдарь О.Г. Методика решения циркульных конструктивных задач // Инновационные перспективы Донбасса: материалы 4-й Международ. науч.-практ. конф., г. Донецк, 22–25 мая 2018 г. Т. 3: Инновационные технологии проектирования, изготовления и эксплуатации промышленных машин и агрегатов. – Донецк: ДонНТУ, 2018. – С. 16–20.

# ИЗОЛИРОВАННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Гирш Антон Георгиевич

Universität Kassel, Кассель

Алгебраическая кривая порядка  $n$  может содержать не больше чем  $(n - 1)(n - 2)/2$  двойных точек, если точек больше – кривая распадается. Но известны случаи, когда кривая распадается и при меньшем числе двойных точек. Рассмотрению таких случаев и посвящена статья. Анализ показал наличие и природу «недостающих» для распада двойных точек распадающихся кривых. Число двойных точек, необходимых для распада кривой, во всех случаях соответствует формуле, но «недостающие» точки по своей природе оказываются мнимыми изолированными.

**Ключевые слова:** асимптота; двойные точки; коника; кривая; меридиан; ось вращения; изолированные точки; изолированная коника; поверхность; касательная плоскость; сечение; распадение.

## ISOLATED SURFACE ELEMENTS

Hirsch Anton Georgievich

Universität Kassel

**Abstract** An algebraic curve of order  $n$  can contain no more than  $(n - 1)(n - 2)/2$  double points, if the points are greater than, the curve decomposes. But there are cases when the curve decays even for a smaller number of double points. An article is devoted to an analysis of such cases. The analysis showed the presence and nature of the “missing” double points of decaying curves. The number of double points necessary for the disintegration of the curve in all cases corresponded to the formula, but the “missing” points turned out to be by their nature imaginary isolated.

**Keywords:** Keywords: asymptote; double points; conic; curve; meridian; axis of rotation; isolated points; isolated conic; surface; the tangent plane; section; disintegration.

### Введение

Евклидова геометрия является строго построенной дедуктивной системой. Она лежит в основе начертательной геометрии, конструктивной геометрии и, что сегодня актуально, в основе компьютерной геометрии. А между тем в практике геометрических конструкций обнаруживаются изъяны. Так, теорема Гаусса утверждает, что две кривые порядков  $m$  и  $n$  имеют ровно  $mn$  точек пересечения. Окружность есть кривая второго порядка. Две окружности должны иметь четыре точки пересечения. Но точек пересечения окружностей может вовсе не быть и, если постараться, их может быть самое большее две. Этот простой пример указывает на то, что система евклидовой геометрии требует более пристального внимания и нуждается в некоторых разъяснениях.



## Особенности дополненной евклидовой геометрии

◆ Евклидова геометрия строго построенная, но незамкнутая система. Это значит, что в результате геометрических операций над геометрическими фигурами может появиться фигура, которой не содержится в евклидовой геометрии, чуждая ее природе. Евклидово пространство – только часть комплексного пространства, состоящего, подобно комплексным числам, из действительных и мнимых фигур. Евклидова геометрия оперирует только действительными фигурами. Мнимые фигуры чужды ей и принадлежат некоей другой геометрии. Сложилась такая практика, что если решение выводит на мнимый результат, то оно либо отбрасывается, либо меняются условия задачи. Примером замкнутой системы служит аналитическая геометрия, оперирующая комплексными числами. Аналитическая операция может дать в результате действительное число, мнимое или комплексное. Первые два суть составные части третьего.

◆ Евклидова геометрия нуждается в комплексном расширении. В евклидовой геометрии необходимо допустить существование комплексных фигур, в которых действительные фигуры были бы ведущими, но дополненными мнимыми составляющими.

◆ В евклидовой геометрии следует различать два принципиально различных класса фигур: 1) аналитические фигуры, они имеют аналитическую поддержку и являются графиками аналитических формул; 2) синтетические фигуры, они не имеют аналитической поддержки. Эллипс является аналитической фигурой и имеет с прямой линией всегда две точки пересечения, действительные, совпавшие или мнимые: овал – синтетическая фигура, имеет с прямой линией две, одну или ни одной точки пересечения. Мнимых точек синтетическая фигура иметь не может.

◆ Каждая действительная фигура окружена множеством сопряженных с ней мнимых дополнений. Конкретное мнимое дополнение выделяется из множества данной геометрической операцией. Операция определяет вектор мнимого направления.

◆ Если две действительные фигуры не имеют действительного пересечения, то они имеют мнимое пересечение.

◆ Для возможности в геометрических конструкциях оперировать мнимыми фигурами (поскольку они часть геометрии, но невидимы для «евклидоваго глаза») их необходимо сделать видимыми и показывать, например, особым типом линии; такой линией здесь принята штриховая.

♦ Пополненная таким образом евклидова геометрия уже не будет давать сбои в построениях и все теоремы, включая теорему Гаусса, будут бесспорно и с очевидностью исполняться. Визуализация мнимых дополнений кривых второго порядка не потребует расширения размерности пространства, что будет показано на приводимых ниже примерах [1–3].

### Распадение алгебраической кривой

Для дальнейшего анализа нам будет нужна теорема Маклорена (Mac-Laurin) о двойных точках алгебраической кривой  $n$ -го порядка: *Нераспадающаяся кривая  $n$ -го порядка может иметь до  $dn = (n - 1)(n - 2)/2$  двойных точек.* Кривая второго порядка двойных точек не имеет, кривая третьего порядка может иметь одну двойную точку, кривая четвертого порядка может иметь до трех двойных точек. Имей эти кривые одной двойной точкой больше, они распались бы на составляющие более низкого порядка. Так, кривая второго порядка может распасться на две прямые, кривая четвертого порядка может распасться на две коники или на прямую и кубик [4, 5].

### Анализ поверхностей вращения

*Пример 1.* Открытый круговой тор имеет меридиан, состоящий из двух окружностей, симметричных относительно оси  $a$  (рис. 1). Меридианные окружности  $m1$  и  $m2$  должны иметь четыре точки пересечения. Покажем их. Окружности  $m1$  и  $m2$  как аналитические кривые имеют своими мнимыми дополнениями равнобочные гиперболы, мнимые оси которых направлены по оси  $a$  меридиана. Гиперболы пересекаются на оси  $a$  в двух мнимых двойных точках  $P1$  и  $P2$ . Гиперболы далее пересекаются еще в двух мнимых двойных точках  $Q1$  и  $Q2$  (ветви  $h$  и  $h'$  указывают на положение точки  $Q2$ ). Точки  $Q1$  и  $Q2$  несобственные, известны как циклические, через которые проходят все окружности плоскости. Теорема Гаусса удовлетворена. *Если две кривые не имеют действительных точек пересечения, то они имеют мнимые точки пересечения.*

Переходя от меридиана к поверхности тора  $\Psi(a, m12)$ , обратим внимание, что обычный открытый тор пополнился двумя изолированными точками  $P1$  и  $P2$  и несобственной изолированной сферической окружностью  $q$ , полученной от вращения циклических точек  $Q1$  и  $Q2$  вокруг оси  $a$ . Определим координаты точек  $P1$  и  $P2$ . Пусть образующая

окружность тора имеет уравнение  $(x_2 - d)^2 + x_3^2 = r^2$ , сечение окружности прямой  $x_3 = \pm\sqrt{(r^2 - d^2)}$  определяет на оси  $a$  точки  $P12$  с координатой  $x_2 = 0$  как нулевую параллель и еще одну мнимую параллель тора с радиусом  $x_2 = 2d$  [5, 6].

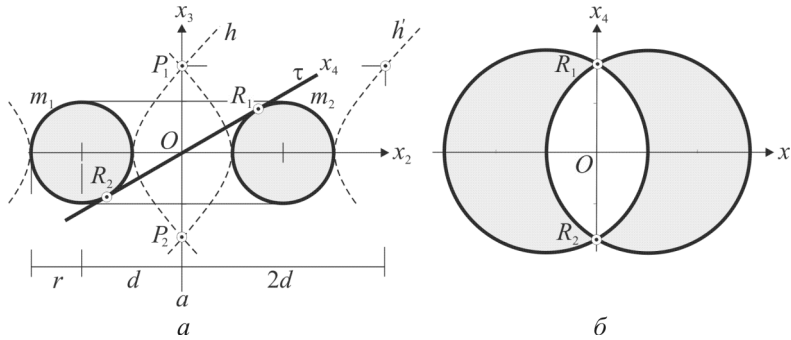


Рис. 1. а – Мнимые точки пересечения двух конгруэнтных окружностей;  
 б – распадение кривой  $\tau$ -сечения, содержащей четыре двойные точки

Далее рассмотрим плоское сечение тора как кривую четвертого порядка и условия его распада по теореме Маклорена. Для распада кривой сечения необходимо в секущей плоскости иметь четыре двойные точки. Две точки находятся легко как точки прикосания к тору внутренней, дважды касательной плоскости  $\tau$ . Это точки  $R1$  и  $R2$ . Дальнейшими двумя двойными точками будут точки  $M1$  и  $M2$  пересечения плоскости  $\tau$  с несобственной двойной окружностью  $q$ . На какие кривые распадется квадрика сечения? На две конгруэнтные коники, потому что прямая  $R1R2$  есть ось симметрии квадрики. Коники будут окружностями, потому что проходят через циклические точки. Этим доказана теорема Вилларсо (Y.Villarceau, 1848): *Каждая плоскость двойного касания  $\tau$  кругового тора  $\Psi$  пересекает его по двум конгруэнтным окружностям.*

**Пример 2.** Меридиан поверхности вращения состоит из двух эллипсов общего положения, не пересекающих ось симметрии.

Если эллипсы будут в осепараллельном положении, то они повторят свойства окружностей по примеру 1 с парой несобственных мнимых точек. Для эллипсов, наклоненных к оси симметрии  $a$ , все точки пересечения собственные,  $P1, P2$  лежат на оси  $a$ , точки  $Q1, Q2$  лежат симметрично оси  $a$ . В этих точках пересекаются мнимые дополнения эллипсов в форме сопряженных гипербол  $h1$  и  $h2$ . Из множества гипербол, окружающих эллипсы, в пересечение вступают те, мнимые оси которых па-

параллельны их радикальной оси  $a$ . Мнимые гиперболы базируются на сопряженных диаметрах несущих эллипсов, сопряженные диаметры показаны знаком параллельности.

Торовая поверхность  $\Psi(a, m12)$  имеет действительную внутреннюю, дважды касательную плоскость  $\tau$ , которая несет четыре двойные точки – действительные двойные точки касания  $R1, R2$  и пару мнимых двойных точек  $M1$  и  $M2$  как точки пересечения плоскости  $\tau$  с окружностью  $q(Q1, Q2)$ . Условие распада кривой сечения в плоскости  $\tau$  удовлетворено. Форма кривой сечения определяется следующими двумя предложениями [7]:

*Коники  $\tau$ -сечения подобны коникам  $m$ -сечения и подобно расположены.*

*Если коники  $m$ -сечения принадлежат гиперболическому пучку (с мнимыми двойными точками на радикальной оси), то коники  $\tau$ -сечения принадлежат эллиптическому пучку (с действительными двойными точками на радикальной оси) и наоборот (см. рис. 1).*

**Пример 3.** Меридиан поверхности вращения состоит из двух пересекающихся окружностей  $m1, m2$ , пересекающихся на оси  $a$  в действительных точках  $P1, P2$  (рис. 2). Пересекающиеся окружности не имеют действительных внутренних касательных, но их мнимые дополнения в форме равнобочных гипербол имеют внутренние касательные. Здесь построение уходит в область мнимого, а это уже не евклидова, а псевдоевклидова геометрия [8, 9].

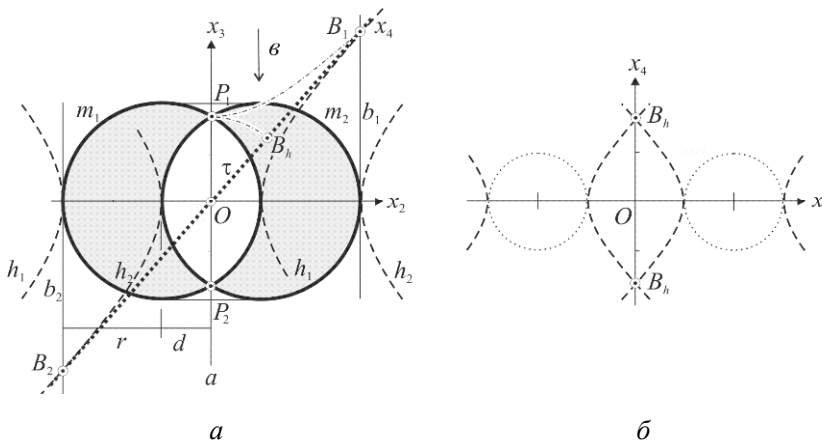


Рис. 2. а – Распадение сечения закрытого тора. Меридиан тора; б – мнимые круги Вилларсо;  $\phi$  – гиперболический поворот

Касательная прямая  $\tau$  из внутренней точки  $O$  окружности  $m_1$  проходит через точку  $B_1$  пересечения ее с полярной  $b_1$  точки  $O$  относительно окружности  $m_1$ . Мнимый отрезок  $OB_1$  как наклоненный к оси координат представлен с искажением. Его истинная величина определится на оси координат в гиперболическом повороте отрезка  $OB_1$  (рис. 2, в) и будет равна длине отрезка  $OP_1$ . Поворотом вокруг точки  $O$  точка  $P_1$  совмещается с точкой  $Bh$ . Истинная длина отрезка  $OB_1$  равна длине отрезка  $OBh$ . В результате определены четыре двойные точки в плоскости сечения закрытого тора плоскостью  $\tau$  – это пара точек  $Bh$  и пара точек в пересечении несобственной сферической окружности плоскостью  $\tau$ . Кривая сечения с необходимостью распадается на две конгруэнтные кривые (рис. 2, б). Отрезок оси  $x_2$  фигуры меридиана равен по длине отрезку оси  $x_1$  фигуры сечения (рис. 2, а, б).

**Пример 4.** Образующая кривая поверхности  $\Psi$  вращения есть парабола  $m_1$  в осепараллельном положении. Меридиан  $m_2$  поверхности  $\Psi$  имеет на оси вращения  $a$  две изолированные мнимые двойные точки  $P_1, P_2$  (рис. 3, а). В этих точках пересекаются мнимые дополнения парабол  $m_1, m_2$  с мнимым вектором по оси  $a$ , нормально к осям парабол. Поэтому оси дополняющих парабол совпадают с осями парабол-носителей и имеют тот же параметр. Еще две точки  $Q_1, Q_2$  пересечения парабол  $m_1, m_2$  меридиана будут несобственными совпавшими дважды двойными мнимыми точками на оси  $x_2$ .

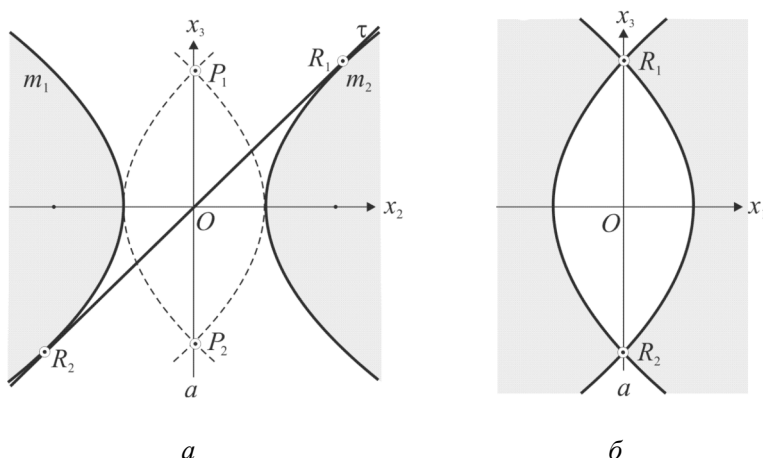


Рис. 3. а – Распадение сечения параболического тора. Меридиан тора  $m_1, m_2$  и дважды касательная плоскость  $\tau$ ;  
 б – проекция сечения поверхности плоскостью  $\tau$

Дважды касательная плоскость  $\tau$  пересекает поверхность  $\Psi$  по кривой четвертого порядка, которая имеет четыре двойные точки – действительные точки касания  $R_1, R_2$  и дважды двойная мнимая точка  $Q_{12}$  на оси  $x_2$ . Кривая сечения распадается на две конгруэнтные кривые с совпадающими на оси  $x_2$  осями, пересекающимися в точках  $R_1, R_2$ . Наличие у кривой несобственной дважды двойной точки  $Q_{12}$  определяет кривые как параболы. На рис. 3, б в осях  $Ox_1x_3$  показана проекция кривой сечения поверхности  $\Psi$  дважды касательной плоскостью  $\tau$ .

**Пример 5.** Образующая кривая поверхности  $\Psi$  вращения есть гипербола  $m_1$  с асимптотами, наклоненными к действительной оси гиперболы под углом  $30^\circ$ . Гипербола повернута так, что ее асимптота совпадает с координатной осью  $Ox_2$  (рис. 4, а). Поверхности вращения  $\Psi$  для лучшего восприятия мы назвали «шляпы». У меридиана  $m_1$  с осью  $x_2$  совпадают сразу две асимптоты. Ось вращения поверхности  $\Psi$  есть прямая  $a$ , и с ней совпадает мнимый вектор  $i$ . Гиперболы меридиана в плоскости  $Ox_2x_3$  дополняются сопряженными с ними эллипсами так, что касательные в точках касания параллельны оси  $a$ . Два мнимых эллипса пересекаются в двух парах мнимых двойных изолированных точек – в точках  $P_1, P_2$  на оси  $a$  и в точках  $Q_1, Q_2$  на оси  $Ox_2$ . При вращении вокруг оси  $a$  точки  $Q_1, Q_2$  замечают двойную изолированную окружность  $q$ .

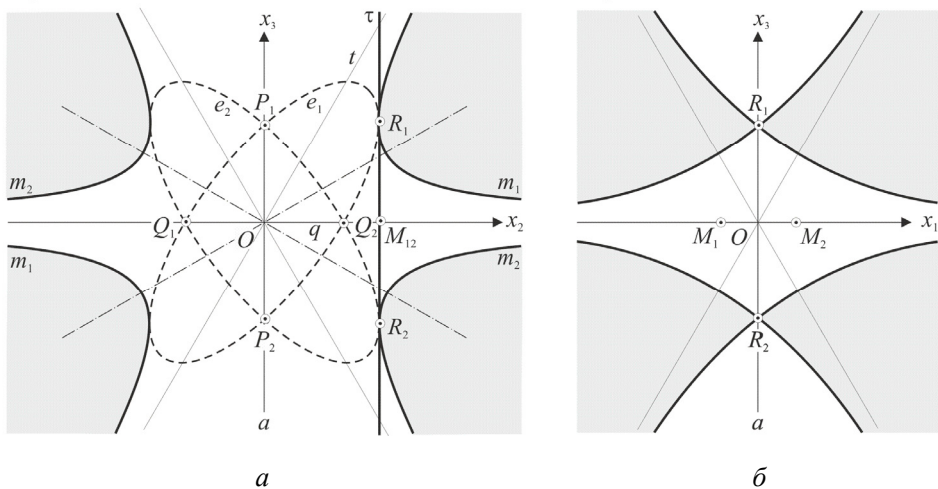


Рис. 4. а – Поверхность «шляпы». Меридиан  $m_1, m_2$  поверхности и касательная плоскость  $\tau$ ; б – сечение поверхности плоскостью  $\tau$

1. Плоскость двойного касания  $\tau$  проходит параллельно оси  $a$  и касается поверхности  $\Psi$  в действительных двойных точках  $R1, R2$ , пересекает изолированную окружность  $q$  в мнимых двойных точках  $M1, M2$ . Итак, кривая четвертого порядка от сечения поверхности  $\Psi$  дважды касательной плоскостью  $\tau$  имеет четыре двойные точки и с необходимостью распадается на две кривые второго порядка – на две гиперболы (рис. 4, *a, б*). Одна асимптота гипербол совпадает с осью  $Ox1$ , вторая наклонена к оси гиперболы под углом  $60^\circ$ . Гиперболы пересекаются в точках  $R1, R2$  [9, 10].

2. Поверхность «шляпы» позволяет получить дальнейшую секущую плоскость двойного касания – плоскость  $\tau2$ , проходящую через асимптоту  $t$ . Плоскость  $\tau2$  коснется поверхности  $\Psi$  в дважды двойной несобственной точке гиперболы  $m1$  (рис. 4, *a*) и пересечет изолированную окружность  $q$  в двойных мнимых точках  $M1, M2$ . Условие распада кривой удовлетворено. Сечение имеет форму кривой «прямой крест», состоящей из двух гипербол в четных и нечетных квадрантах, имеющих своими асимптотами координатные оси  $Ox1$  и  $Ox4$ , совпадающей с асимптотой  $t$ .

3. Третья секущая плоскость  $\tau3$ , ведущая к распадению кривой сечения поверхности «шляпы», есть координатная плоскость  $Ox1x2$ . Плоскость, лежащая между полями шляп, не имеет реального пересечения с поверхностью, но имеет сечение в комплексном расширении действительных фигур. Кривая четвертого порядка, каким и должно быть плоское сечение поверхности четвертого порядка, распадается на две окружности – на окружность  $q$  и несобственную сферическую окружность от вращающихся вокруг оси  $a$  асимптотических точек множества гипербол.

### Заключение

Если теорема Гаусса утверждает, что две кривые порядков  $m$  и  $n$  имеют ровно  $mn$  точек пересечения, то в это число входят и мнимые точки. Так, два эллипса имеют четыре точки пересечения, которые все могут быть мнимыми. В мнимых точках пересекаются не сами действительные эллипсы, а их мнимые дополнения, которые сопряжены с данными действительными эллипсами. Мнимые образы как комплексные расширения действительных фигур в наших примерах показали, что на оси вращения поверхности всегда имеется пара двойных точек пересечения коник меридиана. Если коники меридиана не пересекают ось

вращения, то двойные точки на оси будут мнимыми изолированными. Кроме двойных мнимых точек на оси меридиана коники будут иметь и вторую пару мнимых двойных точек, лежащих симметрично оси. Эта пара точек при переходе к поверхности вращения образует двойную изолированную мнимую окружность. Эта окружность играла в наших примерах важную роль. Она доставляла пару двойных точек пересечения ее с секущей плоскостью, дополняющих две двойные точки касания секущей плоскости с поверхностью вращения до четырех двойных точек, необходимых для распада кривой сечения, имеющей четвертый порядок. Кривая сечения распадалась на две коники, симметричные относительно прямой через точки касания.

Приведенные примеры с вовлечением мнимых образов в действительные конструкции показали их несомненную пользу в понимании сути геометрической операции. Решения задач евклидовой геометрии при особом сочетании исходных условий могут вести в область мнимых значений. Евклидова геометрия решает геометрические задачи, но не рассматривает фигуры решения, попавшие в область мнимого. Они для нее невидимы. Задача геометра – такие случаи отслеживать и создавать для мнимых геометрических образов мысленные и графические формы. В этой статье успешно применен опыт изображения мнимых образов первого и второго порядков штриховыми линиями без дополнения 3D-пространства новыми измерениями.

### Список литературы

1. Щербаков Р.Н., Пичурин Л.Ф. От проективной геометрии – к неевклидовой (вокруг абсолюта). – М.: Просвещение, 1979. – 160 с.
2. Гирш А.Г. Наглядная мнимая геометрия. – М.: ООО «ИПЦ “Маска”», 2008. – 216 с.
3. Гирш А.Г. Комплексная геометрия – евклидова и псевдоевклидова. – М.: ООО «ИПЦ “Маска”», 2013. – 216 с.
4. Glaeser G. Geometrie und ihre Anwendungen in Kunst, Natur und Technik. – Wien: SpringerSpektrum, 2014. – 508 s.
5. Иванов Г.С., Дмитриева И.М. О задачах начертательной геометрии с мнимыми решениями. // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3, № 2. – С. 3–8. DOI: 10.12737/12163
6. Гирш А.Г. Мнимости в геометрии. // Геометрия и графика. – 2014. – Т. 2, № 2. – С. 3–8. DOI: 10.12737/5583



7. Hirsch A.: Extension of the 'Villarceau-Sektion' to Surfaces of Revolution with a Generating Conic // *Jurnal for Ceometry and Graphics*. – 6 (2000/2). – P. 121–132.

8. Гирш А.Г. Обобщение «сечений Вилларсо» на поверхности вращения с образующей коникой [Электронный ресурс] // Электронный журнал по прикладной геометрии. – 2003. – URL: [http://www.mai.ru/~apg/Volume\\_5\\_n11.htm](http://www.mai.ru/~apg/Volume_5_n11.htm).

9. Гирш А.Г. Поверхность от вращения окружности // *Геометрия и графика*. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 32–35.

10. Stachel H.: Remarks on A.Hirsch's Paper concerning Villatceau-Sections // *J. Geometry Graphics*. – 1002. – Vol. 6. – P. 133–139.

11. Сайт Антона Георгиевича Гирша (Dr. A.Hirsch). – URL: <http://www.anhirsch.de>.

# ПОСТРОЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КАК ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МЕСТ ТОЧЕК С ПОМОЩЬЮ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Гусева Тамара Викторовна,  
Козлова Ирина Алексеевна,  
Харах Матвей Максимович**

Астраханский государственный технический университет, Астрахань

Изучение геометрических мест точек (г.м.т.) рассматривалось в многочисленных работах. В последние годы вновь появились исследования на г.м.т. с учетом новых воззрений. В статье изучены аналитическим путем г.м.т. 20 двойных систем, образованных точками, прямыми, плоскостями, сферами, цилиндрами и конусами вращения, расстояния точек которых от заданных систем связаны шестью зависимостями. Рассматривается 3D-модель поверхности 4-го порядка как г.м.т., суммы расстояний которых до прямой и сферы есть величина постоянная, а также 3D-модель поверхности 4-го порядка как г.м.т., отношения расстояний которых до точки и конуса есть величина постоянная.

**Ключевые слова:** геометрическое место точек, поверхность, аналитическая геометрия, зависимость, 3D-модель.

## BUILDING SOME COMPLEX SURFACES AS GEOMETRIC PLACES OF POINTS USING 3D MODELING

**Guseva Tamara Viktorovna,  
Kozlova Irina Alekseevna,  
Harax Matvey Maksimovich**

Astrakhan State Technical University

The study of geometric places of points (G.M.T.) considered in numerous works. In recent years reappeared studies on G.M.T. with new perspectives. The report examined the GM analytically. twenty double systems formed by points, lines, planes, spheres, cylinders and cones of rotation, the distances of which from the given systems are connected by six dependencies. The report considers a 3D model of the surface of the 4th order as G.M.T., the sum of the distances to the line and the sphere is a constant, as well as a 3D model of the surface of the 4th order as G.M.T., the ratio of the distances to the point and the cone is a constant.

**Keywords:** the locus of points, surface, analytical geometry, dependence, 3D model.

В курсах элементарной, аналитической, начертательной геометрии можно встретить много задач, решение которых связано с нахождением геометрических мест (сокращенно г.м. или множеств), расстояния которых до двух заданных объектов (систем, образов) связаны определенной зависимостью.

Геометрическим местам посвятили свои работы многие авторы [1–8, 10, 9–12]. Геометрические места точек, лежащие в плоскости, и задачи на эти множества подробно описаны академиком Н.Ф. Четверухиным [1]. Простейшие геометрические тела в пространстве рассмотрены Н.В. Наумович [2].

Множествам точек, равноотстоящих от окружностей (в плоскости) или сфер (в пространстве), посвящены работы А.В. Огнева [3].

Много внимания уделено геометрическим местам в работах В.В. Глоговского [4–7]. Множество точек, равноудаленных от двух и более геометрических образов, им названы эквидистантами двойных и (более) систем по количеству образов, составляющих систему. Им произведено обобщение и систематизирование этого вопроса в направлениях, определяемых: 1) метрикой и размерностью пространства, в котором производится обследование; 2) видом и количеством фигур, по отношению к которым определяется искомое равноотстоящее множество; 3) размерностью элементов пространства, образующих искомое множество. Однако в работах В.В. Глоговского, как и в работах И.В. Вышнепольского [9, 10], появившихся в последние годы, рассматриваются только равноотстоящие множества. Между тем большое количество достаточно интересных геометрических мест можно получить, разыскивая множества, расстояния точек которых от двух данных систем (объектов) связаны какой-то зависимостью.

В данной работе, тема которой предложена д.т.н., профессором И.И. Котовым еще в 1965 г., рассматриваются такие множества. Современные методы 3D-моделирования позволяют увидеть полученные сложные множества (поверхности) наглядно. В нашей работе найдены уравнения множеств 20 двойных систем, образованных точками, прямыми, плоскостями, сферами, цилиндрами и конусами вращения, расстояния точек которых от заданных образов связаны следующими зависимостями:

1) г.м.т., сумма расстояний которых до двух данных образов есть величина постоянная;

2) г.м.т., разность расстояний которых до двух данных систем есть величина постоянная;

3) г.м.т., отношение расстояний которых до двух данных объектов имеет постоянную величину;

4) г.м.т., отношения квадратов расстояний которых до двух данных объектов имеет постоянную величину;

5) г.м.т., сумма квадратов расстояний которых до двух данных объектов имеет постоянную величину;

6) г.м.т., разность квадратов расстояний которых до двух данных образов имеет постоянную величину.

Рассмотрим некоторые из этих множеств.

1. Геометрическое место точек  $M(x, y, z)$ , сумма расстояний которых до двух данных точек  $G_1$  и  $G_2$  есть величина постоянная. Точки  $G_1$  и  $G_2$  заданы следующими координатами для упрощения вычислений  $G_1(0, 0, g_1)$  и  $G_2(0, 0, -g_1)$ . По формулам аналитической геометрии получим:

$$MG_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - g_1)^2},$$

$$MG_2 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z + g_1)^2},$$

$$MG_1 + MG_2 = \text{const.}$$

Величина  $C$  должна быть больше расстояния между точками, т.е.  $C > 2g_1$ . После упрощения получим уравнение множества

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1,$$

где  $a^2 = \frac{c^2 - 4g_1^2}{4}$ ,  $b^2 = \frac{c^2}{4}$ , являющееся уравнением поверхности эллипсоида вращения, фокусами которого являются данные точки.

2. Геометрическое место точек  $M(x, y, z)$ , сумма расстояний которых до прямой  $G_1$  и сферы  $G_2$  есть const.

$$G_1 \equiv (Y_1 = 0; Z_1 - g_1) = 0,$$

$$G_2 \equiv (x_2^2 + y_2^2 + (Z_2 + g_1)^2 - R^2) = 0,$$

$$MG_1 = \sqrt{Y^2 + (Z - g_1)^2},$$

$$MG_2 = \sqrt{X^2 + Y^2 + (Z + g_1)^2} - R,$$

$$MG_1 + MG_2 = \text{const.}$$

После преобразований получим поверхность четвертого порядка:

$$X^4 + 8g_1X^2Z - 2t^2X^2 - 4t^2Y^2 - 4(t^2 - 4g_1^2)Z^2 + t^2(t^2 - 4g_1^2) = 0,$$

где  $t = C + R$ .

В зависимости от расположения прямой и сферы могут встретиться следующие случаи:

- а)  $2g_1 > R$  – прямая не пересекает сферу;
- б)  $2g_1 = R$  – прямая касается сферы;
- в)  $2g_1 < R$  – прямая пересекает сферу.

Сечения полученного множества плоскостями  $X = X_1, X_2, \dots, X_i$  дают семейство эллипсов.

Семейства искомой поверхности плоскостями  $Y = Y_1, Y_2, \dots, Y_i$  и  $Z = Z_1, Z_2, \dots, Z_i$  дают соответственно семейства кривых четвертого порядка, симметричных относительно оси  $Z$  и осей  $X$  и  $Y$ . С помощью 3D-моделирования выполнена трехмерная модель этой поверхности (рис. 1).

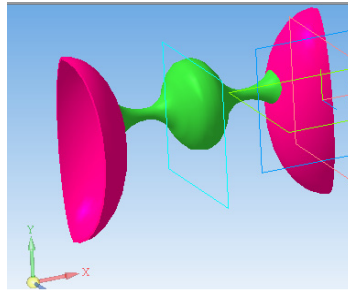


Рис. 1. 3D-модель поверхности четвертого порядка

3. Геометрическое место точек, отношение расстояний которых до точки  $G_1$  и конуса  $G_2$  есть величина постоянная. Пусть точка  $G_1$  задана координатами  $G_1(g_1, 0, g_2)$ , а конус вращения – уравнением

$$G_2 : (X_2^2 + Y_2^2 - g_3 Z_2^2) = 0.$$

По формулам аналитической геометрии находим расстояния от произвольной точки пространства  $M$  до данных систем:

$$MG_1 = \sqrt{(x - g_1)^2 + y^2 + (z - q_2)^2},$$

$$MG_2 = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2} - \sqrt{g_3} Z}{\sqrt{1 + g_3}}.$$

Берем отношение этих расстояний

$$\frac{MG_1}{MG_2} = C.$$

Упростив, получим следующее уравнение четвертого порядка:

$$\frac{b}{4a}Z^4 - \frac{g_3}{a \cdot b}Z^2(X^2 + Y^2) + \frac{g_2}{a}Z^3 + \frac{g_1}{a}Z^2X - \frac{1}{2} + \frac{g_2^2}{ab}Z^2 + \frac{g_1^2}{ab}X^2 + \frac{2g_1g_2}{ab}XZ - \frac{g_1}{b}X - \frac{g_2}{b}Z + \frac{a}{b} = 0,$$

где  $a = g_1^2 + g_2^2$ ,  $b = g_3 - 1$ .

Сечения этой поверхности плоскостями  $Z = Z_1, Z_2, \dots, Z_i$  дают семейство эллипсов при  $Z_i > \frac{g_1}{\sqrt{g_3}}$  и при  $Z_i < -\frac{g_1}{\sqrt{g_3}}$ , или семейство гипербол при  $Z_i < \frac{g_1}{\sqrt{g_3}}$  и при  $Z_i > -\frac{g_1}{\sqrt{g_3}}$ , или параболу при  $Z_i = \pm \frac{g_1}{\sqrt{g_3}}$ ; а при  $Z_i = 0$  получаем прямую линию. Сечения этой поверхности плоскостями  $X = X_1, X_2, \dots, X_i$  и  $Y = Y_1, Y_2, \dots, Y_i$  дают соответственно семейства кривых четвертого порядка. Для случая  $X = X_1, X_2, \dots, X_i$  кривые четвертого порядка симметричны относительно оси  $Z$ . На рис. 2 представлена 3D-модель этой поверхности.

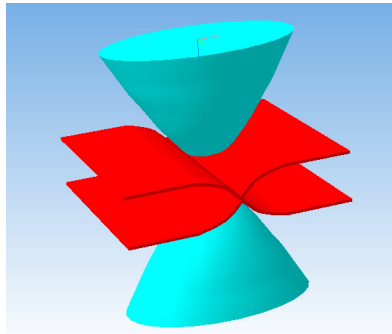


Рис. 2. 3D-модель поверхности

### Заключение

Итак, получено 120 уравнений г.м.т. Пять уравнений являются уравнениями плоскости, 43 – поверхности второго порядка, 58 – поверхности четвертого порядка, 14 – поверхности восьмого порядка. Подробное исследование полученных поверхностей, их оптических свойств, на наш взгляд, представляет интерес не только для геометров, но и для специалистов, разрабатывающих отражательные системы в светотехнике, радиоэлектронике и радиолокации.

## Список литературы

1. Четверухин Н.Ф. Методы геометрических построений: учеб. пособие для педагогических институтов. – 2-е изд. – М.: Учпедгиз, 1952. – 147 с.
2. Наумович Н.В. Геометрические места в пространстве и задачи на построение. – М.: Учпедгиз, 1956. – 152 с.
3. Огнев А.В. О геометрических задачах на построение, сводимых к задаче Аполлония // Труды Казанского химико-технологического института. – 1950. – Вып. 15.
4. Глоговский В.В. Эквидистантные множества // Научные записки Львовского политехнического института. Серия физ.-мат. – 1955. – Вып. 30, № 1. – С. 71–90.
5. Глоговский В.В. Применение эквидистант к решению задач // Научные записки Львовского политехн. ин-та. Серия физ.-мат. – 1955. – Вып. 38, № 2.
6. Глоговский В.В. Эквидистанты // Сб.: Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии. – Рига, 1960.
7. Глоговский В.В. Полимезоны // Сб. ст. Львовской секции инженерной графики. – Львов, 1964. – Вып. 3.
8. Гирш А.Г. Как решить задачу / Методические указания по решению задач повышенной сложности. – Омск: СибАДИ, 1986.
9. Вышнепольский В.И., Сальков Н.А., Заварихина Е.В. Геометрические места точек, равноотстоящих от двух заданных геометрических фигур. Ч. 1 // Геометрия и графика. – 2017. – Т. 5, № 3. – С. 21–35.
10. Вышнепольский В.И., Заварихина Е.В., Даллакян О.Л. Геометрические места точек, равноотстоящих от двух заданных геометрических фигур. Ч. 2 // Геометрия и графика. – 2017. – Т. 5, № 4. – С. 15–23.
11. Серегин В.И., Иванов Г.С., Боровиков И.Ф. Научно-методические вопросы подготовки студентов к олимпиадам по начертательной геометрии // Геометрия и графика. – 2017. – Т. 5, вып. 1. – С. 73–81.
12. Иванов Г.С. Теоретические основы начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1998.

# ЛИНЕЙНАЯ КОНГРУЭНЦИЯ С МНИМЫМИ ОСЯМИ

**Короткий Виктор Анатольевич**

Южно-Уральский государственный университет  
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

Решена задача построения эллиптической линейной конгруэнции, заданной четырьмя скрещивающимися прямыми. Предложен алгоритм перехода от конгруэнции, заданной четырьмя скрещивающимися прямыми, к тождественной конгруэнции, заданной двумя коллинеарными полями. Рассмотрен пример выделения линейчатой алгебраической поверхности четвертого порядка из эллиптической линейной конгруэнции.

**Ключевые слова:** эллиптическая линейная конгруэнция, мнимые сопряженные направляющие, эллиптическая инволюция, коллинеарные поля.

## LINEAR CONGRUENCE WITH IMAGINARY AXES

**Korotku Wiktor Anatoliewith**

South Ural State University (National Research University)

The problem of constructing an elliptic linear congruence given by four crossed lines is solved. An algorithm is proposed for the transition from a congruence given by four skew lines to an identical congruence given by two collinear fields. An example of distinguishing a fourth-order ruled algebraic surface from an elliptic linear congruence is considered.

**Keywords:** Elliptic linear congruence, imaginary conjugate guides, elliptic involution, collinear fields.

### Введение

Один из методов конструирования линейчатых алгебраических поверхностей основан на выделении их из линейной конгруэнции  $K(1,1)$  с осями  $m, n$ , посредством погружения в  $K(1,1)$  алгебраической кривой  $e^k$  порядка  $k$  в качестве третьей направляющей [7, 8, 10]. В частности, если  $k = 2$ , получаем поверхность четвертого порядка. Если поверхность выделяется из гиперболической конгруэнции (оси  $m, n$  – вещественные), то получаем клиновидную двулиственную поверхность, прямолинейные образующие которой определяются обычными способами начертательной геометрии (рис. 1).

Существует пучок плоскостей, пересекающих эту поверхность по кривым второго порядка. Ось пучка определяется на основе следующей теоремы [13].



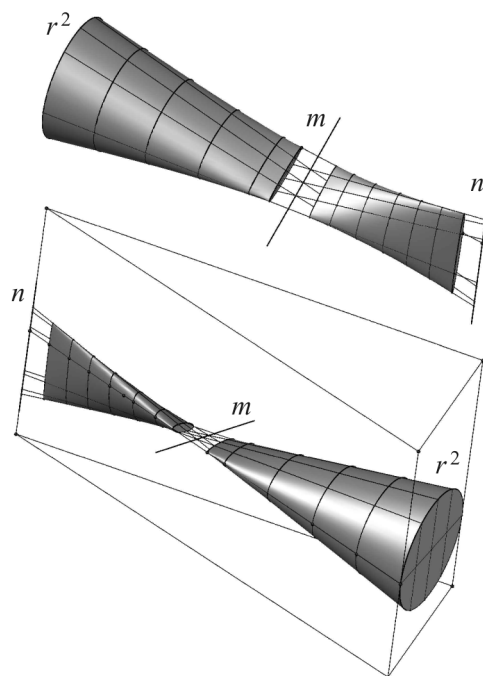


Рис. 1. Двухосевая поверхность

**Теорема Реуе.** Пусть линейчатая поверхность  $T$  задана направляющей кривой  $e^k$  порядка  $k$  и двумя вещественными (или мнимыми сопряженными) скрещивающимися прямолинейными направляющими  $m, n$ , пересекающимися с плоскостью кривой  $e^k$  в вещественных (или мнимых сопряженных) точках  $M, N$ . Тогда прямая  $MN$  является осью пучка плоскостей, пересекающих поверхность  $T$  по алгебраическим кривым порядка  $k$ .

*Доказательство.* Прямая  $MN$  пересекает направляющую кривую  $e^k$  в двух точках (действительных, совпавших или мнимых сопряженных), а также пересекает прямолинейные направляющие  $m, n$ , следовательно,  $MN$  представляет собой две совпавшие образующие поверхности  $T$ . Линейчатая поверхность  $T$  – алгебраическая поверхность порядка  $k + 2$  [3, с. 86], в сечении которой произвольной плоскостью пучка с осью  $MN$  получаем кривую, распавшуюся на считаемую дважды прямую  $MN$  и на кривую порядка  $k$ . Теорема доказана.

Рассмотрим двухосевую поверхность  $\Theta^4$ , представленную на рис. 1. Поверхность выделена из конгруэнции  $(m, n)$  посредством погружения в нее окружности  $r^2$ . Отличительная особенность поверхности состоит

в том, что плоскость  $R$  окружности  $r^2$  параллельна осям  $m, n$ , поэтому  $MN$  – несобственная прямая плоскости  $R$ . Согласно теореме Reue в сечении поверхности  $\Theta^4$  плоскостями пучка с несобственной осью  $MN$  получаем кривые второго порядка. Заметим, что такая поверхность может быть задана как поверхность с пропорциональной разбивкой хорд двух любых конических сечений поверхности [3, с. 89; 11].

Теорема Reue справедлива как для вещественных, так и для мнимых сопряженных направляющих  $m, n$ . Конгруэнцию  $K(1, 1)$  с мнимыми осями называют эллиптической линейной конгруэнцией (ЭЛК) [9]. Через произвольную точку пространства проходит единственный луч ЭЛК, пересекающий мнимые оси  $m, n$ . Очевидно, построить этот луч «лобовым способом», с помощью обычных средств начертательной геометрии, не удастся.

Графический алгоритм решения основан на теореме Reue. Переход от графического решения к аналитическому на любом этапе построений выполняется на основе **теоремы Гирша**, устанавливающей взаимно-однозначное соответствие между действительными координатами  $x_0, y_0, x_L, y_L$  маркера  $\{OL\}$ , изображающего мнимые точки  $M, N$ , и комплексными декартовыми координатами этих точек [2]. В теореме утверждается, что *между координатами  $x_0, y_0$  центра  $O$  эллиптической инволюции  $\sigma$  на прямой  $l$ , координатами  $x_L, y_L$  точки Лагерра  $L$ , из которой инволюция  $\sigma$  проецируется ортогональным пучком, и комплексными координатами  $A(x = a + jb, y = c + jd), B(x = a - jb, y = c - jd)$  мнимых двойных точек  $A \sim B$  инволюции  $\sigma$  установлено соответствие:  $a = x_0, b = y_0 - y_L, c = y_0, d = x_L - x_0$ .*

## 1. Постановка задачи

Известны различные способы задания конгруэнции  $K(1, 1)$ . В частности, четыре попарно скрещивающиеся прямые  $a, b, c, d$  с мнимыми трансверсалиями определяют единственную ЭЛК (рис. 2, *a*). Естественным образом формулируется задача: через произвольную точку  $E$  пространства  $R^3$  провести прямую  $e$ , включенную в эту конгруэнцию. Иными словами, надо составить алгоритм построения прямой, проходящей через данную точку  $E$  и пересекающей мнимые трансверсалии скрещивающихся прямых  $a, b, c, d$ .

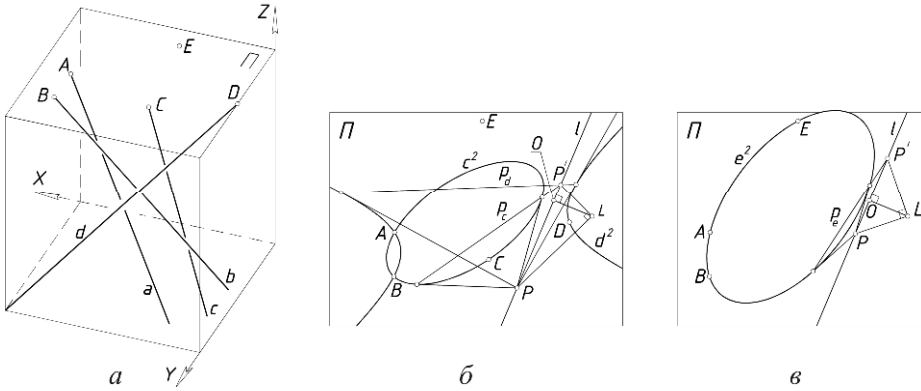


Рис. 2. К алгоритму построения ЭЛП, заданной четырьмя скрещивающимися прямыми:  $a$  – исходные данные;  $b$  – построение маркера  $OL$ , изображающего мнимые точки  $M, N$ ;  $c$  – построение коники через три действительные точки  $A, B, E$  и две мнимые точки, заданные маркером  $OL$

## 2. Алгоритм построения прямой, пересекающей мнимые оси ЭЛК, заданной четырьмя скрещивающимися прямыми

*Шаг 1.* Через данную точку  $E$  проводим произвольную плоскость  $\Pi$  и отмечаем точки  $A, B, C, D$  пересечения прямых  $a, b, c, d$  с плоскостью  $\Pi$  (см. рис. 2,  $a$ ).

*Шаг 2.* Взяв какую-либо тройку прямых (например,  $a, b, c$ ), выделяем заданную этими прямыми квадрику  $\Phi (abc)$  и находим ее сечение плоскостью  $\Pi$ . Получаем конику  $c^2 = \Phi \cap \Pi$  (рис. 2,  $b$ ). Вычерчивание непрерывного конического сечения выполняется с использованием программного средства «Универсальный компьютерный коникограф» [4, 6].

*Примечание к шагу 2.* Квадрика  $\Phi$  состоит из двух полуквадрик  $\Phi 1$  и  $\Phi 2$ . Полуквадрика  $\Phi 1$  образована семейством прямых  $(a, b, c, \dots)$ , а  $\Phi 2$  – прямыми, пересекающими это семейство. В частности,  $\Phi 2$  содержит мнимые образующие  $m, n$ , проходящие через мнимые точки  $U, V$  пересечения прямой  $d$  с квадрикой  $\Phi$ . Мнимые прямые  $m, n$  являются осями эллиптической конгруэнции, заданной прямыми  $a, b, c, d$ . Поскольку мнимые прямые  $m, n$  инцидентны квадрике  $\Phi$ , то мнимые сопряженные точки  $M, N$  пересечения этих прямых с плоскостью  $\Pi$  инцидентны конике  $c^2$ .

*Шаг 3.* Взяв другую тройку прямых (например,  $a, b, d$ ), получаем квадрику  $\Gamma$ , состоящую из двух полуквадрик  $\Gamma 1 (abd)$  и  $\Gamma 2$ . Полуквадрика  $\Gamma 2$  образована семейством прямых, пересекающих образующие  $a, b, d$  полуквадрики  $\Gamma 1$ . В семейство  $\Gamma 2$  входят мнимые прямые  $m, n$ ,

поэтому мнимые точки  $M, N$  пересечения прямых  $m, n$  с плоскостью  $\Pi$  инцидентны коническому сечению  $d^2 = \Gamma \cap \Pi$ . Коника  $d^2$  вычерчивается с помощью программного средства «Универсальный компьютерный коникограф» (см. рис. 2, б).

*Примечание к шагу 3.* Мнимые сопряженные точки  $M, N$  пересечения мнимых осей  $m, n$  с плоскостью  $\Pi$  являются второй парой точек пересечения конических сечений  $c^2$  и  $d^2$ , пересекающихся в паре действительных точек  $A, B$  (см. рис. 2, б).

*Шаг 4.* Находим прямую  $l$ , проходящую через  $M, N$ . Коники  $c^2, d^2$  устанавливаются на  $l$  одну и ту же эллиптическую инволюцию  $\sigma$  с мнимыми двойными точками  $M, N$ . Находим центр  $O$  инволюции  $\sigma$  и точку Лагерра  $L$ , из которой попарно соответственные точки инволюции  $\sigma$  проецируются парами взаимно перпендикулярных прямых. Получаем маркер  $\{OL\}$ , изображающий на плоскости  $\Pi$  мнимые точки  $M, N$ .

*Примечание к шагу 4.* Построение прямой  $l$ , проходящей через мнимые точки  $M, N$  пересечения двух коник  $c^2, d^2$ , имеющих две общие действительные точки  $A, B$ , выполняется «одной линейкой» [12]. Построение маркера  $\{OL\}$ , изображающего точки  $M, N$ , выполняется линейкой и циркулем [1, 5]. Для проверки точности построения маркера найдены полярны  $pC, pD$  произвольно отмеченной на  $l$  точки  $P$  (в поляритетах  $c^2, d^2$ ). Полярны пересекаются в точке  $P'$  на прямой  $l$ . Точки  $P$  и  $P'$  проецируются из точки Лагерра  $L$  взаимно перпендикулярными лучами, что подтверждает точность построения маркера (см. рис. 2, б).

*Шаг 5.* Предположим, что задача решена, т.е. искомая прямая  $e$  построена (напомним, что прямая  $e$  должна проходить через точку  $E$  и пересекать мнимые оси  $m, n$ ). Вводим в рассмотрение квадриду  $H$ , содержащую полуквадрики  $H1 (abe)$  и  $H2$ . Полуквадрика  $H2$  образована прямыми, пересекающимися прямыми  $a, b, e$ , следовательно, в состав полуквадрики  $H2$  входят мнимые прямые  $m, n$ . Поэтому сечение  $e^2$  квадрики  $H$  плоскостью  $\Pi$  должно быть инцидентно точкам  $M, N$ . Таким образом, сечение  $e^2$  вполне определено тремя действительными точками  $A, B, E$  и двумя мнимыми точками  $M, N$ , заданными маркером  $\{OL\}$ .

*Примечание к шагу 5.* Коника  $e^2 (ABEMN)$  начерчена в соответствии с алгоритмом, изложенным в [1, 5]. Для проверки точности построения коники  $e^2$  выполнено вспомогательное построение: на прямой  $l$ , проходящей через мнимые точки  $M, N$ , отмечена произвольная точка  $P$  и найдена ее полярна  $pe$  в поляритете  $e^2$ . Эта полярна пересекает прямую  $l$  в точке  $P'$ . Точки  $P$  и  $P'$ , соответственные в эллиптической инволюции, уста-

новленной коникой  $e^2$  на прямой  $l$ , проецируются из точки Лагерра  $L$  ортогональными лучами, что подтверждает точность построения коники  $e^2$ .

*Шаг 6.* Квадрика  $H(abe)$  вполне определена коническим сечением  $e^2$  и двумя образующими  $a, b$ . Выделение из этой квадрики искомой образующей  $e$ , проходящей через точку  $E$  на квадрике, выполняется известными из начертательной геометрии способами. Задача решена.

### **3. Переход от ЭЛП, заданной четырьмя скрещивающимися прямыми, к тождественной ЭЛП, заданной двумя коллинеарными полями**

Указание ЭЛП посредством четырех скрещивающихся прямых вызывает затруднения при конструктивном построении прямых, включенных в эту ЭЛП. Более удобный в конструктивном плане способ основан на задании ЭЛП плоскими коллинеарными полями  $\Pi \leftrightarrow \Pi'$  со слабоинвариантной прямой  $l = \Pi \cap \Pi'$ . Рассмотрим алгоритм перехода.

1. Отмечаем точки  $A, B, C, D$  пересечения заданных прямых  $a, b, c, d$  с произвольной плоскостью  $\Pi$ . Напомним, что прямые  $a, b, c, d$  имеют две мнимые сопряженные трансверсали  $m, n$ .

2. Выполняя шаги 2–4 алгоритма (см. п. 2), находим прямую  $l$ , проходящую через мнимые точки  $M, N$  пересечения прямых  $m, n$  с плоскостью  $\Pi$ , а также выполняем построение маркера  $\{OL\}$ , изображающего точки  $M, N$ .

3. Через прямую  $l$  проводим произвольную плоскость  $\Pi'$ , не совпадающую с  $\Pi$ . Отмечаем на  $\Pi'$  точки  $A', B', C', D'$  пересечения прямых  $a, b, c, d$  с плоскостью  $\Pi'$ . Преобразование  $\Pi(A, B, C, D) \leftrightarrow \Pi'(A', B', C', D')$  есть коллинеация  $\varphi$  с мнимыми двойными точками  $M = M', N = N'$  на самосоответственной прямой  $l = l'$ . Коллинеарность полей  $\Pi, \Pi'$  следует из теоремы Reue при  $k = 1$ , а также может быть доказана элементарными средствами начертательной геометрии.

4. Коллинеация  $\varphi(\Pi \leftrightarrow \Pi')$  задается четырьмя парами соответственных точек, из которых две пары –  $M = M'$  и  $N = N'$  – зафиксированы маркером  $\{OL\}$ . Поэтому для полного определения коллинеации  $\varphi$  достаточно отметить на плоскостях  $\Pi, \Pi'$  только две пары соответственных точек, например  $A-A'$  и  $B-B'$ . Коллинеация  $\varphi$  индуцирует на прямой  $l = l'$  проективное преобразование  $\varphi|_l$  с двумя парами мнимых двойных точек  $\{OL\}$ . Третья пара соответственных в  $\varphi|_l$  точек определяется на пересечении прямых  $AB$  и  $A'B'$  с прямой  $l = l'$ . Три пары соответствен-

ных точек вполне определяют преобразование  $\varphi$ . Построение соответственных точек в этом преобразовании выполняется с помощью вспомогательной окружности  $r$  произвольного радиуса, лежащей в плоскости  $\Pi$  или  $\Pi'$  и проходящей через точки  $\{OL\}$ . Согласно [2] окружность  $r$  ортогональна окружности с центром  $O$  и радиусом  $OL$ . Проективные пучки с центрами на  $r$  высекают на  $l = l'$  пары соответственных в  $\varphi$  точек, что, в свою очередь, позволяет находить точки, соответственные в коллинеации  $\varphi$  ( $\Pi \leftrightarrow \Pi'$ ). Семейство прямых, соединяющих пары точек, соответственных в  $\varphi$ , есть коллинеация, тождественная коллинеации, заданной прямыми  $a, b, c, d$ .

*Примечание.* Алгоритм перехода от ЭЛП  $(a, b, c, d)$  к ЭЛП  $(\varphi)$  может быть составлен на основе теоремы: коллинеация  $\varphi$  ( $\Pi \leftrightarrow \Pi'$ ) со слабоинвариантной прямой  $l = \Pi \cap \Pi'$  вполне определена указанием двух коник  $k, k'$  и парой соответственных точек на  $l$  [8]. При этом, очевидно, сохраняется необходимость построения прямой  $l$ .

#### **4. Пример (линейчатая поверхность 4-го порядка, выделенная из ЭЛП)**

Пусть линейчатая алгебраическая поверхность четвертого порядка задана коническим сечением  $e^2$ , лежащим в верхней грани куба (рис. 3), и четырьмя скрещивающимися образующими  $a, b, c, f$ , не имеющими действительных трансверселей. Требуется построить каркас поверхности.

Полагая, что искомая поверхность выделяется из ЭЛП, заданной прямыми  $a, b, c, f$ , отмечаем на  $e^2$  произвольную точку  $Q$  и выполняем действия 1–6 алгоритма (см. п. 2). Получаем дополнительную (пятую) образующую  $q$  искомой поверхности, а также прямую  $l$ , лежащую в плоскости направляющей  $e^2$  и пересекающую мнимые оси конгруэнции  $(a, b, c, f)$ . Согласно теореме Reue произвольная плоскость, проходящая через  $l$ , пересекает искомую поверхность по коническому сечению. Множество таких сечений и множество прямолинейных направляющих образуют неограниченно пополняемый каркас поверхности (см. рис. 3). Для построения сечения поверхности произвольной плоскостью пучка  $l$  необходимо отметить в этой плоскости пять точек пересечения с пятью образующими  $a, b, c, f, q$ , после чего с помощью программного модуля «Универсальный компьютерный коникограф» начертить коническое сечение «по пяти точкам».

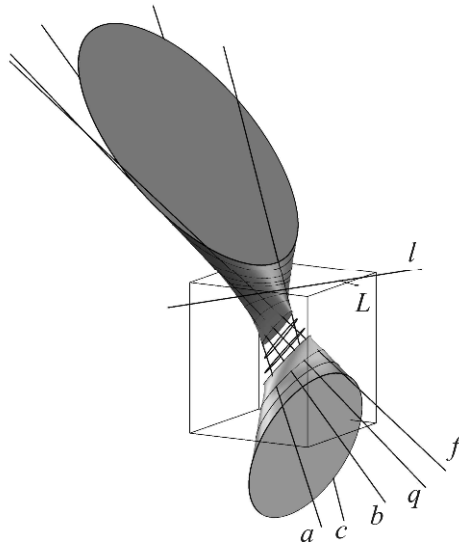


Рис. 3. Алгебраическая поверхность четвертого порядка, выделенная из ЭЛП, заданной скрещивающимися прямыми  $a, b, c, q$

### Заключение

Как в алгебре, так и в геометрии, мнимые элементы являются неотъемлемым атрибутом любых действий с алгебраическими многообразиями. Участие мнимых линейных элементов в геометрических построениях так же необходимо и естественно, как участие комплексных чисел в алгебраических преобразованиях. Это сознавали и практически использовали выдающиеся геометры XIX века. Нет никаких сомнений, что простой и совершенно очевидный алгоритм 1–6, изложенный в п. 2, давно известен. Компьютерная графика всего лишь позволяет выполнить точную конструктивную реализацию этого алгоритма. Некоторый скепсис по отношению к мнимым геометрическим фигурам у преподавателей ГПП, видимо, имеет ту же природу, что и сомнения ученика 9 класса, который на уроке алгебры не желает признавать комплексные числа. При операциях с алгебраическими объектами алгебра и геометрия «идут рядом». Например, теорема Гирша позволяет установить взаимно-однозначное соответствие между комплексными декартовыми координатами мнимых точек и вещественными координатами маркера, изображающего эти точки [2], а алгоритмы построения коники по любому набору пяти линейных элементов (точек и касательных) одинаково хорошо работают как для действительных элементов, так и для наборов с участием мнимых сопряженных элементов [1, 5].

## Список литературы

1. Гирш А.Г., Короткий В.А. Графические алгоритмы реконструкции кривой второго порядка, заданной мнимыми элементами // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 19–30. DOI: 10.12737/22840
2. Гирш А.Г., Короткий В.А. Мнимые точки в декартовой системе координат (в настоящем сб.)
3. Иванов Г.С. Теоретические основы начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1998. – 157 с.
4. Короткий В.А., Хмарова Л.И. Универсальный компьютерный коникограф // Труды 26-й Междунар. науч. конф. GraphiCon 2016 (19–23 сентября 2016), ННГАСУ. – Нижний Новгород, 2016. – С. 347–351.
5. Короткий В.А. Компьютерная визуализация кривой второго порядка, проходящей через мнимые точки и касающейся мнимых прямых // Научная визуализация. – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 56–68. DOI: 10.26583/SV.10.1/01
6. Короткий В.А., Усманова Е.А. Кривые второго порядка на экране компьютера // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6, № 2. – С. 101–113.
7. Обухова В.С. Двухосевое проектирование кривых линий // Прикладная геометрия и инженерная графика: межведом. республик. науч. сб. – Киев: Будивельник, 1965. – Вып. 1. – С. 39–47.
8. Обухова В.С. Конструирование осевых поверхностей по наперед заданным условиям // Прикладная геометрия и инженерная графика: межведом. республик. науч. сб. – Киев: Будивельник, 1968. – Вып. 6. – С. 23–34.
9. Пеклич В.А. Высшая начертательная геометрия. – М.: Изд-во АСВ, 2000. – 344 с.
10. Подгорный А.Л. Дуальные конгруэнции и вопросы их конструктивного задания и отображения // Прикладная геометрия и инженерная графика: межведом. республик. науч. сб. – Киев: Будивельник, 1968. – Вып. 7. – С. 3–10.
11. Рабинский Е.Б. Некоторые свойства направляющих линейчатых поверхностей с пропорциональной разбивкой // Прикладная геометрия и инженерная графика: межведом. республик. науч. сб. – Киев: Будивельник, 1967. – Вып. 5. – С. 106–109.
12. Скопец З.А. Преобразование двух кривых второго порядка в две окружности посредством гомологии // Известия вузов. Математика. – 1964. – № 2 (39). – С. 139–143.
13. Reye T. Die Geometrie der Lage, t. 1–3. – Leipzig, 1910.



# АБСТРАКТНЫЕ МНОГОМЕРНЫЕ ПРОСТРАНСТВА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

**Соколова Людмила Сергеевна**

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Москва

Рассматриваются содержание и использование понятий евклидова многомерного пространства и  $n$ -мерной наглядной геометрии в инженерном образовании. Представлены основные понятия многомерной геометрии: размерность пространства, степени свободы подпространств и параметрические свойства объектов. Приведены примеры использования понятия многомерного пространства в общеинженерных дисциплинах, изучаемых в высших технических учебных заведениях и формирующих знания современного инженера.

**Ключевые слова:** евклидово многомерное пространство, наглядная многомерная геометрия, общеинженерные дисциплины.

## ABSTRACT MULTIDIMENSIONAL SPACES IN ENGINEERING EDUCATION

**Sokolova Ludmila Sergeevna**

Bauman Moscow State Technical University

The content and use of the concepts of Euclidean multidimensional space and  $n$ -dimensional visual geometry in engineering education are considered. The basic concepts of multidimensional geometry are presented: the dimension of space, the degrees of freedom of subspaces and the parametric properties of objects. Examples of using the concept of multidimensional space in general engineering disciplines studied in higher technical educational institutions and forming the knowledge of a modern engineer are given.

**Keywords:** euclidean multidimensional space, visual multidimensional geometry, general engineering disciplines.

В результате обобщения понятия пространства термин «пространство» получает в науке два значения: с одной стороны, это обычное реальное пространство – универсальная форма существования материи; с другой стороны, это абстрактное пространство – совокупность однородных объектов (явлений, состояний и т.п.), в котором имеются пространственно-подобные отношения [1].

В реальном пространстве не существует представления о пространстве «самом по себе», пространстве без материи, так как «абсолютно» пустое пространство превращается в ничто. «Пустого» абстрактного пространства также не бывает. Разнообразие возможных совокупностей

объектов и различных отношений между ними отвечает неограниченное разнообразие пространств.

Принятое в современной геометрии определение понятия пространства и фигуры исходит из понятия множества. Пространство определяется как множество каких-либо элементов (точек) с условием, что в этом множестве установлены некоторые соотношения, сходные с обычными пространственными отношениями. Фигура определяется как произвольное множество точек в одном пространстве.

Пространство оказывается евклидовым с достаточной точностью в областях, малых в сравнении с космическими масштабами. Вся техника, поскольку в ней фигурируют формы и размеры тел, пользуется евклидовой геометрией, дополненной декартовой системой координат. Поэтому пространства космического масштаба и другие неевклидовы, а тем более реальное физическое пространство, в данной работе не рассматриваются.

Общее реальное основание для введения понятия многомерного пространства основывается на том положении, что если какая-либо фигура или состояние какой-либо системы задается  $n$  данными, то эту фигуру, это состояние можно представить как точку некоторого  $n$ -мерного пространства. Таким образом, множество всех точек  $M(X_1, X_2, \dots, X_n)$  при всевозможных действительных значениях координат называют  $n$ -мерным пространством. Фигура в  $n$ -мерном пространстве – это геометрическое место или множество точек, удовлетворяющих тем или иным условиям. Например, « $n$ -мерный шар» определяется как множество точек, удаленных от данной не далее, чем на заданное расстояние  $R$ .

Абстрактность понятия многомерного пространства подчеркивается тем, что в  $n$ -мерной геометрии все подпространства принято называть плоскостями с указанием их размерности. Например, точка – это 0-плоскость с размерностью 0; прямая – это 1-плоскость с размерностью 1; обычная плоскость – это 2-плоскость с размерностью 2; трехмерное пространство – это 3-плоскость с размерностью 3 и т.п. При этом каждая  $p$ -плоскость, где  $p < n$ , определяется заданием  $(p + 1)$  точки и полностью принадлежит  $n$ -плоскости ( $n$ -мерному пространству). Эти  $p$ -плоскости называются линейными подпространствами многомерного ( $n$ -мерного) пространства.

Наиболее широкое применение понятие абстрактного пространства находит в самой геометрии. Геометрия многомерного пространства строилась сначала путем формального обобщения обычной аналитиче-

ской геометрии на произвольное число измерений. Геометрический подход к изложению  $n$ -мерной геометрии разработан Шлефли на примере правильных многогранников многомерного пространства. Обобщен сам геометрический метод исследования вне зависимости от аналитического аппарата, что придало ему реальную наглядность.

Выведено математическое определение абстрактного  $n$ -мерного декартового пространства, которое обозначается как  $R_n$ . Число  $n$  называется размерностью пространства или числом измерений и соответствует числу независимых координат. Таким образом, простейшими геометрическими фигурами размерностей 0, 1, 2, 3, 4 являются соответственно точка ( $R_0$ ), отрезок ( $R_1$ ), треугольник ( $R_2$ ), тетраэдр ( $R_3$ ), четырехмерный симплекс ( $R_4$ ). Такой подход в наиболее полной мере отвечает понятию наглядности в многомерной геометрии, что делает ее более доступной для понимания при изучении [6, 8].

Многомерная геометрия естественным образом объединяет в себе такие понятия, как размерность пространства, степени свободы и параметры геометрической фигуры. Размерностью пространства в математике называют число независимых координат, в механике – число степеней свободы, в конструктивной геометрии – число независимых параметров. Тогда, принимая точку за основной элемент пространства, говорят, что на прямой (одномерное пространство) точка определяется заданием одной координаты, имеет одну степень свободы и один параметр; на плоскости (двумерное пространство) – двумя координатами, двумя степенями свободы и двумя параметрами; в трехмерном пространстве – тремя координатами, тремя степенями свободы и тремя параметрами и т.п. [3].

Приведем некоторые примеры использования понятия многомерного пространства в общеинженерных дисциплинах, изучаемых во вузах.

В инженерной геометрии при решении прикладных задач определяют по известным формулам [3] для  $i$  подпространств размерностями  $p_1, p_2, \dots, p_i$  размерность вмещающего (содержащего) их пространства ( $n$ ) и пространства пересечения ( $r$ ). Например, плоскость ( $p_2 = 2$ ) и трехмерное пространство ( $p_3 = 3$ ) не имеют общих точек, т.е. будут скрещивающимися, если принадлежат пространству, размерность  $n$  которого не ниже, чем  $n = p_2 + p_3 + i - 1 = 2 + 3 + 2 - 1 = 6$ , а размерность  $r$  пространства пересечения – отрицательна:  $r = p_2 + p_3 - n (i - 1) = 2 + 3 - 6 (2 - 1) = -1$ .

Метод подсчета параметров – параметризация – широко применяется в разных областях науки и техники. Под параметражем геометрических фигур понимают способы, процесс и результат подсчета числа

независимых параметров, определяющих фигуру по форме и по положению ее в пространстве среди множества соответствующих фигур. Например, чтобы задать некую окружность на плоскости, необходимо задать три ее параметра ( $P$ ): радиус и две координаты ее центра, т.е.  $P = 3$ . Если таких окружностей, например, три ( $N = 3$ ), то необходимо задать  $P = 3N$  параметров, т.е.  $P = 3 \cdot 3 = 9$  независимых параметров. Это определит размерность  $n$  операционного пространства для их размещения, равную  $n = P$ , т.е.  $n = 9$  (9-мерное пространство). Для задания шара необходимо задать его радиус и три координаты центра, всего 4 независимых параметра. Тогда для трех независимых шаров ( $N = 3$ ) потребуется задать  $P = 4 \cdot 3 = 12$  независимых параметров. Размерность  $n$  операционного пространства для их размещения, равная числу независимых параметров  $P$ , составит  $n = 12$  (12-мерное пространство).

В учебном курсе теоретической механики изучается механическое движение. В евклидовом пространстве, дополненном тремя декартовыми координатами, изучается обычное механическое движение твердых тел. При задании движения твердого тела в механике его положение в пространстве считают определенным, если известно положение трех его базисных точек, не лежащих на одной прямой и неизменно связанных с телом. Поскольку на девять координат этих трех точек наложено три ограничения, выражающих неизменность расстояния между точками, то число независимых координат, задающих положение свободного тела в пространстве, а значит, и число степеней его свободы равно шести. Движение такого тела в общем случае может быть всегда представлено как вращение вокруг и перемещение вдоль трех произвольно выбранных взаимно перпендикулярных осей.

В общем случае движения твердого тела можно говорить об абстрактном шестимерном пространстве  $R_6$  как о пространстве размерностью  $n = 6$ , где может осуществляться это движение. Фиксируя некоторые координаты, можно воспроизводить различные частные случаи движения тела с меньшим числом степеней свободы, т.е. в пространстве меньшей размерности. Другим вариантом сокращения числа степеней свободы движения твердого тела является установление какой-либо функциональной зависимости между двумя или несколькими обобщенными координатами. Использование современного числового программного управления позволяет организовать движение тела (например, режущего инструмента) по заданной траектории, т.е. в абстрактном одномерном пространстве многокоординатного станка (рис. 1).

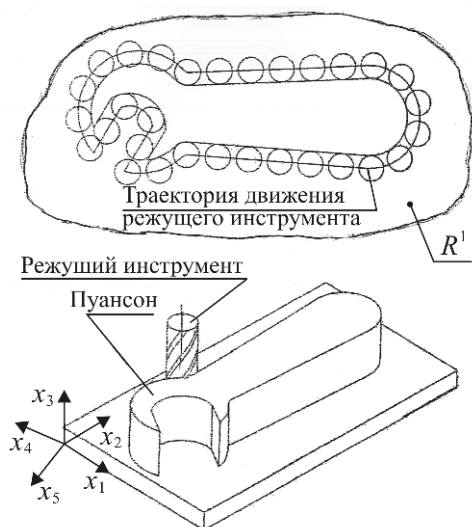


Рис. 1. Обработка пуансона на 5-координатном станке с числовым программным управлением. Размерность операционного пространства  $n = 1$ , т.е. в одномерном пространстве  $R^1$

Идеи многомерной геометрии нашли применение и в курсе такой общеинженерной дисциплины, как «Теория механизмов и машин», общие методы которой используются также в курсах «Детали машин», «Детали приборов» в применении к конкретным механизмам. Они основаны на тех закономерностях в структуре (строении) самых различных механизмов, которые связывают число степеней свободы (обозначается как  $W$ ) механизма с числом звеньев и числом и видом его кинематических пар [10]. Эта величина  $W$  и будет определять размерность операционного пространства, т.е. пространства, в котором изучается созданный механизм.

Рассмотрим конкретную задачу, решаемую в робототехнике при проектировании и управлении промышленными роботами. Задача заимствована из [10, лекция 24, рис. 24.2 с разрешения автора].

В процессе выполнения операции с объектами в большинстве случаев манипуляторы имитируют движение рук человека. Поэтому структурная схема манипулятора должна обладать кинематическими характеристиками, аналогичными характеристикам руки человека (рис. 2). Подвижности, имеющиеся у руки человека (без учета подвижности пальцев), можно обеспечить с помощью пространственной кинематической цепи, состоящей из  $N=3$  звеньев: А с подвижностью  $W_A = 3$ ; В с  $W_B = 1$ ; и С с  $W_C = 3$ .

Тогда число степеней свободы данного пространственного механизма ( $W$ ) определяется как

$$W = W_A + W_B + W_C = 3 + 1 + 3 = 7.$$

Размерность операционного пространства, содержащего исследуемый механизм, согласно представлениям многомерной геометрии, равна числу независимых координат механизма, т.е. числу независимых степеней свободы. Поэтому размерность рассматриваемого пространства  $R_n$  равна  $n = W = 7$  и зависит только от конструкции механизма. С учетом всех звеньев и в самой кисти имели бы  $W = 27$ , т.е. абстрактное операционное пространство  $R_{27}$  с 27-ю степенями свободы. Такое многомерное пространство становится вполне наглядным, исходя из схемы конструкции и логики ее создания, а также представлений многомерной геометрии (см. рис. 2).

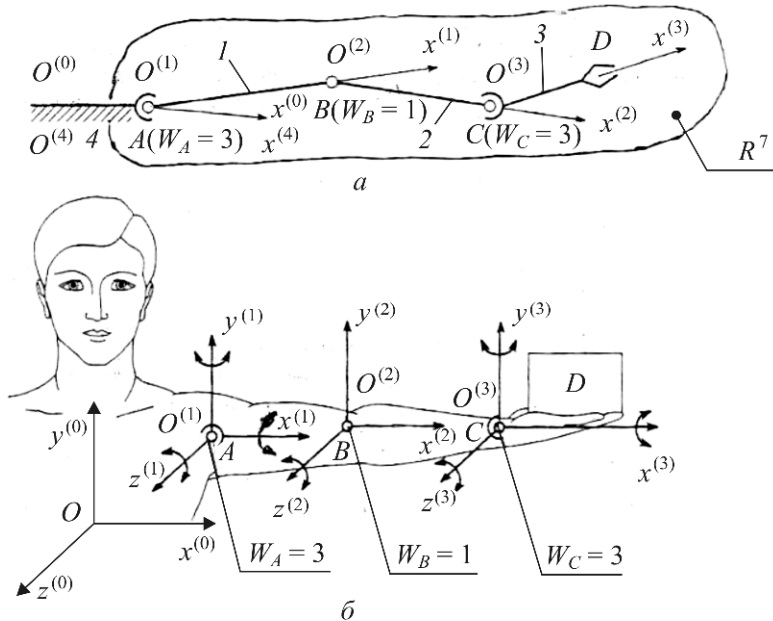


Рис. 2. Структурная схема (а) промышленного робота, имитирующего движение рук человека (б). Размерность операционного пространства, содержащего данный механизм,  $w = 7$ , что соответствует  $R^7$  (7-мерному пространству)

Еще один пример, уже из области метрологии [4]. Если ранее измерение и контроль трехмерных объектов основывались на измерении сечений, то сегодня многие доступные САД и системы анализа представляют интерфейс для массива точек, содержащего, например, до  $N = 1\,300\,000$

точек, который служит выходными данными систем оцифровки. Современные КИМ (контрольно-измерительные машины) измеряют одновременно в трех декартовых координатах, а технология сканирования позволяет за один раз захватывать 1000 и более точек. В этом методе первоисточником является трехмерная электронная модель объекта.

Таким образом, размерность пространства контролируемой поверхности изделия дает представление о  $P = 3N$ -мерном абстрактном пространстве  $R^{3N}$ , где  $N$  может достигать 1 300 000 контролируемых точек. Данные могут быть представлены в виде таблиц, диаграмм, графиков с визуальным показом положения и значений отклонений всех независимых координат. Наглядность представленного такого многомерного контролируемого пространства совершенно очевидна.

Абстрактное пространство может даже мало походить на обычное пространство. Известно, что в кинетической теории газов рассматривают абстрактные, так называемые «фазовые пространства» системы материальных точек – молекул газа (пример из [1]). Движение одной частицы в каждый момент определяется ее положением и скоростью, что дает всего шесть величин: три координаты и три составляющие скорости (по трем осям координат). Состояние  $N$  частиц задается  $6N$  величинами, и поскольку молекул много, то  $6N$  – огромное число. Тем не менее физики говорят о  $6N$ -мерном фазовом пространстве системы молекул. Точка в этом пространстве изображает состояние всей массы молекул с их координатами и скоростями. Движение точки изображает изменение состояния.

Анализ вышеприведенных примеров показывает, что такие основные понятия многомерной геометрии, как размерность пространств, число степеней свободы и параметризация геометрических фигур и условий, давно известны и, естественно, изучаются в общеинженерных дисциплинах высших технических учебных заведений в применениях к конкретным наукам. Это позволяет на обобщающем примере из геометрии показать, как получаются наглядные изображения многомерного евклидова пространства  $RP$  разной размерности ( $P$ ).

Рассмотрим твердое тело в системе  $n$  декартовых координат  $X_i$  (рис. 3). Твердым телом, или неизменяемой системой, называют такую механическую систему, которая состоит из множества материальных точек, заполняющих сплошным образом некоторую часть пространства. Основным свойством твердого тела является неизменность расстояний между любыми двумя точками. Движение такого тела возможно только в евклидовом пространстве.

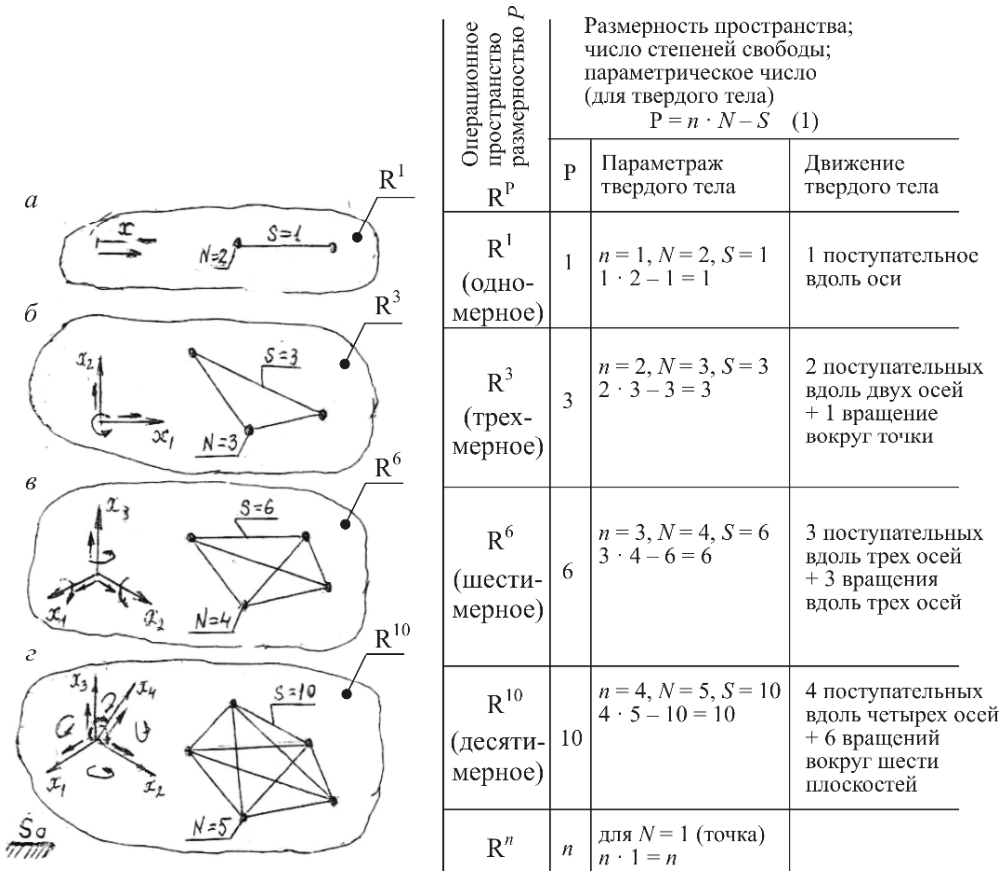


Рис. 3. Операционные пространства разной размерности  $RP$  для твердого тела в системе  $n$  декартовых координат  $X_n$

Точка в многомерном пространстве определяется  $n$  декартовыми координатами  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . На рис. 3 представлены четыре координатные системы с декартовыми координатами  $X_1; X_1, X_2; X_1, X_2, X_3; X_1, X_2, X_3, X_4$  (см. рис. 3, а, б, в, г соответственно). Поскольку в  $n$ -мерной геометрии число точек, задающих  $p$ -плоскость в системе с  $n$  координатами, принимают на единицу больше числа координат ( $n$ ), число базисных точек твердого тела  $N = n + 1$ .

Параметраж геометрической фигуры в данном случае позволяет прямым подсчетом выявить число наложенных на систему геометрических связей ( $s$ ) и определить тем самым число независимых между собой параметров среди общего числа параметров, равного  $n \cdot N$ . Это число независимых параметров (за вычетом наложенных геометрических связей) определяет и размерность пространства, и число степе-



ней свободы ( $P$ ) в данном пространстве согласно универсальной зависимости

$$P = n \cdot N - s, \quad (1)$$

где  $P$  – размерность пространства, это же – число степеней свободы, это же – параметрическое число;  $n$  – число декартовых координат  $X_n$ ;  $N$  – число точек (объектов);  $s$  – наложенные геометрические связи.

Результаты расчета представлены таблицей на рис. 3.

Размерность абстрактного пространства  $RP$  равна числу существующих в нем независимых параметров ( $P$ ), являющихся его координатами. В механике таким независимым координатам соответствует число степеней свободы, т.е. число независимых между собой возможных перемещений. Из таблицы на рис. 3 видно, какие и сколько перемещений могут осуществляться в рассматриваемых четырех системах координат. Таким образом, многомерное евклидово пространство может быть наглядно изображено и доступно для понимания, исходя из логики его образования и простых понятий многомерной геометрии.

Представленный материал показывает, как именно в технике нашло применение понятия абстрактного пространства. Абстрактное пространство – это не пустое пространство, а то, что в нем содержится, т.е. его наполнение разным содержанием. Содержание абстрактного пространства в инженерной практике – это разного рода конструкции, разные формы взаимодействующих объектов, их перемещения и др., т.е. вполне реальные действия, а не экзотическая игра ума.

Очень важным представляется мнение акад. А.Д. Александрова: «...до студентов должна быть доведена идея о том, что понятие абстрактного пространства имеет вполне реальное основание, оно отражает действительность и было вызвано потребностями науки, а не праздной игрой воображения...», и, как мы видим, оно доведено до технических применений.

Такой подход позволяет поставить вопрос о целесообразности использования наглядной многомерной геометрии в общеинженерном техническом образовании в качестве междисциплинарного базового курса.

Это дает полное основание для введения в программы кафедр инженерной графики пропедевтического курса наглядной многомерной геометрии в составе предлагаемой дисциплины «Наглядная инженерная

геометрия» [5, 7], что позволит кафедрам инженерной графики сохранить геометрию в качестве научного направления в своей деятельности в условиях перехода на современные информационные технологии, когда создание электронной модели заменяет собой создание двухкартинного чертежа Монжа.

В [6] представлены материалы, показывающие возможность совместного выстраивания наглядной геометрии и понятия многомерного пространства в учебной программе по геометрической подготовке студентов.

Обновление программ по геометро-графической подготовке для бакалавриата технического университета в предложенном виде позволит обеспечить междисциплинарные связи не только с кафедрами профессиональной подготовки, но и с кафедрами общеинженерных дисциплин, а также межвузовские связи. Это отвечает ведущим тенденциям в потребности инженерной подготовки и встраиванию предметного обучения в компетентностную модель подготовки будущего инженера [2, 9].

### Список литературы

1. Александров А.Д. Геометрия // БСЭ. – М., 1971. – № 6. – С. 909–927.
2. Горнов А.О., Лепаров М.Н. Системные противоречия и предпосылки инженерной геометрии в образовательном аспекте [Электронный ресурс] // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – С. 14–22. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017>.
3. Иванов Г.С. Теоретические основы начертательной геометрии. – М., 1998. – С. 58–76.
4. Координатно-измерительные машины и комплексы / А.И. Пекарш, С.И. Феоктистов, Д.Г. Колыхалов, В.И. Шпорт // Международная энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение; гл. ред. А.Г. Братухин. – М.: ОАО «НИЦ АСК», 2015. – С. 476–489.
5. Соколова Л.С. Инженерная геометрия – новая учебная дисциплина по геометро-графической подготовке для высших технических учебных заведений // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2014. – Вып. 3. – С. 7–11.
6. Соколова Л.С. Многомерное пространство и наглядная геометрия в учебной программе по геометрической подготовке бакалавров // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3, вып. 1. – С. 40–46.

7. Соколова Л.С. Геометрическая подготовка бакалавров в современных условиях [Электронный ресурс] // Труды КГП – 2016. – Пермь, 2016. – Вып. 3. – С. 326–332. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2016>.

8. Соколова Л.С. О наглядности в инженерной геометрии // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – С. 138–147.

9. Качество графической подготовки. Проблемы, традиции, инновации [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017>.

10. Столбова И.Д. Организация предметного обучения: компетентностный подход // Высшее образование в России. – 2012. – № 7. – С. 10–20.

11. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин: учеб. пособие, базовый курс для бакалавров. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2014. – 351 с.

## ЛЕНТОЧНЫЕ РАЗВЕРТКИ ТОРА

**Федоренко Владимир Игоревич,  
Христофоров Павел Андреевич,  
Петрова Ольга Владимировна**

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Москва

Статья посвящена построению различных видов разверток торовой поверхности методами начертательной геометрии. При этом решена задача построения условной развертки тора без разбиения ее на отсеки. В работе продемонстрирована возможность формообразования сложных поверхностей из плоских разверток.

**Ключевые слова:** начертательная геометрия, развертка, тор, торсовая поверхность.

## TAPE SWEEP OF THE TORUS

**Fedorenko Vladimir Igorevich,  
Khristoforov Pavel Andreevich,  
Petrova Olga Vladimirovna**

Bauman Moscow State Technical University

The article is devoted to the construction of different types of scans of the torus surface by methods of descriptive geometry. It solved the problem of construction of conditional scan of Thor without breaking it into sections. The paper demonstrates the possibility of forming complex surfaces of flat scans.

**Keywords:** descriptive geometry, sweep, torus, torso surface.

### Введение

В последние десятилетия в мировом машиностроении широко используются полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе стекло-, угле-, боропластиков и т.п. Композитные материалы нашли широкое применение в производстве аэрокосмической техники, автомобилей, бытовых товаров.

В свою очередь появление новых материалов с особыми свойствами потребовало разработки новых технологий изготовления деталей и сборочных единиц. В общем случае технология изготовления деталей из полимерных композиционных материалов включает в себя следующие основные операции: подготовку армирующего наполнителя и приготовление связующего; совмещение арматуры с матрицей; формообразование детали; отверждение связующего в композитных мате-

риалах; механическую доработку детали; контроль качества. В качестве армирующего наполнителя используются нити, жгуты, ленты и ткани. Основными технологическими процессами формообразования изделий из ПКМ являются: контактное формование, формование с эластичной диафрагмой, намотка и ряд других процессов [1].

При формообразовании сложных поверхностей вышеуказанными методами при применении лент и тканевых элементов армирующий материал укладывается на оправку или с гарантированным зазором между соседними элементами, или внахлестку. Это, в свою очередь, ведет к образованию пор, уменьшению прочности и т.д.

В данной работе рассматривается задача определения формы армирующего материала для формообразования деталей с торовой поверхностью с возможностью укладки с минимальными зазорами, т.е. задача создания условной развертки тора из одного элемента. Условной – поскольку тор относится к неразвертываемым поверхностям.

В курсе начертательной геометрии дается метод построения условных разверток неразвертываемых поверхностей [2].

На первом этапе неразвертываемая поверхность разбивается на ряд участков. Каждый из этих участков заменяется участком криволинейной развертываемой поверхности (конус, цилиндр). На втором этапе каждый участок развертываемой поверхности аппроксимируется соответствующей ей многогранной поверхностью. После этого получают развертку многогранной поверхности, которая и будет называться условной разверткой неразвертываемой поверхности.

В случае построения типовой развертки торовой поверхности участок, «вырезанный» двумя плоскостями, проходящими через ось тора, заменяется на участок цилиндрической поверхности (рис. 1). На втором этапе цилиндрическая поверхность преобразуется в призму, развертка которой и будет являться условной разверткой участка торовой поверхности.

Для построения условной развертки тора без разбиения на участки необходимо заменить всю поверхность тора на некоторую торсовую, вписанную в тор или описывающую его. В качестве направляющей линии такой поверхности удобно выбрать линию торового соленоида, а образующие линии располагать в плоскостях, или проходящих через ось тора, или перпендикулярных ей.

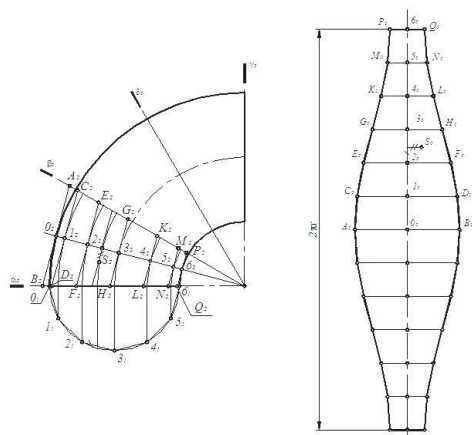


Рис. 1. Типовой вариант создания развертки тора по участкам

При анализе результатов построения линии торового соленоида выяснилось, что строить торсовую поверхность между соседними витками соленоида удобно, если  $n > 10-15$ . Коэффициент  $n$  определяет количество витков соленоида в случае, если  $n$  целое число. На рис. 2 показано расположение направляющей и образующих линий торсовой поверхности при  $n = 36$ . В зависимости от размеров тора и числа  $n$  длина развертки может достигать нескольких десятков метров.

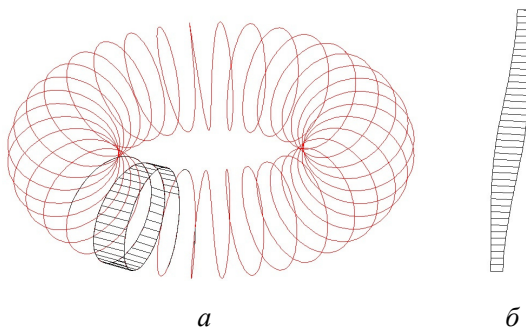


Рис. 2. *a* – Направляющая линия (торовый соленоид при  $n = 36$ ) с элементом аппроксимирующей поверхности; *б* – элемент развертки

Построение самой развертки основано на применении способа триангуляции.

При  $1 \leq n \leq 10$  линия соленоида имеет такую форму, что использовать ее как направляющую торсовой поверхности не представляется возможным, поскольку такая поверхность будет крайне далека от формы тора (рис. 3, *a*). Однако если указанную линию повернуть вокруг

оси тора на небольшой заданный угол, то между основной и повернутой линиями можно построить торсовую поверхность, соединив их образующими линиями, лежащими в плоскостях, перпендикулярных оси тора (рис. 3, б). Последним этапом будет построение элемента развертки и определение количества таких элементов для полного перекрытия торовой поверхности (рис. 3, в).

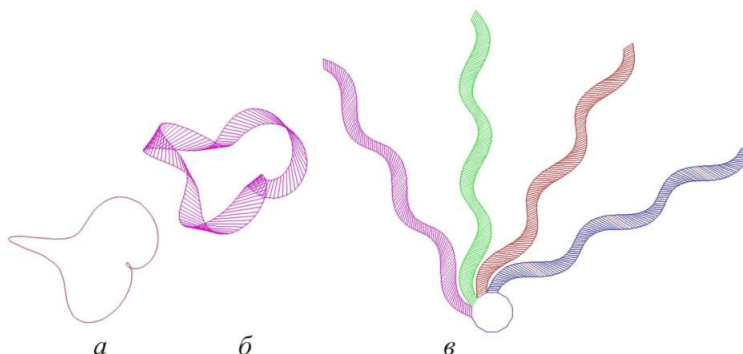


Рис. 3. *а* – Направляющая линия – торовый соленоид при  $n = 3$ ; *б* – участок аппроксимирующей поверхности тора; *в* – развертка торовой поверхности

При  $0 < n < 1$  каждый виток линии соленоида располагается вокруг оси тора, а образующие торсовой поверхности, соединяющие соседние витки соленоида, построены в плоскостях, проходящих через ось тора.

После выполнения алгоритма построения условной развертки была определена ее форма, показанная на рис. 4, *а*, элементы развертки распечатаны на бумаге с сохранением цвета и склеены в единую ленту. После этого была произведена склейка модели тора (рис. 4, *б*). Как и при склейке сферы [3], витки развертки тора соединялись только с соседними витками (это легко проследить по цвету витка), без использования каркаса или внутреннего наполнителя.

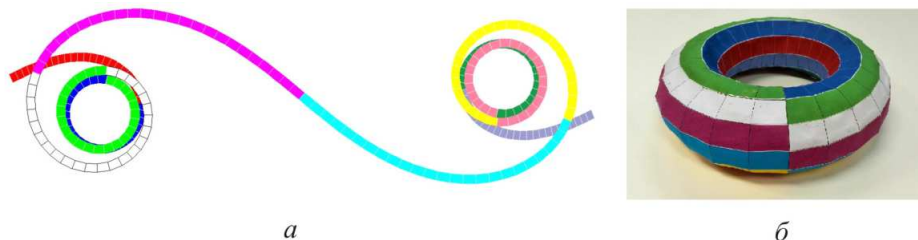


Рис. 4. *а* – Развертка торовой поверхности с направляющей линией в виде торового соленоида при  $n = 0,1$ ; *б* – модель торовой поверхности

Результаты работы применяются автором при чтении лекций по курсу «Начертательная геометрия» в разделе «Развертки поверхностей».

### **Выводы**

Научная (геометрическая) составляющая поставленной задачи авторами выполнена в полном объеме. В качестве первого шага в подготовке производственного эксперимента авторы обратились к руководству кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» с вопросом о введении данной тематики в список выпускных работ бакалавров.

### **Список литературы**

1. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 516 с.
2. Жирных Б.Г., Серёгин В.И., Шарикян Ю.Э. Начертательная геометрия: учебник / под общ. ред. В.И. Серегина. – 1-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 176 с.
3. Федоренко В.И., Кучеров К.В., Христофоров П.А. Лента Федоренко – условная развертка сферы // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – Пермь, 2017. – Т. 1. – С. 379–384.



# ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗОНЫ ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН ДОЗАТОРА ПОСЕВНОЙ МАШИНЫ

**Филатов Данил Александрович,  
Чередниченко Ольга Павловна**

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

**Филатов Александр Александрович**

Апшеронский механический завод

Есть проблемы, связанные с дозированием семян при посеве различных культур растений. На основе анализа конструкции дозатора семян предлагается обоснованное изменение геометрической формы отдельных элементов устройства.

**Ключевые слова:** посевная машина, дозатор семян, дозирующие элементы, геометрия рабочих деталей.

## GEOMETRICAL MODELING OF ELEMENTS WORKING ZONE OF DOSING OF SEEDS OF THE SEEDING MACHINE

**Filatov Danil Alexandrovich,  
Cherednichenko Olga Pavlovna**

Don State Technical University

**Filatov Alexander Alexandrovich**

Absheronsk Machine-Building Plant, Russia

There are problems associated with the dosing of seeds when sowing different crops. Based on the analysis of the design of the seed dispenser, a reasonable change in the geometric shape of the individual elements of the device is proposed.

**Keywords:** sowing machine, seed metering, metering elements, geometry of working parts.

В процессе выращивания урожая один из важных моментов – это посев культуры. Посевные машины, используемые в сельском хозяйстве, такие как сеялки для пропашных культур или зерновые сеялки, предназначены для высева зерна на требуемую глубину в пределах множества продольных борозд, образованных в почве. Высевающие секции имеют раму, на которой крепятся рабочие органы. На раме может быть установлен бункер для семян, бункер для гербицидных или для инсектицидных веществ. Высевающие органы в сеялках для про-

пашных культур, как правило, приводятся в действие с использованием колес, раздаточных коробок передач, звездочек, валов, цепей и т.п.

Посевная машина МП-3 предназначена для использования во всех почвенно-климатических зонах, кроме зоны горного земледелия, и по всем технологиям растениеводства с возможностью высевать зерновые сплошь или полосами, а пропашные – разбросным способом или полосами с любой полосой междурядий. Машина предназначена для обработки почвы с одновременным высевом семян, внесением удобрений и способна выполнять одновременно несколько агротехнических операций, таких как:

- предпосевная культивация с уничтожением сорняков;
- подъем укрывного пласта без нарушения капиллярного слоя семенного ложа;
- высева семян на глубину 30–50 мм на семенное ложе без нарушения капиллярного влагоносного слоя с обеспечением растений ирригационной влагой, биологически целесообразной и агротехнически рациональной площадью питания;
- внесение в почву жидких удобрений и биопрепаратов;
- создание мелкокомковатого мульчирующего слоя над семенным ложем;
- прикатывание посевов;
- выравнивание поверхности почвы.

Машина агрегатируется с тракторами класса 1,4.

Используемая на данной посевной машине система подачи семян функционирует следующим образом: вращение дозатора осуществляется от прикатывающего приводного катка через механизм передач посредством карданного вала. Семена, спускаясь по семяпроводам, попадают на глубину заделки семян в желоб, нарезанный в почве режущим диском. Семена накрываются почвой мелкокомковатой структуры. Укрывной слой почвы тщательно прикатывается приводными и транспортными катками.

Для разных по размеру семян предусмотрены дозирующие элементы с разными по величине лунками для захвата семян из подающих воронок бункера. Выбранный дозирующий элемент устанавливается в каждый высевной аппарат. Необходимую норму высева устанавливают путем подбора приводной звездочки, общей для всех высевных аппаратов. Для увеличения нормы высева устанавливают приводную звездочку с большим количеством зубьев. Для уменьшения нормы высева устанавливают звездочку с меньшим количеством зубьев.

Требование современного производства и технологий – поиск новых технических решений во всех областях. Важной остается задача сочетания имеющегося опыта с новыми решениями, что реализуется на практике в виде сотрудничества научных и производственных организаций [1].

Есть необходимость в разработке рациональной системы дозирования, которая обеспечит требуемое, вплоть до поштучного, распределение и высевание семян в различных условиях работы сеялки. Реализация отдельных элементов решения таких задач возможна силами студентов в ходе научно-исследовательской работы [2, 3].

За основу моделируемой конструкции взято дозирующее устройство посевной машины МП-3.

Основными элементами распределения семян в корпусе дозатора являются концентратор (рис. 1) и дозирующий элемент (рис. 2).



Рис. 1. Концентратор

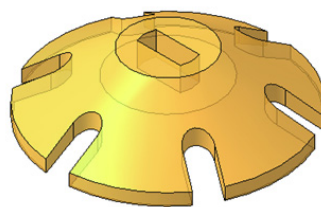


Рис. 2. Дозирующий элемент

На рис. 3 представлена схема размещения рабочих элементов дозатора: концентратор 1 жестко закреплен в корпусе дозатора, вращением дозирующего элемента 2 осуществляется дозирование семян (рис. 3, а). За счет эксцентricности отверстия концентратора в зоне  $\alpha$  просеивания не происходит. Помимо этого, на количество просеянных семян оказывает влияние и зона  $\delta$  (ширина паза дозирующего элемента).

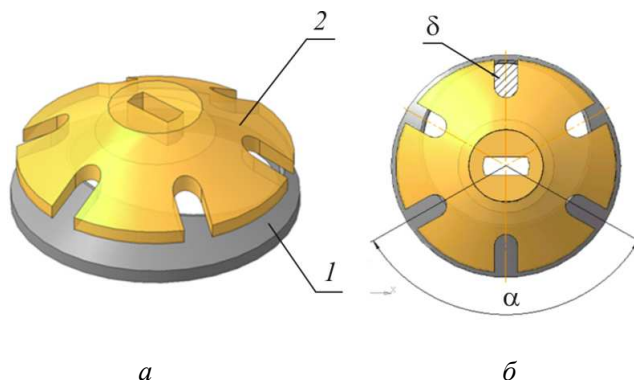


Рис. 3. Схема размещения концентратора и дозирующего элемента

Различные виды семян и соответствующие требования к их размещению в почве требуют различных условий организации дискретности их просеивания. В данном случае основные регулируемые геометрические факторы, влияющие на просеивание, – угол  $\alpha$  и площадь  $\delta$ .

Изменением геометрии дозирующего элемента можно учитывать особенности посевного материала. На рис. 4 показаны варианты исполнения сменной детали.

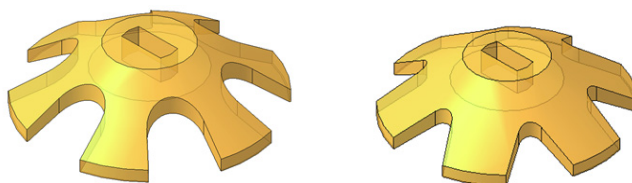


Рис. 4. Варианты изменения геометрии дозирующего элемента

Отдельные варианты исполнения дозирующих элементов уже используются в практике производства Апшеронского механического завода.

Понятно, что помимо указанных геометрических характеристик на просеивание оказывают влияние скорость вращения дозирующего элемента, вид посевного материала (в том числе погодные условия, влажность зерна и т.п.).

Предполагается проведение дальнейших исследований с целью оптимизации геометрических параметров рабочих элементов дозаторов с учетом особенностей физико-механических процессов, происходящих в устройстве.

### Список литературы

1. Царев Ю.А., Мельников Д.Г. Концепция создания и деятельности фирменного дилерского центра завода-изготовителя // Инновационные технологии в науке и образовании: сб. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф.; ред. Ю.Ф. Лачуга [и др.]. – 2018. – С. 97–101.

2. Мисиров Д.Н., Бородин Д.Н., Чередниченко О.П. Синтез традиционной инженерной и компьютерной графики – основа современного профессионального образования // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. – 2016. – № 12. – С. 115–122.

3. Чередниченко О.П., Хомич И.М. Научно-исследовательская работа со студентами младших курсов [Электронный ресурс] // Проблемы графической подготовки студентов технических вузов в условиях современного компетентностного подхода к процессу обучения: материалы науч.-метод. конф. – Пермь, 2015. – С. 98–101.

# **ВЛИЯНИЕ ДАТЫ РАСЧЕТА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИНСОЛЯЦИИ (КАК ЗАДАЧА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)**

**Хейфец Александр Львович**

Южно-Уральский государственный университет  
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

Актуальность исследования обусловлена изменением нормативной даты расчета инсоляции с 22 марта на 22 апреля. Показано, что при расчете на 22 апреля, наряду с ожидаемым увеличением плотности застройки, имеет место снижение инсоляции в зданиях угловой формы. Приведены результаты исследования этого эффекта и примеры, показывающие его проявление. Исследование выполнено компьютерным 3D-моделированием в пакете AutoCAD с применением специализированной программы.

**Ключевые слова:** инсоляция, нормативная дата, алгоритм инсоляции, 3D-моделирование.

## **INFLUENCE OF THE DATE OF COMPUTATION ON INSOLATION DURATION (AS A GEOMETRICAL MODELING TASK)**

**Kheifetc (Kheyfets) Aleksandr Lvovich**

South Ural State University (National Research University)

The relevance of the research is explained by the changing of the date of normative insolation computation from March 22 to April 22. It is demonstrated that in case of computation for the date of April 22, along with the expected increase in the building density, the insolation for L-shape buildings decreases. The studying of this effect is provided, and the examples of its manifestation are given. The study was performed using 3D computer modeling and a specialized program in AutoCAD package.

**Keywords:** insolation duration, date of computation, algorithm of insolation, 3D-modeling.

### **Введение**

Инсоляция – освещение объектов прямым солнечным светом. При проектировании зданий расчет продолжительности инсоляции является обязательным. Он выполняется в соответствии с действующими нормами [1, 2], среди которых задана дата расчета.

До 2017 г. для центральной зоны России расчет выполнялся на 22 марта или 22 сентября – это день равноденствия. В 2017 г. установлена новая дата расчета – 22 апреля или 22 августа. При новой дате возрастает высота солнца над горизонтом и продолжительность дневного времени суток. Это позволяет повысить плотность застройки [3–5].

Цель нашей работы – исследование геометрических особенностей инсоляции в связи с изменением нормативной даты расчета.

### 1. Алгоритм расчета

Исследования выполнялись в пакете AutoCAD [6, 7] применением программы расчета инсоляции [8, 9], путем построения и исследования полей инсоляции [3, 4, 10].

Для определения продолжительности инсоляции в точке  $A$  (рис. 1,  $a$ ) строим 3D-модели зданий в произвольном масштабе. Строим лучевой конус [11], вершину которого помещаем в т.  $A$ . Ось конуса  $i$  расположена в меридиональной плоскости и наклонена к северу (стрелка  $N$ ). Угол  $j$  равен географической широте. Для Москвы и Челябинска  $j = 55^\circ$ . Угол  $\delta$  определяется по формуле Купера [12]:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(2\pi \frac{data - 81}{365}\right),$$

где  $\delta$  – угол в градусах,  $data$  – номер календарного дня. Например, для 1 января  $data = 1$ ; для 22 марта  $data = 81$ ,  $\delta = 0$ ; для 22 апреля  $data = 112$ ,  $\delta = 11,93^\circ$ , для 22 июня  $data = 173$ ,  $\delta = 23,5^\circ$ , для 22 декабря  $data = 354$ ,  $\delta = -23,5^\circ$ . Конус  $cone1$  соответствует периоду между 22 марта и 22 сентября;  $cone2$  – периоду от 22 сентября до 22 марта. В дни 22 марта и 22 сентября  $\delta = 0$  и конус преобразуется в плоскость  $\gamma$  (плоскость равноденствия).

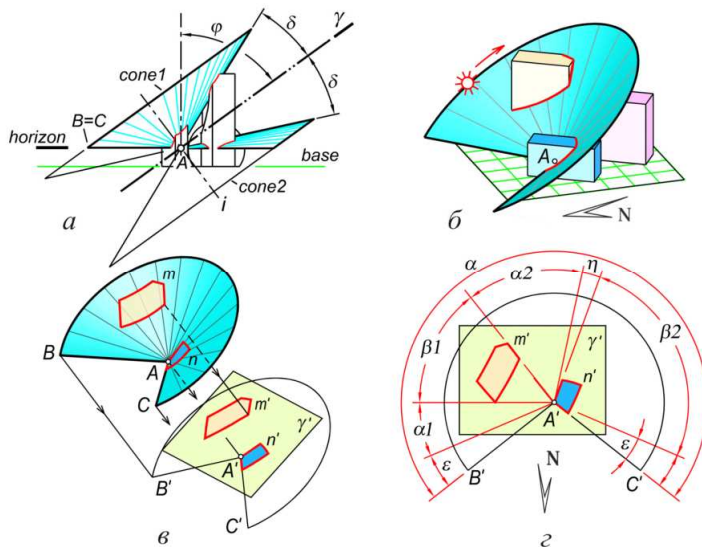


Рис. 1. Алгоритм измерения продолжительности инсоляции:  $a$  – параметры лучевого конуса;  $b$  – сечения зданий конусом;  $c, z$  – измерение углов инсоляции

Конус срезан на уровне плоскости горизонта *horizon*  $\dot{E} A$ , при этом определяются луч восхода АВ и луч АС заката солнца.

Строим сечения зданий конусом (рис. 1, б). Сечения проецируем на плоскость  $\gamma$  или  $\gamma\phi \parallel \gamma$  (рис. 1, в). Определяем секторы затенения  $\beta_1, \beta_2 \dots$  и секторы инсоляции  $\alpha_1, \alpha_2 \dots$  (рис. 1, г). Измеряем углы  $\alpha$  и находим их сумму  $\alpha S$ . Значение  $\alpha S$  преобразуем в интервал времени *insol* по соотношению  $15^\circ = 1$  ч.

В соответствии с нормами [1–3] из  $\alpha S$  вычитаем углы  $\varepsilon = 15^\circ$  (по одному часу) на восходе и закате. Если точка *A* находится на стене здания, то в этой точке создают 3D-модель окна, балкона или лоджии. В упрощенных расчетах вместо этих моделей из  $\alpha S$  вычитают предварительно определенные углы *h* [1, 13]. В нашей работе была принята модель гладких стен с  $h = 8^\circ$ . Алгоритм расчета учитывает еще ряд требований, подробно приведенных в работе [3].

Полученное итоговое значение сравнивается с допустимым значением. Если в точке единственный сектор инсоляции (непрерывная инсоляция), допустимое значение составляет 2 ч, если несколько секторов (прерывистая инсоляция) – 2,5 ч.

Приводимые ниже поля инсоляции образованы расчетом инсоляции внутри контура стены или площадки. Расчеты выполняют в узлах прямоугольной сетки. Количество ячеек сетки по каждому направлению задается в зависимости от требуемой точности в интервале от 50 до 150, т.е. от 2500 до 22 500 точек на контур. В точках проставляют маркеры, цвет которых определяется значением инсоляции *insol* (рис. 2, е). Зоны допустимой инсоляции имеют желтый или зеленый цвет. Недопустимая инсоляция выделена красным и синим цветом.

В качестве критерия предельно допустимого положения или высоты зданий принято появление красной зоны на стенах зданий.

## 2. Расстояние между зданиями

Рассмотрим изменение полей инсоляции при сближении двух взаимно параллельных зданий, ориентированных вдоль меридиана. Размеры зданий примем одинаковыми: длина 120, ширина 15, высота  $h = 60$ .

В марте при расстоянии  $del > 105$  инсоляция *insol* всех стен и земли  $> 3$  ч. Исключение составляют северные стены, в которых инсоляция отсутствует. При  $del = 100$  возникает небольшая зона  $2 < insol < 3$  зеленого цвета (рис. 2, а). При дальнейшем сближении зданий эта зона возрастает

(рис. 2, б). При  $del = 80$  на внутренних стенах зданий возникает красная зона в виде тонкой полоски в нижней части стены (рис. 2, в). Это признак появления недопустимо низкой инсоляции  $insol < 2$  на нижнем этаже зданий. При  $del = 60$  красная зона на стене существенно увеличивается (рис. 2, г). При  $del = 55$  (рис. 2, д) на стене появилась синяя зона как признак  $insol < 1$  ч, на земле образовалась обширная красная зона. Предельно допустимое расстояние между зданиями, при котором на стенах зданий появляется красная зона, составило  $del = 80$  (рис. 2, в).

В апреле картина полей инсоляции качественно повторяется (рис. 2, ж-и). Однако допустимое расстояние между зданиями уменьшается. Красная зона возникает при  $del = 55$  (рис. 2, з).

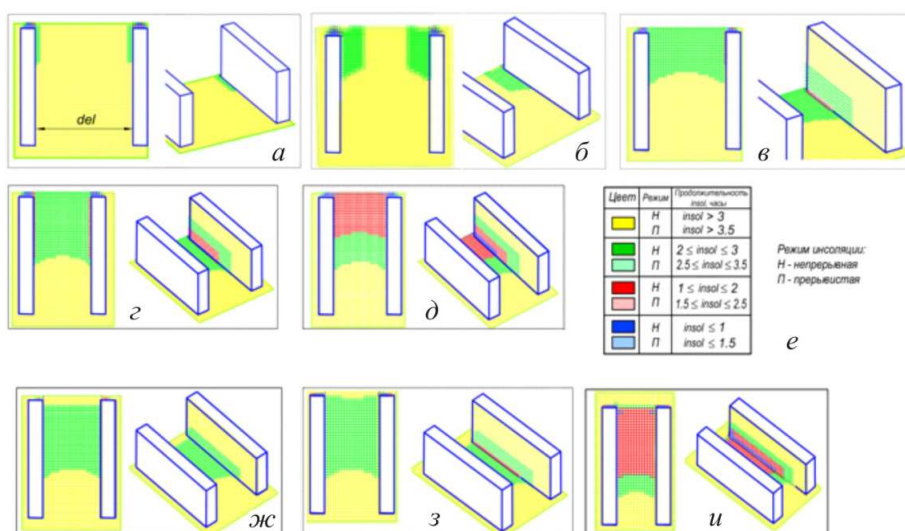


Рис. 2. Поля инсоляции в зависимости от расстояния  $del$  между зданиями. 22 марта: а –  $del = 100$ ; б –  $del = 90$ ; в –  $del = 80$ ; г –  $del = 60$ ; д –  $del = 55$ ; е – цвет маркеров. 22 апреля: ж –  $del = 60$ ; з –  $del = 55$ ; и –  $del = 40$

Следовательно, по критерию образования красной зоны изменение расчетной даты с 22 марта на 22 апреля позволяет располагать здания на  $\approx 30\%$  ближе.

На той же модели плавно увеличивали высоту обоих зданий до возникновения красной полоски на первом этаже. В марте для  $del = 80$  предельная высота составила  $h = 60$ . В апреле она составила 85. При  $del = 100$  для марта предельная высота достигнута при 75. Для апреля – при  $h = 105$ . Другими словами, допустимая высота зданий для 22 апреля по сравнению с мартом возросла на  $\approx 30\%$ .



### 3. Положение здания относительно параллели

22 марта продолжительность светового дня составляет 12 ч. 22 апреля эта продолжительность составляет  $\approx 14$  ч 21 мин, т.е. увеличилась на  $\approx 2$  ч 21 мин. Для оценки влияния этого фактора единичное здание располагали длинной стороной под углом  $l$  к параллели и определяли инсоляцию стены, обращенной на север. Установлено, что в марте предельное значение  $l = 48^\circ$ . В апреле оно составило  $24^\circ$ , т.е. снизилось вдвое.

### 4. Особенности инсоляции здания угловой формы

В предыдущих экспериментах подтверждено ожидаемое увеличение инсоляции в апреле по сравнению с мартом. Однако для зданий угловой формы было установлено, что на внутренних стенах продолжительность инсоляции в апреле по сравнению с мартом снижается. Для выявления причин этого неожиданного эффекта была исследована модель, приведенная на рис. 4, а. В точках 0–20, соответствующих окнам нижнего этажа, измеряли продолжительность инсоляции *insol* и секторы света  $\alpha$ .

Показано (рис. 3, б), что для точек окна 0–11 с переходом от декабря к июню, в том числе от марта к апрелю, инсоляция снижается. Например, в точке 2 (см. рис. 3, б, кривые 4 и 5), при расчете 22 марта продолжительность составила 5 ч 6 мин, или  $76,5^\circ$ . При расчете 22 апреля продолжительность снизилась до 4 ч 34 мин, или  $68,5^\circ$ , т.е. на 32 мин.

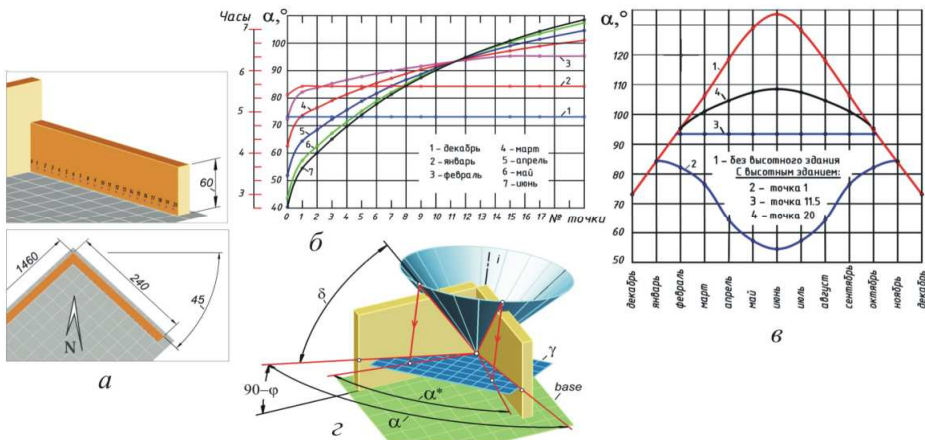


Рис. 3. Особенность инсоляции на стенах углового здания:

а – модель здания; б – инсоляция в точках для различного месяца года (дата 22); в – инсоляция в зависимости от месяца; г – модель инсоляции

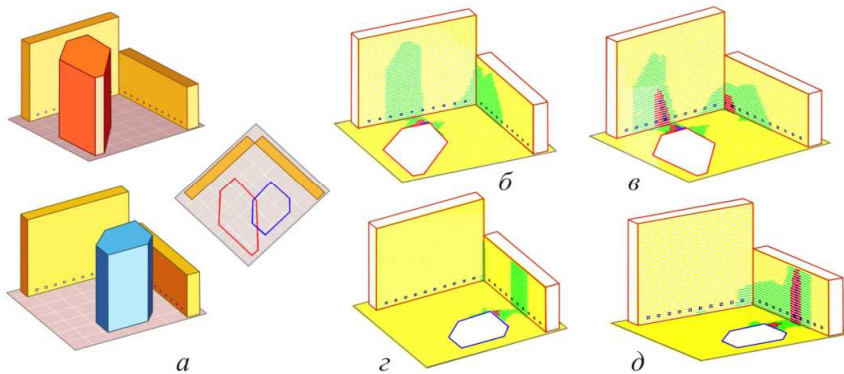


Рис. 4. Инсоляция при уплотненной застройке углового здания:  
*a* – модели двух зданий; *б, в* – инсоляция 22 марта; *г, д* – 22 апреля

Эффект снижения инсоляции проявляется от точки 0 до точки 11,5. В точке 11,5, начиная с февраля по октябрь, инсоляция не зависит от даты расчета. После точки 11,5 восстанавливается обычный эффект возрастания инсоляции по мере приближения к 22 июня. Особенность кривых 1, 2 объясняется тем, что в декабре и январе конус света *cone2* (см. рис. 1, *a*) не пересекает высотное здание. По мере удаления точки от угла зданий инсоляция в них асимптотически приближается к инсоляции, определенной при отсутствии высотной части (рис. 3, *в*).

Приведена модель (рис. 3, *г*), поясняющая выявленный эффект. Показано изменение угла сектора света, расположенного между стенами углового здания. Углом  $j$  и  $\delta$  приданы значения, повышающие наглядность результата. Видно, что угол  $\alpha^*$ , измеряемый по лучевому конусу, меньше, чем угол  $\alpha$ , измеряемый в марте по плоскости равноденствия. На той же модели можно проследить и другие особенности анализируемого эффекта.

Рассмотрим модели двух зданий, как варианты уплотнения застройки (рис. 4, *a*). Контуры зданий определены для 22 марта как предельно допустимые из условия, что возведенные в заданном месте новые здания не вызывают на окружающих зданиях снижения инсоляции ниже нормы [10, 14]. Расчет на 22 марта показал (рис. 4, *б, в*), что на стенах старых зданий нет красных зон. Однако расчет на 22 апреля при тех же уплотняющих зданиях выявил появление красных зон, т.е. инсоляция в отдельных участках стен стала ниже нормы. Следовательно, выводы о допустимости застройки, полученные для 22 марта, стали недействительны для 22 апреля.

## Выводы

Предложена методика оценки геометрической формы и взаимного положения зданий на основе построения полей инсоляции. Допустимые размеры и положение зданий определяются по появлению сигнальных областей красного цвета, соответствующих уровню низкой инсоляции.

Предложенная методика реализуется программой, написанной на языке AutoLisp. Эффективность методики возрастает с уплотнением застройки и увеличением сложности геометрической формы зданий.

В большинстве случаев уплотненной застройки изменение даты расчета с 22 марта на 22 апреля позволяет увеличить высоту зданий и уменьшить расстояние между зданиями на 30 %, а также уменьшить предельный угол между северной стеной зданий и параллелью с 48 до 24°.

Установлено, что для зданий угловой формы изменение даты расчета с 22 марта на 22 апреля может вызвать снижение инсоляции на внутренних стенах. Это может привести к недостоверности результатов, основанных на расчетах для 22 марта, при переходе на другую дату расчета, в частности на 22 апреля.

## Список литературы

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий [Электронный ресурс]. – URL: <http://best-stroy.ru/gost/r38/311>.

2. О внесении изменений в санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420398169>.

3. Хейфец А.Л. Продолжительность инсоляции: автоматизация расчета и учебные аспекты. Проблемы координации работы технических вузов в области повышения качества инженерно-графической подготовки студентов: материалы науч.-метод. конф. (с. Дивноморское, 10–16 сентября 2018 г.); Дон. гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2018. – С. 134–148.

4. Kheifets A.L. (Kheifets) 2018 Automation of Computation of Insolation Duration in Architectural Design // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). – 2018. – Vol. 451, № 012123. – URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/451/1/012123/pdf>.

5. Росчерком пера нас лишили солнца в квартирах: «Город будет безобразный» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mk.ru/social/2018/03/01/roscherkom-pera-nas-lishili-solnca-v-kvartirakh-gorod-budet-bezobraznyy.html>.

6. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2015. – 602 с.

7. Хейфец А.Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. – М.: Диалог МИФИ, 2002. – 432 с.

8. Хейфец А.Л. Программа автоматического расчета инсоляции: свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ № 2010613828. Заявка № 2010612286. Дата поступления 23 апреля 2010 г. Зарегистрировано 10 июня 2010 г.

9. Хейфец А.Л. Система автоматизированного расчета продолжительности инсоляции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2007. – Вып. 4, № 14 (86). – С. 51–54.

10. Хейфец А.Л. Расчет продолжительности инсоляции в условиях уплотненной застройки [Электронный ресурс] // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 3. – С. 9–10, 99–105. – URL: [http://www.pnj.nngasu.ru/word/pnj\\_3\(2012\).zip](http://www.pnj.nngasu.ru/word/pnj_3(2012).zip).

11. Архитектурная физика / под ред. Оболенского. – М: Архитектура-С, 2007. – 448 с.

12. Формула Купера [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/images/search?text=формула%20купера%20для%20склонения%20солнца&stype=image&lr=56&source=wiz>.

13. ГОСТ Р 57795–2017. Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции.

14. Хейфец А.Л., Саморуков А.В. Способ определения допустимого объема застройки с учетом продолжительности инсоляции в архитектурном проектировании: патент на изобретение № 2505853. Заявка № 2012128696. Приоритет изобретения 09 июля 2012. Зарегистрировано 27 января 2014. Срок действия патента до 09 июля 2032 г.

## **СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ДОРАБОТКИ ГЕОМЕТРИИ ПОСЛЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ПАКЕТЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ И СТОРОННИХ ПАКЕТАХ**

**Шелякина Галина Геннадьевна,  
Попова Диана Дмитриевна,  
Самойленко Никита Андреевич**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь

Чтобы отвечать многочисленным требованиям, предъявляемым к надежности и качеству продукции, передовые компании на различных этапах проектирования все чаще прибегают к инструментам топологической оптимизации. Поскольку после топологической оптимизации поверхность тела не получается гладкой, а состоит из граней элементов сетки, оставшихся после оптимизации, то требуется ее доработка какими-либо способами. В статье рассматриваются и анализируются способы геометрической доработки конечно-элементной модели, полученной в результате топологической оптимизации. Также приводится сравнение способов доработки, реализованных в пакете для оптимизации, со способами доработки, реализуемыми в прочих пакетах.

**Ключевые слова:** доработка конечно-элементной модели, топологическая оптимизация, оптимальное проектирование, аддитивные технологии.

## **COMPARISON OF METHODS OF DEVELOPING GEOMETRY AFTER TOPOLOGICAL OPTIMIZATION IN A PACKAGE FOR OPTIMIZATION AND THIRD PARTY PACKAGES**

**Shelyakina Galina Gennadiyvna,  
Popova Diana Dmitrievna,  
Samoilenko Nikita Andreevich**

Perm National Research Polytechnic University

In order to meet the numerous requirements imposed on the reliability and quality of their products, leading companies at various design stages increasingly use topological optimization tools. Since, after topological optimization, the surface of the body does not turn out to be smooth, but consists of the edges of the grid elements that remain after optimization, it needs to be improved by any means. The paper reviews and analyzes the methods of geometric refinement of the finite element model obtained as a result of topological optimization. It also provides a comparison of the refinement methods implemented in the optimization package with the refinement methods implemented in other packages.

**Keywords:** refinement of the finite element model, topological optimization, optimal design, additive technologies.

Современные машиностроительные предприятия заинтересованы в повышении надежности и качества своей продукции при одновременном снижении ее веса и трудоемкости изготовления. Чтобы отвечать многочисленным требованиям, передовые компании на различных этапах проектирования все чаще прибегают к инструментам топологической оптимизации. Особенно данная технология проектирования актуальна для предприятий аэрокосмической отрасли, где важно минимизировать массу конструкций.

Поскольку после топологической оптимизации модель получается конечно-элементной, т.е. состоящей из отдельных тетраэдрических элементов, то требуется ее доработка.

Топологическая оптимизация – это численный метод, который позволяет изменить форму рассматриваемого элемента или объекта путем удаления некоторой части области. Данный метод является задачей математического программирования, основная цель которого состоит в поиске распределения материала (плотности) по площади или объему.

Однако результатом топологической оптимизации детали зачастую является сложная пространственная конструкция, производство которой экономически обосновано в тех случаях, когда задача снижения веса является приоритетной. Производство подобных деталей классическими методами (точение, фрезерование, штамповка) невозможно или является слишком дорогим, в таких случаях применяются аддитивные технологии 3D-печати.

После топологической оптимизации в пакете Ansys поверхность тела не получается гладкой, а состоит из граней элементов сетки, оставшихся после оптимизации. Для сглаживания поверхностей на 3D-моделях в рамках данной работы выделены два метода: обрисовка геометрии с помощью примитивов с использованием САПР-пакетов и применение автоматического сглаживания в специальных программных пакетах.

При реализации методов топологической оптимизации модель, полученная на выходе, состоит из отдельных конечных элементов с определенной плотностью. Грань каждого конечного элемента представляет собой концентратор напряжений и деталь с множеством граней (рис. 1). Модель сложна для производства даже с помощью аддитивных технологий, поэтому нуждается в доработке.

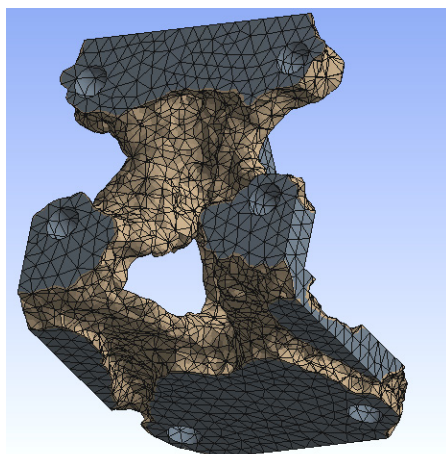
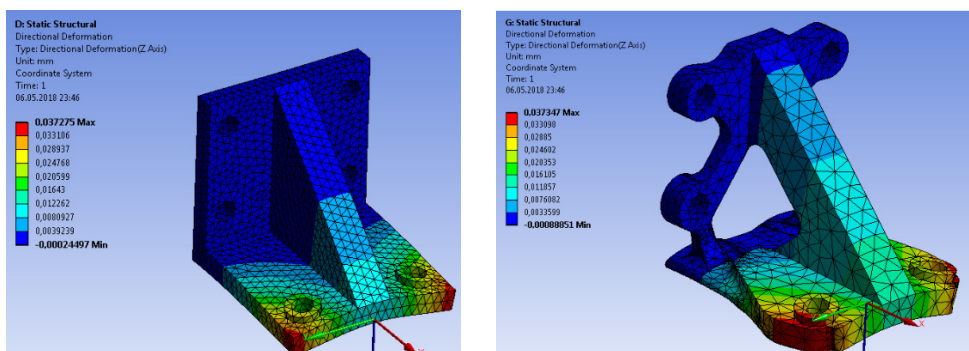


Рис. 1. Конечно-элементная модель после топологической оптимизации

Выделяется два способа доработки геометрии:

1. *Первый способ* наиболее трудный в исполнении. Для его реализации необходимо сначала импортировать в САПР оптимизированную геометрию, после чего на основе примитивов и инструментов построения создать новую трехмерную САД-модель.

Однако модели, полученные таким способом, наиболее технологичны и можно избежать появления множества концентраторов напряжений (рис. 2).



*a*

*б*

Рис. 2. Доработка геометрии в САПР:  
*a* – исходный кронштейн; *б* – доработанная геометрия

В пакете для оптимизации (ANSYS) данный способ доработки можно реализовать с помощью преобразования ломаной линии, полу-

чающейся в результате проекции контура на выбранную плоскость в сплайн. После этого действия с эскизом аналогичны прочим САПР пакетам. Преобразование ломаной в сплайн (команда fit curve) представлено на рис. 3. Встроенный редактор геометрии удобнее для обрисовки в плоском эскизе, однако интерфейс менее удобен и функционален при создании сложных трехмерных операций, чем в специальных САПР.

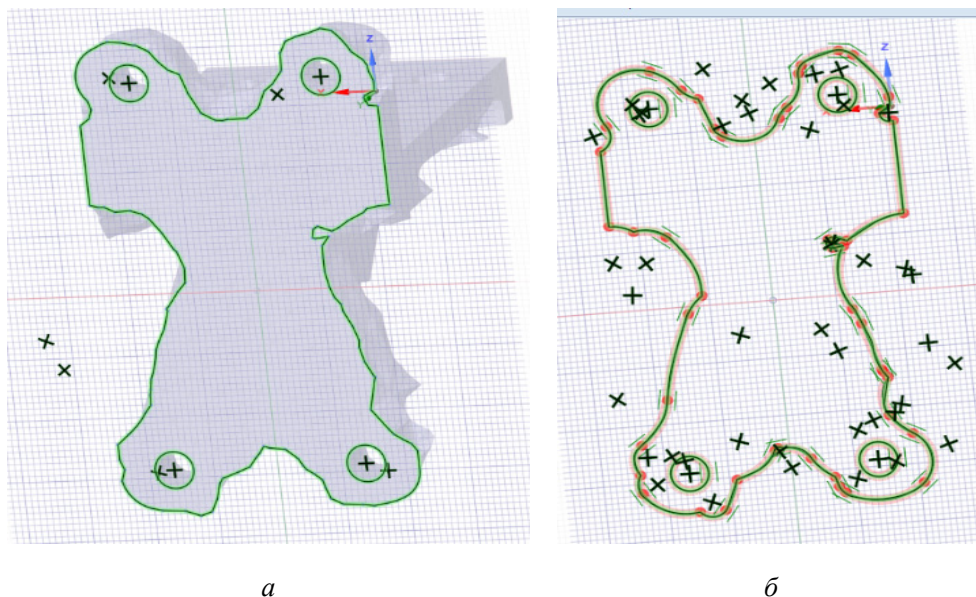


Рис. 3. Доработка геометрии в ANSYS Spaceclaim Direct Modeler, сечения:  
а – исходное; б – сглаженное

2. *Второй способ* – использование специализированного программного обеспечения для сглаживания сетки, например Autodesk MeshMixer.

MeshMixer – это программа от компании AutoDesk, находящаяся в свободном доступе. Это один из самых часто используемых пакетов для подготовки mesh-файлов (построения сетки). MeshMixer предлагает широкий выбор инструментов для подготовки и улучшения 3D-моделей для 3D-печати, в частности сглаживание сетки (доработки конечно-элементной модели) моделей, подвергшихся топологической оптимизации.

Также сглаживание сетки можно провести в ANSYS Spaceclaim Direct Modeler. Чтобы превратить этот объект в максимально гладкий, поочередно используются следующие операции: Shrinkwrap – данная операция покрывает геометрию слоем новой сетки с равномерным размером сетки, которую можно выбрать самостоятельно; Smooth – сгла-



живание и Reduce – уменьшение числа граней. Эти действия повторяются, пока не будет получена поверхность, близкая к желаемой (рис. 4). Однако качество, подобное первому методу, не будет достигнуто и действия выполняются вручную.

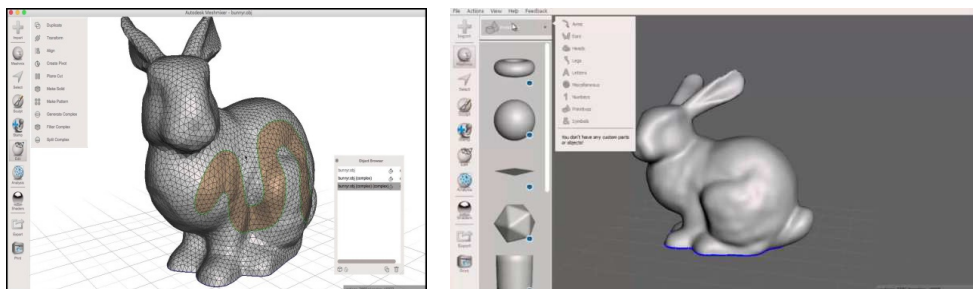


Рис. 4. Пример сглаживания сетки в Autodesk MeshMixer

Несмотря на немалое количество методов доработки геометрии, из-за особенностей изготовления часто используется способ обрисовки сетки примитивами в САПР, например, в рамках данной работы, исходя из прикладного характера работы и особенностей изготовления, использовался способ обрисовки сетки примитивами в САПР NX10 (см. рис. 2).

### Заключение

Модели, полученные в пакетах САПР, более технологичны, имеют минимальное количество концентраторов напряжений по сравнению с моделями, доработанными другими методами. Однако данный метод более трудоемкий, менее автоматизированный и требует четкой и внимательной проработки всей модели. При использовании ANSYS Spaceclaim Direct Modeler проще создавать двумерные эскизы, однако форма может получиться нетехнологичной и иметь концентраторы напряжений и интерфейс для 3D-моделирования более сложный в сравнении с традиционными САПР.

Использование специализированного программного обеспечения для сглаживания сетки очень простой, быстрый и удобный, однако качество, подобное доработанной в пакете САПР модели, не будет достигнуто. Сглаживание в Direct Modeler – более трудоемкий процесс вследствие ручной доводки модели.

Способ доработки геометрии следует выбирать, исходя из назначения модели и геометрии метода изготовления деталей.

## Список литературы

1. Saleem W., Lu H., Yuqing F. Topology Optimization – Problem Formulation and Pragmatic Outcomes by integration of TOSCA and CAE tools // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2008, WCECS 2008. – SanFrancisco, USA. – 6 p.
2. Simulation Driven Product Development / ANSYS. – URL: <http://www.ansys.com> (дата обращения: 08.08.2018).
3. Применение метода топологической оптимизации для уменьшения массы конструктивно подобного кронштейна трубопровода авиационного ГТД / Д.Д. Попова, Н.А. Самойленко, С.В. Семенов, А.А. Балакирев, А.Ю. Головкин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2018. – № 55. – С. 42–53.
4. SolidThinking Inspire / Altair Engineering, Inc. – URL: <https://solidthinking.com/product/inspire> (дата обращения: 10.02.2019).
5. Autodesk MeshMixer / Autodesk. – URL: <http://www.meshmixer.com/> (дата обращения: 10.02.2019).
6. NX CAM – Industri / Simens. – URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx>. (дата обращения: 10.02.2019).
7. Максимов П.В., Фетисов К.В. Анализ методов доработки конечно-элементной модели после топологической оптимизации // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 9 (51), ч. 2. – С. 58–60.

# СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА И ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ»

---

## ПРАКТИКА ИННОВАЦИЙ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

**Александрова Евгения Петровна,  
Кочурова Людмила Владимировна,  
Носов Константин Григорьевич,  
Столбова Ирина Дмитриевна**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь

Рассматриваются технологические инновации в рамках геометро-графической подготовки студентов.

**Ключевые слова:** цифровизация, геометро-графическая подготовка, практико-ориентированное обучение, проектная технология.

## PRACTICE OF INNOVATIONS OF GEOMETRO-GRAPHIC TRAINING

**Aleksandrova Evgeniya Petrovna,  
Kochurova Lyudmila Vladimirovna,  
Nosov Konstantin Grigor'evich,  
Stolbova Irina Dmitrievna**

Perm National Research Polytechnic University

Technological innovations are considered within the framework of students' geometric-graphic training.

**Keywords:** digitalization, geometric-graphic training, practice-oriented training, project technology.

Глобальная цифровизация всех сфер жизни общества кардинально изменяет модель проектно-конструкторской деятельности и, соответственно, ведет к изменению парадигмы инженерной подготовки. Актуализируется задача приобретения обучаемыми информационно-коммуникационных технологических навыков и профессиональных компетенций на основе современных информационных технологий.

Уже сейчас многие университеты активно занимаются «оцифровкой» своих образовательных ресурсов и прогнозируют результат обновленной технологии как повышение качества подготовки [1, 2]. При этом эффективность таких технологий должна определяться не только качественной «оцифровкой» учебных материалов и модернизацией их содержания, но и созданием развитой системы сетевых сервисов, обеспечивающих доступность образовательных ресурсов и позволяющих осуществлять постоянный мониторинг успеваемости обучаемых.

В настоящее время широко обсуждается переход к смешанному обучению, когда в рамках традиционного классического обучения применяются дистанционные образовательные ресурсы, используемые обучаемыми самостоятельно в любом месте и в удобное время. Однако решение вопросов рационального сочетания традиционного образования и коммуникационных образовательных инноваций находится на уровне экспериментов. Прослеживается устойчивая тенденция увеличения часов самостоятельной работы студентов за счет снижения аудиторной нагрузки. В этой связи получение дополнительных практических данных по организации системы инновационного обучения представляет интерес.

В Пермском национальном исследовательском политехническом университете разрабатывается инновационный курс геометро-графической подготовки (ГПП) с наполнением традиционного образования технологическими инновациями.

В качестве новаций рассматриваются электронные образовательные ресурсы, включающие трехмерное моделирование и проектное обучение [3, 4], позволяющие приблизить процесс обучения студентов к будущей профессиональной деятельности. В учебном процессе выделяются основные направления, на которых реализуются унифицированные программы ГПП. Они включают: представление теоретического материала; решение практико-ориентированных задач; индивидуальные проектные задания; разработку проектной конструкторской документации.

Теоретическая база геометрических основ проектирования (начертательная геометрия) обеспечивает приобретение студентами знаний компетенций. Этот этап по содержанию поддерживает традиционное обучение, а современные возможности компьютерных технологий используются при подготовке иллюстративного электронного материала. Заметим, что проекционные построения и знание законов проецирования (технология 2D) сохраняют и в наши дни свою актуальность.

На стадии практической реализации получаемых студентами базовых геометрических знаний и умений при решении практико-ориентированных задач в равной степени используются технологии 2D и 3D. Полезным для студентов на этом этапе может быть практическое сопоставление возможностей обеих технологий, а также сравнительный анализ достоинств и недостатков каждой из них при решении прикладных геометрических задач.

В табл. 1 представлены варианты решения задачи, предлагаемой студентам в рамках самостоятельной исследовательской работы в начале освоения курса, в традиционном выполнении (технология 2D) и с использованием пакета КОМПАС-3D.

Отраженные в табл. 1 результаты совместно с отзывами студентов о проделанной работе позволяют сделать вывод об эффективности в данном примере использования 3D-технологий в сравнении с традиционной (2D) за счет снижения трудоемкости выполнения и упрощения визуального восприятия 3D-модели объекта.

Индивидуальная исследовательская работа студентов над проектными заданиями носит практико-ориентированный характер и учитывает профиль осваиваемой программы обучения [5]. Задания ориентированы на применение технологии 3D и предусматривают разработку алгоритмов геометрического моделирования при создании виртуальных моделей объектов из области будущей профессиональной деятельности.

В табл. 2 приведены примеры заданий, выполняемых студентами при изучении модуля «Поверхности» для направления «Строительство». В качестве прототипов проектирования использованы разнообразные варианты реальных архитектурных конструкций купольной формы.

Как видно из табл. 2, в рамках типового учебного задания индивидуальность проектной работы определяется оригинальностью формы конструкции и рациональностью выбранного алгоритма построения.

Аналогичные задания подготовлены для студентов химико-технологического факультета, где в качестве создаваемых объектов выбрана технологическая оснастка, известная как соединительная арматура. Студенты находят информацию об устройстве обозначенных специализированных объектов и создают свою креативную конструкцию, получая в процессе проектирования навыки создания 3D-модели с использованием геометрических знаний темы пересечения поверхностей. Примеры таких разработок представлены в табл. 3.

Сравнение эффективности технологий 2D и 3D при решении геометрической задачи

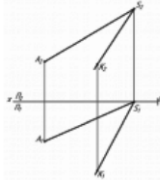
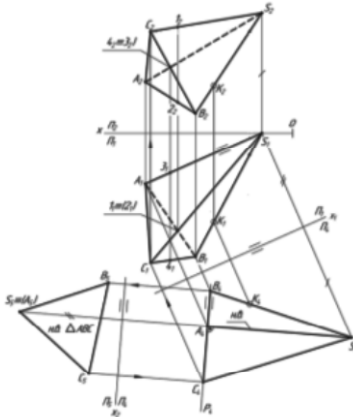
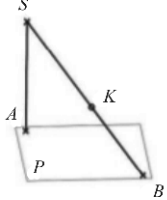
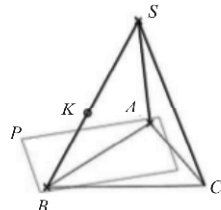
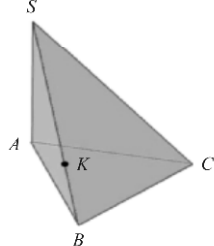
2D-технология	3D-технология
<p>Создать объект (пирамиду) при выполнении определенных условий.                      Заданы координатами точек вершина пирамиды <math>S</math>, ребро <math>SA</math> и отрезок <math>SK</math> как часть недостроенного ребра <math>SB</math>. Известно, что плоскость основания (равносторонний треугольник <math>ABC</math>) перпендикулярна ребру <math>SA</math>.</p> <p>1. Создание системы плоскостей <math>\Pi_2/\Pi_1</math> и построение проекций отрезков <math>SA</math> и <math>SK</math> по заданным координатам точек.</p>  <p>2. Алгоритм решения задачи:</p>  <p>А. Нахождение натуральной величины ребра <math>SA</math>. Проведение плоскости <math>P</math>, перпендикулярной ребру <math>SA</math>, и нахождение точки <math>B</math> как точки пересечения продолжения отрезка <math>SK</math> с плоскостью <math>P</math>. Создание ребра <math>SB</math> (в дополнительной системе <math>\Pi_1/\Pi_4</math>).</p> <p>Б. Построение равностороннего треугольника <math>ABC</math> в плоскости <math>P</math> и создание ребра <math>SC</math> (в системе <math>\Pi_4/\Pi_5</math>). Построение каркаса пирамиды в системе <math>\Pi_2/\Pi_1</math>.</p> <p>В. Представление на исходных плоскостях объекта с учетом видимости ребер</p>	<p>1. Создание в пространстве точек <math>S, A, K</math> и отрезков <math>SA</math> и <math>SK</math> по заданным координатам точек.</p> <p>2. Алгоритм решения задачи:</p> <p>А. Создание вспомогательной плоскости <math>P</math>, перпендикулярной <math>SA</math>, и нахождение точки пересечения отрезка <math>SK</math> с плоскостью <math>P</math> – точки <math>B</math>. Создание ребра <math>SB</math>.</p>  <p>Б. Построение эскиза равностороннего треугольника в плоскости <math>P</math> со стороной <math>AB - ABC</math>. Построение отрезка <math>SC</math>, получение каркаса и поверхностной модели пирамиды.</p>  <p>В. Представление твердотельной модели объект</p> 

Таблица 2

## Варианты заданий проектирования объектов купольной формы


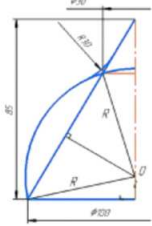


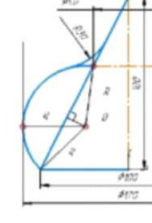

№ п/п	Прототип купола	Описание геометрии	Эскиз	Модель объекта
1		Конус и неопределенная сфера пересекаются по двум заданным окружностям		
2		Конус и неопределенная торовая поверхность пересекаются по двум заданным окружностям		

Таблица 3

## Варианты заданий проектирования технологической оснастки

№ п/п	Содержание задания	Алгоритм построения	Модель объекта
1	Создать модель переходника, состоящего из заданных прямого кругового конуса и эллиптического цилиндра	 <p>а) определение зоны малой оси эллипса (основания цилиндра); б) определение места большой оси; в) подготовленный для стыковки с цилиндром конус</p>	
2	Создать модель переходника, состоящего из заданных прямого эллиптического цилиндра и полусферы, пересекающихся в определенном месте сферы	 <p>а) определение плоскости кругового сечения эллиптического цилиндра; б) подготовка модели цилиндра для стыковки с полусферой</p>	

На завершающем этапе освоения дисциплины в модуле «Разработка и оформление проектной документации на специализированное изделие» студенты работают над техническими заданиями, направленными на формирование профессиональных компетенций проектно-конструкторской деятельности. Такие задания в большей мере касаются студентов машиностроительного направления обучения.


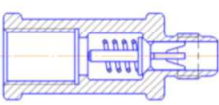
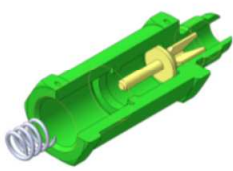

Приведем пример одного из комплексных учебных заданий в рамках базовой графической подготовки студентов аэрокосмического факультета. Данное задание предусматривает разработку конструкторской документации на основе технологии создания 3D-модели сборочной единицы, представляющей аналог конструкции реального изделия. В качестве вариантов аналогов выбрана группа типовых изделий, относящихся к пневмогидроарматуре (в частности, обратных клапанов), конструкция которых соответствует профилю будущей специальности студентов [6].

Практическая часть работы над техническим заданием складывается из ряда последовательных действий, требующих от студентов согласования своих решений с полученными ранее базовыми геометро-графическими знаниями, умелого владения выбранным инструментарием, умения получать и использовать требуемую справочную информацию.


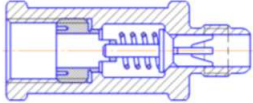
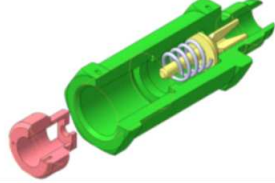

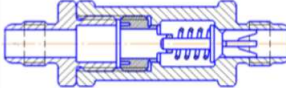
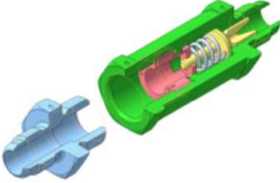

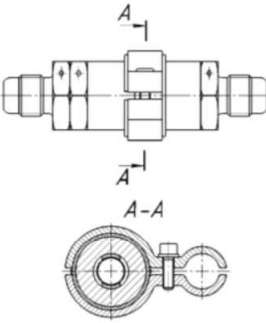
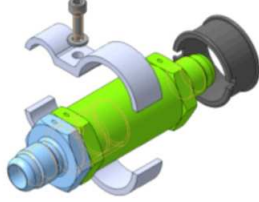


Инновационная часть проектного задания, включающая работу по созданию оригинальных составных частей конструкции и изделия в целом, приведена в табл. 4, которая представляет собой своеобразную технологическую карту сборки конструкции.

Таблица 4

Технологическая карта сборки узлов изделия

Основные операции сборки	Составные части изделия	Эскиз	Модель
1. Установка золотника и пружины в корпусе	Золотник 		
	Корпус 		
	Стандартные детали: 1. Пружина		



Основные операции сборки	Составные части изделия	Эскиз	Модель
2. Установка и крепление втулки направляющей	Втулка направляющая 		
3. Установка и крепление ниппеля в корпусе	Ниппель 		
4. Установка зажимного узла на корпусе	Колодка нижняя 		
	Колодка верхняя 		
	Втулка резиновая 		
	Стандартные изделия: 1. Винт... 2. Шайба ...		

Общий вид разработанной модели изделия изображен на рисунке.

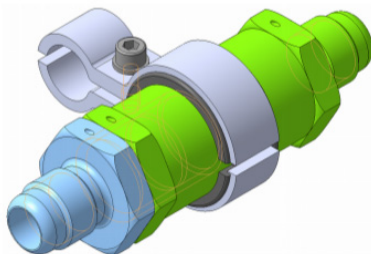


Рис. Общий вид разработанной модели изделия

## Заключение

Как показывает практика исследовательской работы студентов, использование цифровых образовательных технологий совместно с методом проектов, отражающих происходящие изменения в социокультурной и экономической жизни, актуализирует качество геометро-графической подготовки студентов, создает условия преемственности образовательной и производственной сред, а также способствует формированию принципиально новой модели подготовки специалиста.

## Список литературы

1. Юшко С.В., Галиханов М.Ф., Кондратьев В.В. Интегративная подготовка будущих инженеров к инновационной деятельности для постиндустриальной экономики // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28, № 1. – С. 65–75.
2. Чучалин А.В. Инженерное образование в эпоху индустриальной революции и цифровой экономики // Высшее образование в России. – 2018. – № 10. – С. 47–62.
3. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Метод проектов в организации графической подготовки // Высшее образование в России. – 2015. – № 8–9. – С. 22–31.
4. Захарова А.А., Минин М.Г. Проектно-организованное обучение студентов с использованием 3D-моделирования // Высшее образование в России. – 2011. – № 1. – С. 96–101.
5. Профильные аспекты графического образования в политехническом вузе / И.Д. Столбова, Е.П. Александрова, Л.В. Кочурова, К.Г. Носов // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28, № 3. – С. 155–166.
6. Абросимов С.Н., Рыбин Б.И. К вопросу о применении конструирования по принципиальной схеме в цикле геометро-графической подготовки [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/94>.

# ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПРИ СКВОЗНОЙ СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

**Асекритова Светлана Вениаминовна,  
Шевелев Юрий Петрович**

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

Рассматривается система многоуровневой непрерывной образовательной графической подготовки молодежи, которая реализуется на кафедре графики в Рыбинском государственном авиационном техническом университете имени П.А. Соловьева.

**Ключевые слова:** сквозная графическая и инженерная подготовка, школьные и студенческие олимпиады по инженерной и компьютерной графике.

## FORMATION OF AN EDUCATIONAL TRAJECTORY AT THE END-TO-END SYSTEM OF TRAINING ENGINEERING PERSONNEL

**Asekritova Svetlana Veniaminovna,  
Shevelev Yuriy Petrovich**

Rybinsk State Aviation Technical University  
named after P.A. Solov'yeva

The article discusses the system of multi-level continuous educational graphic training of young people, which is implemented at the Department of Graphics at the P.A. Rybinsk State Aviation Technical University. Solovyov.

**Keywords:** through graphics and engineering training, school and student competitions in engineering and computer graphics.

Процесс развития системы отечественного образования ориентирован на ее вхождение в мировое образовательное пространство, что особенно явно начинает проявляться в практической реализации новой образовательной парадигмы, связанной с усилением значения исследовательской деятельности обучающихся в системе опережающего образования. На решение проблемы опережающей подготовки высококвалифицированных кадров для цифровой экономики России направлена, в частности, стратегия создания системы многоуровневого непрерывного образования (начального, среднего, высшего и дополнительного профессионального образования), включая меры по созданию и развитию

инфраструктуры для поддержки инновационной деятельности одаренной молодежи [1].

В городе Рыбинске много высокотехнологичных современных предприятий, заинтересованных использовать в своих производствах новые высококвалифицированные кадры. В то же время одним из ресурсов для возрождения престижа инженерных и научных профессий является совершенствование образовательного пространства.

Удручает крайне низкий уровень знаний студентов, отбираемых для обучения в технические вузы, который значительно уступает соответствующему уровню подготовки абитуриента советского периода. Менее 20 % молодых людей оставляют для себя открытым путь в современное инженерное будущее, так как выпускники средней школы не мотивированы на сдачу ЕГЭ по математике, физике и химии [2].

Решение учеником выпускного класса о выборе направления подготовки, как правило, было принято им и его родителями значительно раньше (5–6 лет назад). Поэтому эти цифры могут не отражать объективно сегодняшнее отношение школьника к техническому образованию. На наш взгляд, важно формировать сквозную систему подготовки инженерных кадров от начальной школы до послевузовского образования, а затем заниматься мониторингом и отбором лучших специалистов.

Особое место в обогащении интеллектуального потенциала страны принадлежит учреждениям образования высшей школы. Информационная революция побуждает к непрерывному пополнению знаний, которые не имеют однородной структуры. Всегда есть ядро – те знания, что ложатся в основу наук, и периферия, где идет процесс накопления и обновления, который не обесценивает основной капитал. Одна из функций подготовки специалистов высшего образования – стимулирование самообразования и самоподготовки студентов. Самообразование, самостоятельное приобретение знаний и навыков отнюдь не исчерпывается системой обучения в учреждениях общего среднего образования [3].

Для высшего профессионального образования развитие научно-технической и естественно-научной направленности дополнительного образования будущих абитуриентов и подготовка инженерных кадров нового поколения – важнейшие направления работы. Поэтому перед коллективами вузов стоит задача не только выявить одаренных молодых людей, но и создать для них социальный лифт, обеспечить сопровождение в развитии их талантов.

Кафедра графики РГАТУ имени П.А. Соловьёва участвует в реализации разного рода образовательных проектах, которые призваны способствовать развитию промышленного потенциала и всей страны, и Ярославского региона в частности.

Вместе с промышленными гигантами г. Рыбинска ПАО «ОДК-Сатурн», «ОДК – Газовые турбины», судостроительный завод «Вымпел» и другими вуз активно поддерживает деятельность детского технопарка «Кванториум» [4].

Чтобы не пропустить момент перехода от дополнительного образования к профильно-вузовскому, в Рыбинском государственном авиационном техническом университете имени П.А. Соловьёва с 2010 года реализуется образовательный проект для учащихся учреждений среднего образования «Малая школьная академия». Это, говоря современными словами, предвуниверсарий, созданный для того, чтобы учащиеся школ могли заранее определиться в выборе своей будущей профессии и осознанно совершить переход из школы в вуз [5]. Эта структура стала базой для создания в университете Регионального ПРОФполигона «Умная среда саморазвития», основой деятельности которого является подготовка технологического лидера для перспективных областей промышленности и науки.

Для развития инженерного мышления у юных жителей города в рамках Малой школьной академии открыты специализированные инженерные классы для учащихся 8–10 классов. На кафедре графики они проходят подготовку по черчению и трехмерному компьютерному моделированию. На рис. 1 представлены варианты занимательных заданий для занятий по инженерной графике в 8 классе [6, 7]. Даны два вида модели: вид спереди и вид слева. Оба изображения – квадраты. Построить максимальное количество вариантов решений задачи – третий вид (вид сверху). Выполнение таких заданий позволяет оценить степень развития пространственного воображения у школьников, побудить их к творческому поиску различных решений и дальнейшему совершенствованию графических знаний.

Основная задача высших учебных заведений состоит в освоении студентами знаний и приобретении умений и навыков по соответствующим направлениям и специальностям подготовки специалистов.

Первые два компонента, а именно – приобретение знаний и умений по использованию современных методов и средств геометрического моделирования и компьютерной графики для разработки конструкторских документов в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, студенты

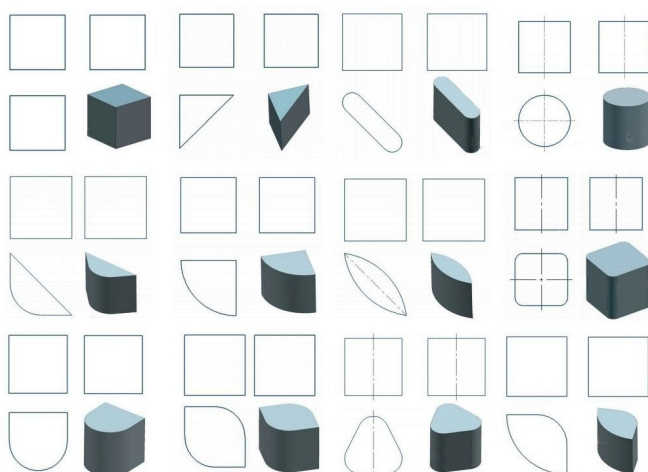


Рис. 1. Вариант занимательной задачи для урока черчения для 8 класса

в достаточной мере получают при изучении инженерно-графических дисциплин. Третья, наиболее важная компетенция, а именно – получение устойчивых навыков, как правило, требует дополнительного профессионального образования, например участие студентов и учащейся молодежи в конкурсах и олимпиадах различного уровня.

Что касается города Рыбинска, то наиболее одаренные школьники участвуют в муниципальном фестивале технического творчества «Кулибины XXI века». В рамках этого мероприятия проводится муниципальный конкурс по черчению, в оргкомитет которого входят преподаватели кафедры графики, которые разрабатывают конкурсные задания и проверяют выполненные работы. Школьникам предлагается по двум видам детали (рис. 2) построить треть ее изображение, а также изометрию. К сожалению, в конкурсе участвуют школьники далеко не всех средних общеобразовательных учреждений, а именно тех, где есть предмет «черчение», или учителя – энтузиасты инженерно-графического образования.

Для повышения роли инженерно-графических дисциплин в трудовом воспитании и профессиональной ориентации разновозрастной молодежи учащиеся школ и колледжей привлекаются к участию в Открытой студенческой олимпиаде «Инженерная компьютерная графика». Это способствует реализации преемственности подготовки в области информационных технологий в системе «школа – колледж – вуз». Естественно, на этом мероприятии участникам олимпиады предлагаются более сложные

и современные задания. Например, по заданному чертежу (рис. 3) построить электронную геометрическую модель детали.

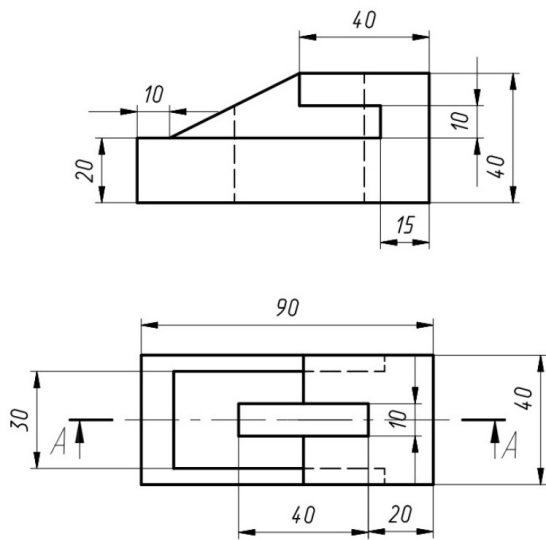


Рис. 2. Пример задания Рыбинского муниципального конкурса по черчению. Фестиваль технического творчества «Кулибины XXI века»

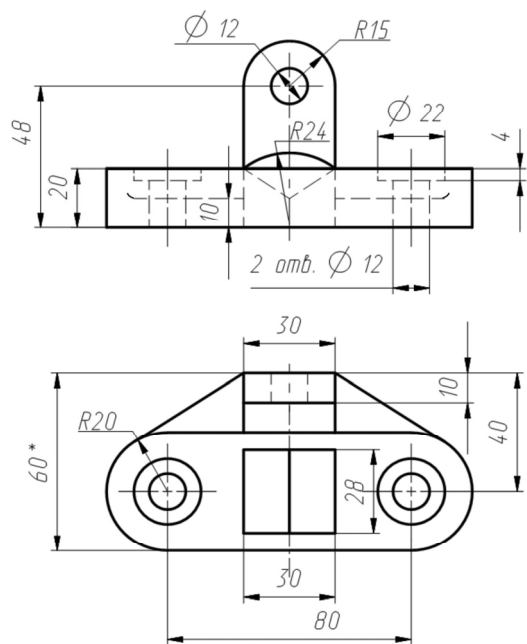


Рис. 3. Пример задания Открытой олимпиады РГАТУ имени П.А. Соловьёва «Инженерная компьютерная графика»

Подобная селекция открывает новые возможности для привлечения молодежи к участию в изобретательской деятельности и студенческих олимпиадах, выставках, конференциях. По результатам регионального конкурса формируется команда для участия во Всероссийском дистанционном конкурсе студенческой и учащейся молодежи по использованию современных информационных технологий в компьютерном геометрическом моделировании. Коллектив кафедры графики РГАТУ имени П.А. Соловьёва ежегодно проводит подобные конкурсы.

В силу труднодоступности отдельных территорий РФ для конкурсантов из вузов дальних регионов, дистанционные конкурсы и олимпиады – это единственная возможность принять участие в соревнованиях всероссийского и международного уровня. Показательно, что свои команды традиционно выставляют учебные заведения субъектов Российской Федерации Дальнего Востока, Сибири и Урала [8]. В 2018 году к ним присоединились команды из Москвы, Ульяновска и Саратова.

Очевидным результатом всей предшествующей работы является подбор конкурентоспособного разновозрастного состава участников команды, так как в основе всероссийского конкурса заложен кластерный подход, предполагающий командное участие: студенты вуза, учащиеся общих, а также профессиональных средних учебных заведений.

Задания, которые предлагаются конкурсантам на дистанционных олимпиадах, отличаются от заданий очных олимпиад, как и условия, в которых они выполняются. В распоряжении участников находятся все возможные источники информации и программные средства, поэтому задания шире и глубже. В частности, в 2018 году команде из трех конкурсантов (два студента вуза и один учащийся среднего учебного заведения) было предложено за два рабочих дня разработать кронштейн для установки на стене телевизионного приемника с размером экрана до 40 дюймов (рис. 4). В качестве исходных данных была представлена кинематическая схема устройства и его описание.

Представленные работы в целом отличались оригинальностью конструктивных решений, разработчики показали неплохое владение графическими редакторами, но имелись и ошибки при выполнении чертежных конструкторских документов, в частности чертежа общего вида.

Подводя итоги вышесказанному, можно сказать, что образовательная деятельность кафедры графики РГАТУ имени П.А. Соловьёва в области инженерно-графической подготовки специалистов начинается со школьной скамьи, где рассматриваются занимательные задания по



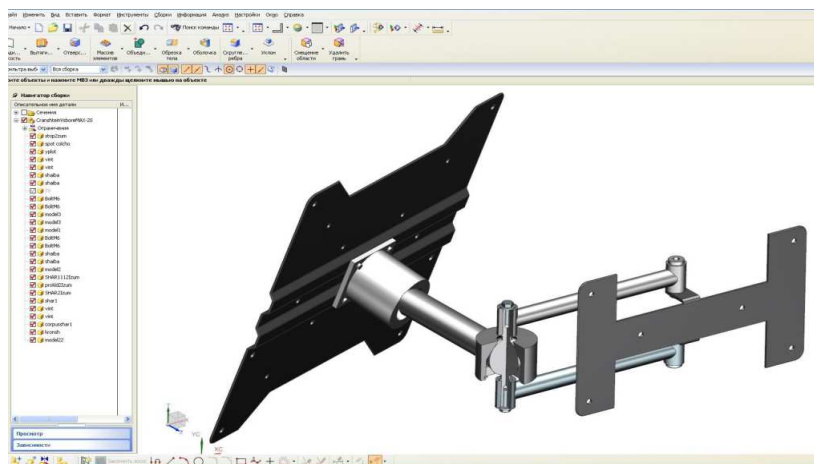


Рис. 4. Электронная геометрическая модель сборочной единицы «Кронштейн с экраном»

черчению (см. рис. 1), и заканчиваются в вузе, где команды из студентов и учащихся средних учебных заведений на всероссийских конкурсах решают довольно сложные инженерные задачи (см. рис. 4) с применением современных информационных технологий. В 2019 году подобный всероссийский конкурс по двум конкурсным номинациям – «Современные информационные технологии в машиностроении» и «Современные информационные технологии проектирования экстерьера в архитектуре» – запланирован в мае.

### Список литературы

1. Подготовка инженерных кадров для цифровой экономики России / В.Н. Зимин [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 176 с.
2. Системный проект «Региональный стандарт кадрового обеспечения промышленного роста» [Электронный ресурс] / Агентство стратегических инициатив, 2017. – URL: [https://invest.nso.ru/sites/invest-test.nso.ru/wodby\\_files/files/wiki/2017/04/regionalnyy\\_standart\\_kadrovogo\\_obespecheniya\\_promyshlennogo\\_rosta.pdf](https://invest.nso.ru/sites/invest-test.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2017/04/regionalnyy_standart_kadrovogo_obespecheniya_promyshlennogo_rosta.pdf).
3. Акатьев В.А., Акатьев В.А., Волкова Л.В. Инженерное образование в постиндустриальной России [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14671>.
4. Новости информационного агентства «Черёмуха» [Электронный ресурс]. – Рыбинск, 2017. – URL: <https://cheremuha.com/2017/10/18/posvyashhenie-v-kvantoriancy-v-rybinske-otkrylsya-detskij-texnopark.html>.

5. Новости молодежного информационного портала Ярославской области [Электронный ресурс]. – Ярославль, 2018. – URL: <https://molportal.ru/node/19802>.

6. Воротников И.А. Занимательное черчение: Книга для учащихся средней школы. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1990. – 223 с.

7. Пугачев А.С. Задачи-головоломки по черчению. – Л.: Судостроение, 1965. – 199 с.

8. Асекритова С.В., Шевелев Ю.П. Проведение конкурсов, как средство популяризации среди студенческой и учащейся молодежи, современных цифровых технологий [Электронный ресурс] // Проблемы координации работы технических вузов в области повышения качества инженерно-графической подготовки студентов: материалы науч.-метод. конф. Министерства образования и науки Российской Федерации / Дон. гос. техн. ун-т. – 2018. – С. 157–163. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36274798>.

## ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ МЛАДШИХ КУРСОВ В ВУЗЕ

**Афонина Елена Владимировна,  
Басс Наталья Владимировна,  
Левая Марина Николаевна**

Брянский государственный технический университет, Брянск

Рассматриваются вопросы вовлечения студентов младших курсов в факультативную научно-исследовательскую работу на основе опыта проведения студенческих олимпиад, научно-технических конференций, конкурсов на кафедре «Начертательная геометрия и графика» Брянского государственного технического университета. Отдельное внимание уделено возрастным психофизиологическим особенностям студентов.

**Ключевые слова:** научно-исследовательская работа, студенческие олимпиады, конференции, начертательная геометрия, инженерная графика.

## ORGANIZATION OF RESEARCH WORK UNDERGRADUATE STUDENTS IN A TECHNICAL UNIVERSITY

**Afonina Elena Vladimirovna,  
Bass Natalia Vladimirovna,  
Levaya Marina Nikolaevna**

Bryansk State Technical University

The issues of involvement of Junior students in optional research work on the basis of the experience of student competitions, scientific and technical conferences, competitions at the Department of “Descriptive geometry and graphics” of the Bryansk state technical University are considered. Special attention is paid to the age psychophysiological features of students.

**Keywords:** research work, student Olympiads, conferences, descriptive geometry, engineering graphics.

Качество подготовки бакалавров и специалистов зависит от многих составляющих, в том числе от организации кружковой и факультативной работы в вузах инженерно-технического профиля. Особенностью организации учебно-исследовательской работы первокурсников на общеобразовательной кафедре является быстрая сменяемость возрастных психофизиологических характеристик молодых людей. Взаимодействие наставника с обучающимися, направленное на реализацию профессионального развития, формирование основ научного мировоззрения, нравственных установок и ценностных ориентаций, должно строиться на основе взаимопонимания и поддержки молодых людей. Эффективность этой работы зависит от учета свойственных возрасту

и быстро сменяющих друг друга в период от 16 до 20 лет акцентов развития – от периода самоопределения до перехода к самореализации.

В государственных образовательных стандартах по техническим направлениям подготовки содержатся указания на формирование таких компетенций, обеспечение которых зависит от уровня освоения студентами, в ряде других, инженерно-графических дисциплин. Причем уровень формирования разнится от «способности разрабатывать и использовать графическую техническую документацию» до «способности разрабатывать технические условия, стандарты и описания средств механизации и автоматизации..., стандарты технологического оборудования», «способности подготавливать технические задания на разработку проектных решений, ...оборудования и производственных объектов с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам». Начинать формирование данных компетенций требуется в течение первых двух семестров обучения, так как дисциплина «Инженерная графика», как правило, изучается первокурсниками. Формирование общепрофессиональных компетенций у вчерашних школьников требует от преподавателя особого педагогического мастерства, а от студента – напряжения всех интеллектуальных сил и искренней заинтересованности в становлении себя как будущего профессионала.

Одним из средств освоения новых для первокурсников дисциплин может стать факультативная работа, содержанием которой является углубление знаний по отдельным разделам изучаемых дисциплин, расширение кругозора, развитие навыков самостоятельной работы и активной мыслительной деятельности. Преподаватель при этом на всех этапах работы, выходящей за рамки учебного процесса, должен учитывать мотивацию обучающегося, психофизиологические особенности его возраста, а также связь с последующими дисциплинами соответствующего направления подготовки.

На общетехнических и общеобразовательных кафедрах, где индивидуальная работа со студентами ограничена временем проведения практических занятий, отсутствует такой вид работ, как курсовые проекты и курсовые работы, в ходе выполнения которых преподаватель может лучше узнать индивидуальные наклонности и способности сту-

дента к исследовательской работе. Целью функционирования кружков и факультативов в этом случае может быть участие в студенческих олимпиадах и конференциях, что будет являться началом учебно-исследовательской и научной деятельности обучающегося. Такой подход реализован на кафедре «Начертательная геометрия и графика» Брянского государственного технического университета.

Отношения у преподавателей кафедры с будущими абитуриентами складываются с того момента, когда они приходят с родителями и учителями черчения в технический университет для участия в областной олимпиаде школьников девятого класса по черчению. Ведущей деятельностью подростка является общение со сверстниками, учеба при этом отступает на второй план. Но желание выделиться, заявить о себе, потребность в самоутверждении и самосовершенствовании настолько сильны, что подсказанное педагогами направление развития волевых качеств может дать сильнейший импульс к интеллектуальному развитию подростка. Как правило, преподаватели кафедры стараются стимулировать участие школьников в олимпиаде по черчению, отмечая наградами и призами не только победителя, но и нескольких призеров, участников, а также их наставников – учителей черчения и руководителей методических объединений.

На следующем этапе олимпиадной работы преподаватели имеют дело уже с первокурсниками – это юноши и девушки, осознанно сделавшие выбор при поступлении в технический вуз, но пока еще с несформированными навыками систематической научной или исследовательской работы. Ведущей деятельностью в юности признается учебно-профессиональная, имеющая свои особенности – ярко выраженную направленность на практическую значимость изучаемых наук, понимание прикладного значения фундаментальных знаний. На этом этапе может происходить твердая установка на выбор будущей профессии, усиление мотивации при изучении тех или иных дисциплин, или наоборот – корректировка профессионального самоопределения.

Первый конкурс, в котором участвуют студенты-первокурсники – это олимпиада по начертательной геометрии, которая проводится в середине декабря. В качестве олимпиадных предлагаются задачи, решение которых возможно при свободном владении навыками решения метрических и позиционных задач общего и частного характера. Этот этап олимпиадной работы является самым сложным как для студентов, так и для преподавателей. Поэтому для подготовки к участию в олимпиаде

организуются специальные занятия, на которых рассматривается решение задач повышенной сложности. Всего за два-три месяца обучения преподаватели ставят цель подготовить участников к внутривузовской олимпиаде по начертательной геометрии хотя бы по одному-два человека из группы. Задача преподавателя – выделить профессионально ориентированных студентов с потенциально высоким интеллектом. Как правило, речь идет о единицах, в некоторых группах удается заинтересовать двух-трех человек. Систематически развивая общие и специальные, связанные с определенным видом деятельности способности, преподаватель на основе взаимного доверия и помощи способствует развитию интереса к общетехническим предметам, в первую очередь к предметам, связанным с графическим представлением технических объектов. Победитель и призеры внутривузовской олимпиады выдвигаются для участия в выездной международной олимпиаде по начертательной геометрии в Республике Беларусь, в Белорусско-Российском университете, г. Могилев.

Следующим этапом вузовских олимпиад являются конкурсы по инженерной графике и геометрическому моделированию, в которых также участвуют первокурсники. Но уровень самосознания, развитости теоретического мышления, объема памяти, владения сложными интеллектуальными операциями уже значительно выше. Существенное влияние на качественный скачок в обучении оказывает первая сессия. Для многих молодых людей экзамены первой сессии оказываются экзаменами на личностную зрелость, сформированность морального, гражданского сознания и самосознания. В первую очередь это касается юношей и девушек, покинувших родительский дом и вынужденных преодолевать трудности как на межличностном, так и на внутрииндивидуальном уровне.

Этот период юности характеризуется развитием специальных способностей, связанных с профессиональной областью, развиваются математические и технические способности, студенты осваивают рациональные приемы произвольного запоминания материала, совершенствуются навыки аргументирования и доказательства, развивается критичность мышления. В связи с этими особенностями во втором семестре планируется наибольшее количество внутривузовских и региональных мероприятий для студентов. Например, участием в олимпиаде предшествует студенческая конференция, на которой рассматриваются вопросы, имеющие прикладное значение. Студенты готовят доклады на темы, связанные с технологией изготовления деталей, конструкцией и графическим представлением изделий промышленности, отрасль ко-

торой связана с будущей профессией. На конференции рассматриваются также задачи повышенной сложности из раздела начертательной геометрии и различные пути их решения.

Задания внутривузовской олимпиады по инженерной графике выявляют навыки чтения чертежей сборочных и общих видов, понимание геометрии деталей, умение правильно выполнить те или иные конструктивные элементы деталей. В конкурсе по геометрическому моделированию по текстовому описанию отдельных деталей и схеме сборочной единицы необходимо сконструировать сборку в программе «КОМПАС-3D», выполнить 3D-модели деталей, собрать их в сборку, правильно выполнить сопряжение элементов и т.д. Для успешного выполнения этой работы требуется не просто владение операциями создания трехмерных деталей, но и понимание функциональных особенностей той или иной детали, конструкции и технологии изготовления. Такие знания приобретаются систематическим трудом не только при выполнении графических заданий, предусмотренных рабочей программой дисциплины, но и участия в факультативной работе. Очень часто на этом этапе работы студенты активно интересуются вопросами, связанными с профилем будущей специальности – конструкцией, технологией изготовления и т.п.

Очень часто растущая независимость взглядов и принимаемых решений может вызвать у молодого человека как самостоятельную постановку задач на будущее, так и спутанность системы ценностей. Во взаимодействии с успешно обучающимися студентами часто возникают сложности в мотивации углубленного изучения тех или иных предметов. Уверенные в себе и интеллектуально развитые молодые люди начинают ставить под сомнение предлагаемые виды работ, участие в тех или иных семинарах и конференциях. Одаренные (с точки зрения преподавателя) специальными способностями и высоким интеллектом студенты могут отказываться от участия в конкурсных мероприятиях. Целью жизни на данном этапе является социальная активность, общение в коллективе или с новыми друзьями, происходит переориентация с приобретения теоретических знаний на стремление практической реализации себя в новой, «взрослой» жизни. Поэтому очень частой оказывается ситуация, когда в декабре участвуют в олимпиаде одни студенты, а через два-три месяца для участия в следующем этапе вузовских конференций и олимпиад активность проявляют уже другие, не показывающие на первом этапе высоких результатов, но занятые систематиче-

ской учебной работой, итогом которой становится стабильный рост профессионального мастерства. Именно такие студенты, ориентированные на реализацию жизненных планов и профессиональную самореализацию, становятся впоследствии наиболее активными участниками научно-исследовательских мероприятий, проходящих как на общеобразовательных, так и на специальных кафедрах.

Совершенствование технологий преподавания представляет собой непрерывный процесс, успех которого зависит от двух сторон – руководителя и учеников. Именно на первом курсе закладывается фундаментальная подготовка будущего специалиста технического профиля, которая после окончания вуза позволит выпускнику рационально сориентироваться в условиях все возрастающих требований работодателей к подготовке инженера.

### Список литературы

1. Инженерная и компьютерная графика: материалы рег. студ. науч.-техн. конф. с междунар. участием (Брянск, апрель 2016 г.) / под ред. Н.В. Басс. – Брянск: БГТУ. – 99 с.

2. Афолина Е.В. Методика алгоритмического подхода при обучении графическим дисциплинам // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 2 (42). – С. 52–59.

3. Афолина Е.В., Басс Н.В. Основы графической подготовки в проектной деятельности бакалавра по направлению «Профессиональное обучение (графический дизайн)»: учеб.-метод. пособие. – Брянск: БГТУ, 2014. – 150 с.

4. Афолина Е.В., Басс Н.В. Общие подходы к проектированию объекта графического дизайна // Молодой ученый. – 2015. – № 23 (103). – С. 1121– 1126.



## КОММУНИКАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

**Варушкин Владимир Петрович,  
Крайнова Марина Николаевна**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь

Статья затрагивает вопросы актуальности грамотной организации самостоятельной работы, рассматривается потенциал ряда информационно-коммуникационных технологий для управления самостоятельной работой студентов.

**Ключевые слова:** самостоятельная работа студентов, цифровые коммуникации, инновационность, информационные технологии.

## COMMUNICATION IN ORGANIZATIONS CONTROLLED INDEPENDENT WORK OF STUDENTS

**Varushkin Vladimir Petrovich,  
Krainova Marina Nikolaevna**

Perm National Research Polytechnic University

The article touches upon the issues of relevance of the competent organization of independent work, the potential of a number of information and communication technologies for the management of independent work of students.

**Keywords:** independent work of students, digital communications, innovation, information technology.

Сегодня привычный многоплановый процесс коммуникации студентов связан с восприятием и передачей информации. Деловой источник информации будет коммуникабелен и эффективен, если снабжен обратной связью на передаваемую информацию для получения положительной или отрицательной коррекции дальнейших действий по достижению цели или для сообщения источнику информации о достижении результативности или ее отсутствии [1, 2].

Внедрение цифровых технологий в процесс обучения вносит новизну в педагогическую деятельность преподавателя и стимулирует творческий индивидуальный подход к каждому студенту при освоении предметной области. В связи с повышением роли самостоятельной работы обучаемых возникает интерес развития коммуникаций при контроле этой деятельности.

*Средства организации цифровой коммуникативной самостоятельной работы:*

1. Дидактический уровень – представление в электронном формате и организация доступа к первоисточникам, упражнениям, разборам типовых задач, учебным видео, документам, стандартам и т.п.

2. Технические средства – наличие аудио-, видеотехники с компьютерным обеспечением и доступом в Интернет, подготовка сервера предметного обучения с электронными ресурсами, организация электронной почты, разработка тестовых тренажеров.

3. Индивидуальные средства контроля – разработанные процедуры дистанционного контроля с обратной связью о результатах прохождения и занесении индивидуализированной информации в пополняемую базу данных на цифровом носителе.

4. Презентация (предварительный отчет) о выполнении планового задания за отчетный период для промежуточного контроля преподавателем.

Современные цифровые информационные технологии позволяют планировать сочетание аудиторной работы с обязательной самостоятельной деятельностью студентов через организацию контролируемого взаимодействия на сайте кафедры и интернет-коммуникации по электронной почте. На кафедре ДГНГ ПНИПУ в рамках базовой графической подготовки студентов разрабатывается методика по организации контролируемой самостоятельной работы студентов. На сайте кафедры для дистанционного пользования размещены все имеющиеся электронные обучающие ресурсы (ЭОР): лекции-презентации с теоретическим материалом; различные тематические учебно-методические указания; практикум с разбором решений типовых задач; лабораторный практикум по освоению графических редакторов; данные с вариантами индивидуальных графических работ, руководства по их выполнению с примерами оформления; доступные для открытого пользования разделы системы автоматизированного контроля качества графической подготовки (САК КГП).

Сегодня, как правило, для организации общения внутри студенческой группы с 1-й недели обучения каждая группа создает электронный адрес группы, который используется, исходя из опыта, до окончания обучения в вузе. Таким образом, открывается коммуникативный канал, с помощью которого организуется двухсторонняя связь между студентами и преподавателями в различных диалоговых режимах. Электрон-

ная почта позволяет получать информационные ресурсы учебных материалов по любой дисциплине для каждого учебного модуля через ссылки на сайте кафедры и через приложения к электронному письму.

Большинство преподавателей, владеющих своим электронным почтовым ящиком, активно используют электронную почту в качестве инструмента общения со студентами. Личная электронная почта преподавателя предоставляет возможность общаться со студентами независимо от аудиторных занятий, дистанционно консультируя заинтересованных студентов по возникающим проблемам. Для нынешних студентов-первокурсников, имеющих невысокий уровень школьной подготовки, необходимы систематизация дополнительного учебного материала, закрепление полученных на аудиторных занятиях теоретических знаний и развитие практических умений. Поэтому «наставнические» электронные послания преподавателя имеют блочный характер (текущая тематическая теория, практика, задания для самостоятельная работа, примеры, плановые тестовые тематические контроли) и регулярную рассылку в соответствии с графиком освоения дисциплины. Это стимулирует систематическую учебную деятельность студентов и помогает в успешном освоении дисциплины.

Для успешного выполнения каждым студентом индивидуального графического задания разработаны ЭОР, содержащие алгоритмы выполнения типового задания по теме. В отдельных случаях возникновения затруднений у студентов очной формы обучения преподавателем могут быть проверены присланные в качестве файлов-приложений графические работы, что упрощает и ускоряет их выполнение. Для студентов заочной формы обучения такая форма коммуникации используется системно (рис. 1) – красным цветом приведены замечания, сделанные преподавателем в ходе проверки.

В рамках электронной обучающей системы (ЭОС) кафедры для закрепления и проверки освоения теоретических и практических материалов студенты используют тематические тесты-тренажеры САК КГП. С другой стороны, эти тесты являются необходимым условием для получения допуска к контрольному тесту по учебному модулю, который выполняется во время аудиторных контрольных мероприятий в компьютерном классе кафедры. Результатом прохождения данного вида самостоятельной работы является формируемая автоматически электронная ведомость, из которой преподаватель получает сведения об уровне подготовки студентов по учебному модулю (рис. 2).



Рис. 1. Пример формы коммуникации

### Самоподготовка. Модуль 3.

Группа: МТН-18-16

Фамилия	Имя	Отчество	Тема 3.1: "Изображения - термины, определения" (5,0)	Тема 3.2: "Обозначение изображений" (3,0)	Тема 3.3: "Правила выполнения" (3,0)	Тема 3.4: "Проекционная связь" (3,0)	Тема 3.5: "Ис компоновка г (3,0)
	Максим	Вячеславович	2,00	1,79	1,00	1,26	
	Дмитрий	Егеньевич	1,00	1,58	1,00	1,75	1,33
	Анастасия	Александровна	3,00	2,17	2,00	1,50	2,83
	Владислав	Александрович	1,43	0,50	1,00	1,75	1,50
	Полина	Здуардовна	0,00	1,58	3,00	0,50	1,75
	Иван	Григорьевич	2,00	2,33	2,00	3,00	2,17
	Анна	Андреевна					

Рис. 2. Уровень подготовки студентов

Преподаватель получает предварительную информацию об оценке уровня обученности студентов по учебному модулю и готовности к контрольному тесту. Двухступенчатая тестовая система воспринимается студентами органично и достаточно спокойно, когда студент по результатам предварительного самостоятельного тестирования не допускается к контрольному мероприятию.

На рис. 3 приведен фрагмент ведомости контрольного тестирования в той же студенческой группе, что и на рис. 2. Такая методика обеспечивает регулирование учебной деятельностью, организует управление самоподготовкой студентов к контрольным мероприятиям, формирует

объективную самооценку достижений в предметной области и стимулирует к повышению своего уровня подготовки [4].

### 3. Контрольное тестирование по теме "Изображения"

Группа: МТН-18-16

>>>>>>>>>>

Фамилия	Имя	Отчество	обозначения (3,0)	термины, определения (5,0)	правила выполнения (3,0)	проекционная связь (2,0)	компоновка по модели (2,0)	Общая оценка (15,0)	Дата	Время
	Анастасия	Александровна	неуд (0,60)	хор (3,63)	уд (2,00)	неуд (1,00)	неуд (1,00)	уд (8,13)	13.12.18	12:02 - 12:13
	Владислав	Александрович	уд (1,75)	уд (3,00)	неуд (1,00)	неуд (0,60)	уд (1,33)	уд (7,68)	13.12.18	11:41 - 11:55
	Иван	Григорьевич	уд (2,00)	хор (3,88)	уд (2,00)	отл (2,00)	хор (1,42)	хор (11,29)	13.12.18	11:36 - 11:50
	Антон	Анатович	неуд (1,25)	отл (4,71)	отл (3,00)	неуд (0,75)	хор (1,42)	хор (11,13)	24.01.19	14:18 - 14:27

Рис. 3. Фрагмент ведомости

В рамках установления обратной связи было проведено анкетирование студентов по поводу использования разных форм контроля уровня знаний (бланочное, компьютерное, другое). 93 % студентов отдали предпочтение проводимому компьютерному тестированию.

Цифровые информационно-коммуникационные технологии координируют дидактический потенциал студентов с их самостоятельной работой. Развиваются умения, востребованные в современной жизни, нарабатываются навыки самостоятельного приобретения знаний, которые будут необходимы на протяжении всей жизненной активности [3]. Причем эти качества упрочняются по мере интенсификации обращения к цифровым информационно-коммуникационным технологиям.

Для подготовки к итоговому контролю по дисциплине (получению зачета) на электронную почту группы преподавателем отсылается макет (шаблон) презентации, требования к ее оформлению и перечень вопросов для самоподготовки к защите своих работ, т.е. вновь стимулируется самостоятельная работа и самоподготовка студентов к итоговому контрольному мероприятию. Обязательным условием получения зачета является наличие положительных оценок по всем тестам-тренажерам и контрольным тестам САК КГП. При защите студент представляет презентацию своих графических работ и разработанные в рамках освоения дисциплины электронные документы в файлах САПР (рис. 4). Такой кейс позволяет преподавателю объективно оценить работы, а студенту при необходимости произвести корректировку представляемой информации.






Имя	Дата изменения	Тип	Размер
 Балка	05.04.2018 23:20	Файл "DWG"	98 КБ
 Каркас	05.04.2018 23:27	Файл "DWG"	117 КБ
 План этажа	05.04.2018 23:26	Файл "DWG"	134 КБ
 Презентация	05.04.2018 23:38	Презентация Мис...	330 КБ
 Разрез	04.04.2018 21:42	Файл "DWG"	322 КБ

Рис. 4. Электронные документы в файлах САПР

Таким образом, использование цифровых информационно-коммуникационных технологий для организации самостоятельной работы студента расширяет и усложняет функции преподавателя. Необходимы: знания электронного программного обеспечения, САПР; организация двусторонней диалоговой связи преподавателя и студента; разработка ЭОР и налаживание цифрового контроля качества самостоятельного обучения на основе обратной связи.

Эффективная организация самостоятельной работы студентов проявляется в состязательности сокурсников. Применение такого рода коммуникаций в значительной мере способствует повышению уровня мотивации студентов при изучении дисциплины. Управляемая самостоятельная работа студентов на основе цифровых информационно-коммуникационных технологий повышает заинтересованность студентов в достижении более высокого результата освоения дисциплины, а в целом повышает качество графической подготовки студентов университета.

### Список литературы

1. Митаева О.П. Организация самостоятельной работы студентов РРТ. Раздел: Современные образовательные технологии. – Томск, 2010.
2. Пушкина Г.Г. Самостоятельная работа студентов вуза: компетентностный подход и внедрение интернет-технологий // Гуманитарные науки. – 2011. – № 3.
3. Жуков А.Е., Симоненко А.В. Организация самостоятельной работы студентов в высшей школе. Дидактические средства, технологии, программы: монография. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.
4. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Организация графической подготовки студентов на основе информационно-коммуникационных технологий [Электронный ресурс] // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – Пермь, 2017. – Т. 1. – С. 37–54. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/1>.

# ОСОБЕННОСТИ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ШКОЛЬНИКАМИ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

**Головкина Валерия Борисовна,  
Мокрецова Людмила Олеговна,  
Сутупов Павел Владимирович**

Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС», Москва

Рассматриваются вопросы, касающиеся педагогического сопровождения школьников в процессе выполнения обучающимися проектов в системе Renga Architecture с целью освоения азов архитектурно-строительного черчения на базе всероссийского детского центра «Орлёнок».

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, BIM-системы, Renga Architecture, первый опыт архитектурного проектирования, средства визуализации, графическая подготовка.

## FEATURES OF GRAPHIC TRAINING OF STUDENTS IN THE PROCESS OF DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION PROJECTS BY STUDENTS

**Golovkina Valeriya Borisovna,  
Mokretsova Liudmila Olegovna,  
Sutupov Pavel Vladimirovich**

National University of Science and Technology

The article deals with issues relating to the pedagogical support of schoolchildren in the process of the implementation of projects in the Renga Architecture system with the aim of mastering the basics of architectural and construction drawing on the basis of the All-Russian children's center "Orlyonok".

**Keywords:** computer modeling, BIM systems, Renga Architecture, first experience of architectural design, visualization tools, graphic preparation.

В настоящее время продолжается укрепление позиций взаимодействия школьной и вузовской подготовки. Такая интеграция наиболее очевидна при защите проектов, выполненных обучающимися в школах, вузах и образовательных центрах, таких как образовательный центр «Сириус», международный детский центр (МДЦ) «Артек», всероссийский детский центр (ВДЦ) «Орленок», ВДЦ «Океан» под руководством учителей, сотрудников и преподавателей вузов. Абитуриент, прошед-

ший все этапы собственной разработки и защиты проекта в области, которая ему интересна, как правило, не испытывает затруднений при выборе направления обучения в вузе. Работа над проектами позволяет овладеть такими качествами, как трудолюбие, ответственность, саморазвитие, самореализация и пр. Кроме того, освоение компьютерных технологий, в том числе трехмерного компьютерного моделирования, в дальнейшем значительно облегчает работу первокурсников при освоении графических дисциплин.

Осенью 2018 года перед кафедрой автоматизированного проектирования и дизайна встала задача проведения элективного курса для группы школьников от 12 до 17 лет с последующей защитой проектных работ во всероссийском детском центре «Орленок». Для ее реализации сотрудником кафедры П.В. Сутуповым подготовлена и практически апробирована рабочая программа модуля «Основы моделирования в системе Renga Architecture».

Для решения множества задач, востребованных современным информационным обществом, созданы и успешно применяются системы автоматизированного компьютерного проектирования (САПР) и системы информационного моделирования зданий (BIM) различного назначения.

Инструментарий BIM позволяет моделировать различные по сложности здания и сооружения промышленного и гражданского строительства в виртуальной среде, а также решать вопросы перепланировки квартир, домов, благоустройства загородных участков, планирования ландшафтного дизайна. В качестве примера стоит выделить следующие системы: ArchiCAD, AutoCAD Architecture, Autodesk Revit Architecture, SketchUp. Эти системы отличаются назначением, сложностью, интерфейсом, функциональными возможностями и способами обмена информацией, предоставляя возможность разработчику проявить творческий индивидуальный подход [1]. Однако при работе с ними необходимо наличие определенных навыков, которые формируются в процессе обучения на уровне бакалавриата и магистратуры по ряду направлений подготовки, таких как строительство, архитектура, дизайн.

Наряду с вышеперечисленными BIM-системами появляются программы, используемые в работе не только профессиональными архитекторами, но и людьми, далекими от данного направления деятельности. Сегодня такая возможность появилась у школьников, пробуящих себя в роли архитекторов, строителей, проектировщиков, при формировании проектируемого объекта в виде трехмерной модели в программе



Renga Architecture, продукте, разработанном отечественной компанией «АСКОН» в 2015 году и успешно применяемом в работе со студентами и школьниками в НИТУ «МИСиС».

Программа, созданная для трехмерного архитектурно-строительного проектирования, легка в освоении и позволяет создавать трехмерные объекты различной степени сложности, наращивая опыт архитектурного моделирования, поэтому она была взята за основу при разработке модуля.

На реализацию вышеупомянутого модуля выделено 17 ч очных занятий, в рамках которых школьникам необходимо освоить интерфейс программы Renga Architecture, подготовить собственный проект и выступить с презентацией, отражающей идею проекта. Время, выделенное на освоение модуля, можно условно разбить на три этапа.

Теоретический этап работы посвящен рассмотрению вопросов, касающихся направления будущей проектной деятельности, связанной с особенностями архитектурно-строительного черчения. На данном этапе обучающиеся осваивают базовую строительную и архитектурную терминологию, исследуют типологию различных зданий и сооружений, проводят сравнительный анализ малоэтажных и многоэтажных домов, выявляя преимущества и недостатки. Здесь же рассматриваются правила составлений спецификаций к строительным чертежам [2].

В процессе прохождения теоретико-практического этапа школьники приступают к освоению интерфейса программы Renga Architecture, взяв за основу учебный проект двухэтажного таунхауса, с гаражным помещением на четыре автомобиля, разработанный на кафедре АПД. Особенность разработки заключается в наличии симметрии помещений таунхауса, что позволяет детально спланировать только одну квартиру в общем здании, остальные три получатся при помощи «зеркальных копий». Так, на рис. 1 приведен пример, где первый этаж одной из квартир состоит из холла, гостиной, кухни, вентиляционной шахты, ванной комнаты и коридора с лестницей, ведущей на второй этаж, с расположением трех спальных и ванной комнат. Итогом является моделирование общей крыши над всеми квартирами (рис. 2). Отметим, что рассмотренный вариант является объектом для отработки инструментария программы Renga Architecture и не несет в себе реальных строительных расчетов.

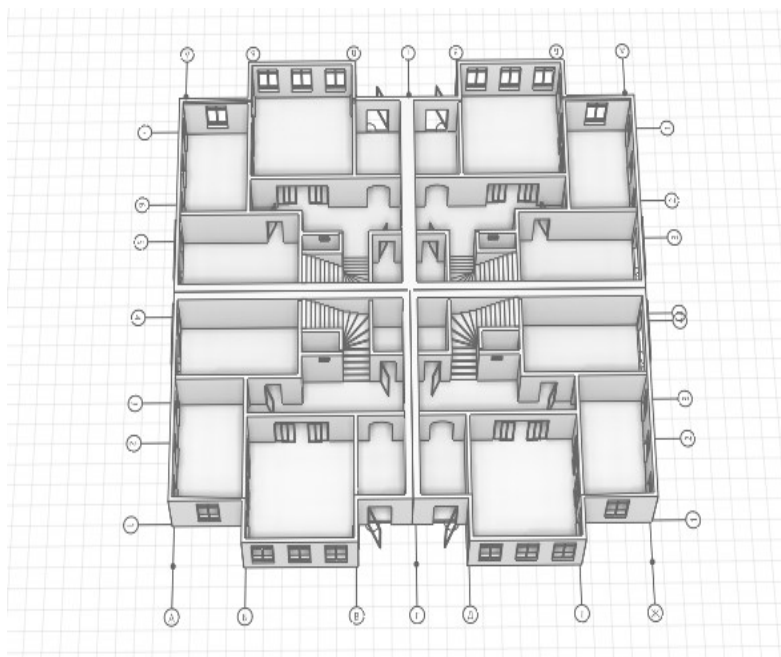


Рис. 1. Изображение модели первого этажа таунхауса  
(обучающий материал)

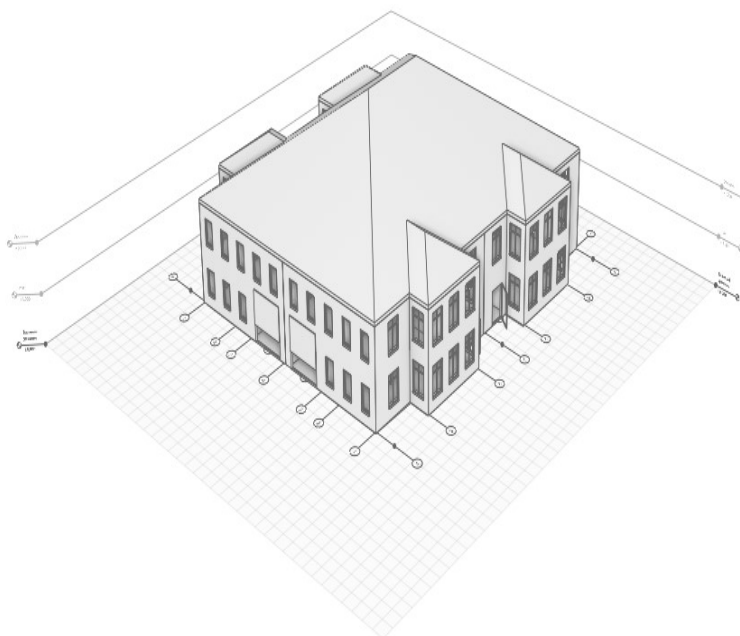


Рис. 2. Изображение модели таунхауса с возведенной крышей  
(обучающий материал)

На теоретико-практическом этапе для обеспечения практико-ориентированной работы, способствующей приобретению школьниками навыков владения программой Renga Architecture, дано задание: на основе готовой модели первого этажа квартиры спроектировать второй этаж, самостоятельно выбрав число и расположение комнат. Исходными данными служит наличие вентиляционной шахты, что позволяет школьникам самостоятельно подобрать количество комнат, а также двери и окна, соблюдая архитектурный баланс первого этажа. В процессе моделирования устанавливалось, для каких целей нужны балки перекрытия, где необходимо восстанавливать несущие стены и где это делать не обязательно, как грамотно расположить оконные и дверные проемы. Наиболее трудоемким для школьников оказалось возведение крыши в модели, так как форма крыши создается специалистами после изучения целого комплекса дисциплин. Однако программа позволила обучающимся использовать встроенную команду «крыша» с различными параметрами. В этом случае обучение шло по методу от простого к сложному, от действия к знанию.

В итоге школьникам требовалось реализовать свой дизайн-проект. На данном этапе задания с каждым обучающимся проводилась индивидуальная работа, где учитывались увлечения школьника спортом, музыкой, танцами, и поэтому дизайн-проекты имели практическую направленность, например: модель небольшого детского спортивного комплекса, музыкальной школы, танцевальной студии. Если конкретные интересы не были выявлены, школьнику предлагалось выполнить модель своего будущего дома. После выбора темы разработки определялась ее актуальность, цель и задачи, выявлялись объект и предмет исследования. Стоит отметить активную позицию обучающихся в вопросах выбора тем для выполнения индивидуальных проектов, что во многом определяется достигнутыми успехами в овладении инструментом трехмерного проектирования объектов пространственной среды. На рис. 3, 4 представлены наиболее интересные работы, выполненные школьниками и получившие высокую оценку членов жюри.

В итоге следует отметить, что овладение отечественным инструментом компьютерного моделирования архитектурно-строительных объектов Renga Architecture дает возможность школьникам за короткое время разработать дизайн-проекты и с успехом защитить их в конкурсном соревновании. Победы школьников на различных конференциях с применением компьютерного графического моделирования мотивируют

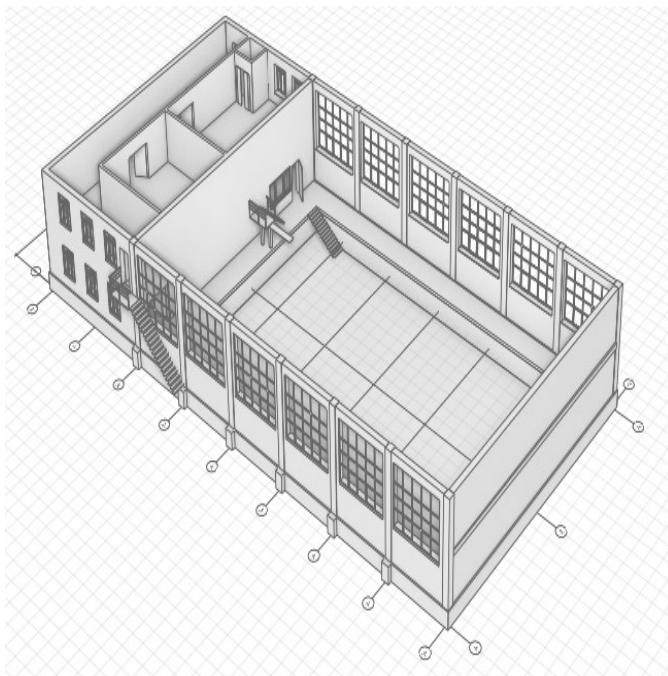


Рис. 3. Изображение модели школьного бассейна в Renga Architecture  
(проект школьника 8 класса Никулина Даниила)

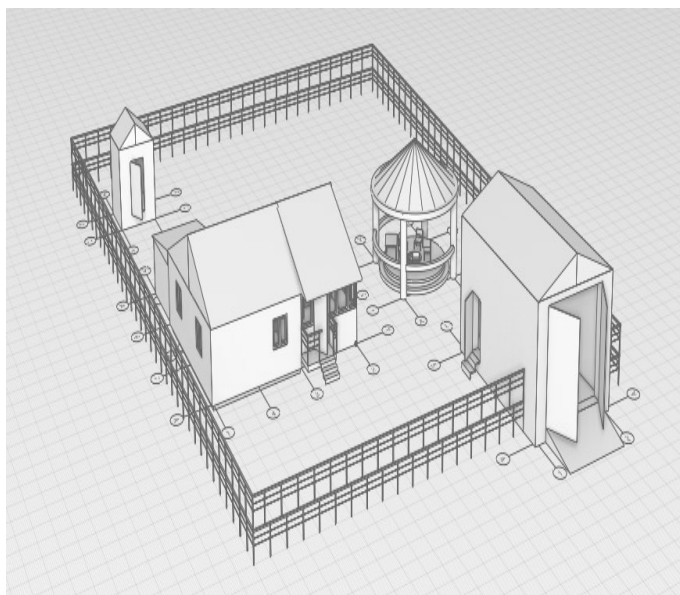


Рис. 4. Изображение модели загородного участка в Renga Architecture  
(проект школьника 8 класса Алексеева Эрика)

учителей школ и преподавателей вузов активнее участвовать в процессе совершенствования преподавания графических дисциплин в нестандартных ситуациях при отсутствии значительного количества учебных часов [3]. Сегодня в реализации инженерных проектов школьников при помощи новых графических систем компьютерного моделирования наблюдается возможность не только реализовывать предлагаемые решения, но и расширять области исследований дизайн-проектов с применением компьютерного моделирования.

### Список литературы

1. Головкина В.Б., Коршунова А.Р. Формирование навыков архитектурного проектирования в системе Renga Architecture // «Новый университет. Серия: Технические науки». – Йошкар-Ола: Изд-во ООО «Коллоквиум», 2016.

2. ГОСТ 21.501–2011. Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений [Электронный ресурс]. – URL: <http://ng.sibstrin.ru/wolchin/umm/gost/gost21.501-2011.pdf> (дата обращения: 17.01.2019).

3. Головкина В.Б. Мокрецова Л.О. О возможности применения проектного метода обучения при унификации рабочих программ по графическим дисциплинам // Проблемы координации работы технических вузов в области повышения качества инженерно-графической подготовки студентов: материалы науч.-метод. конф. (с. Дивноморское, 10–16 сентября 2018 г.); Дон. гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д, 2018. – 227 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДВУХ ЗАМЕН ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ К ПОЛУЧЕНИЮ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Головнин Алексей Алексеевич,  
Казичев Игорь Николаевич**

Тверской государственной технической университет, Тверь

Предложено при рассмотрении одной из центральных тем учебного курса начертательной геометрии – преобразования комплексного чертежа – применять метод двух замен плоскостей проекций для получения наглядных изображений.

**Ключевые слова:** начертательная геометрия, наглядные изображения, метод замены плоскостей проекций.

## APPLICATION OF THE METHOD OF TWO SUBSTITUTIONS OF THE PLANE OF PROJECTIONS TO OBTAIN VISUAL IMAGES

**Golovnin Alexey Alexeevich,  
Kazichev Igor Nikolaevich**

Tver State Technical University

It is proposed to use the method of two replacement planes of projections to obtain visual images when considering one of the Central themes of the training course of descriptive geometry – the transformation of a complex drawing.

**Keywords:** descriptive geometry, visual images, the method of replacing the planes of projections.

Преобразование комплексного чертежа – одна из центральных тем учебного курса начертательной геометрии. Освоение студентами этой темы играет важную роль в развитии навыков свободного чтения и понимания комплексного чертежа.

Наиболее простой алгоритм, и в очередности изучения материалов темы он стоит первым, – это преобразование комплексного чертежа путем замены плоскости проекций. При этом на выбор новой плоскости проекций накладывается ограничение: она выбирается перпендикулярной к одной из исходных. Путем двух замен можно перейти к плоскостям проекций не перпендикулярным ни одной из исходных, т.е. имеющим произвольную ориентацию. В результате может быть определена действительная величина какой-либо геометрической фигуры или получено более полное (наглядное) ее изображение [1, с. 60].

В учебном процессе метод нашел применение только для приведения прямых и плоскостей к положению уровня или проецирующему положению. Встречаются даже специальные названия этих преобразований, как четыре основные [2] или четыре исходные [3] задачи преобразования комплексного чертежа. Применение метода замены плоскости проекций для получения наглядного изображения в учебном процессе не принято. Между тем в некоторых случаях целесообразно применение в конструкторской документации именно наглядных изображений. Например, допускается применять в чертеже аксонометрические проекции по ГОСТ 2.317 в конструкторской документации для упаковывания [4].

Цель работы – показать возможные варианты применения в учебном курсе начертательной геометрии метода двух замен плоскостей проекций для получения наглядных изображений.

Наглядное изображение принято получать методом аксонометрических проекций [5]. Под наглядным изображением мы понимаем такой вид предмета, который дает наибольшее представление о его форме по сравнению с любым из основных видов по ГОСТ 2.305. Будем отличать его от объемного изображения, под которым можно понимать воксельное, голографическое, стереоизображение и др. [6]. Кроме того, лишь упомянем о существовании изображений, получаемых методами трехмерной графики [7], обладающих существенно большей наглядностью по сравнению с получаемыми методами начертательной геометрии.

Правила построения наиболее наглядного изображения для аксонометрической проекции включают выбор вида аксонометрической проекции (с учетом того, что наиболее наглядные изображения дают аксонометрические прямоугольные триметрические проекции), расположение предмета относительно направления проектирования, отнесение предмета к системе прямоугольных осей координат, построение аксонометрических осей и непосредственное построение аксонометрической проекции предмета [5, с. 249]. Можно заметить, что стремление к наглядности при выборе вида аксонометрии вступает в противоречие со стремлением к простоте построений, упор на которую просматривается в случае применения прямоугольных изометрии и диметрии или косоугольных проекций по ГОСТ 2.317.

Известно также, что аксонометрическая проекция предмета может быть построена непосредственно по любым двум его ортогональным проекциям, а не по вторичным проекциям [5, с. 256]. По известному ал-

горитму для этого нужно определить для данного расположения аксонометрических осей направление, которое они имеют в совмещенном с картинной плоскостью положении, расположить ортогональные проекции, руководствуясь найденным направлением совмещенных осей, и найти аксонометрические проекции точек предмета в пересечении прямых, которые проводятся через ортогональные проекции этих точек параллельно соответствующим аксонометрическим осям.

Вместе с тем для получения наглядных изображений может быть применен метод двух замен плоскостей проекций [8, с. 26]. На рисунке на примере чертежа учебного задания в виде домика, заданного его двумя основными видами, показано, как после замены одной плоскости проекций в направлении по стрелке А, направленной горизонтально, можно получить вид на ребро с точкой 4. При этом становятся видны сразу две боковые стороны домика. Если на полученный вид посмотреть по стрелке Б, сверху вниз под наклоном на точку 3, то получим вид, на котором изображены сразу две боковые стороны домика и его крыша, как это было бы, если бы построения велись с помощью измерений по осям и применением коэффициентов искажения по осям методом, привычным из темы «Аксонметрия» учебного курса начертательной геометрии. После каждой из двух замен плоскости проекций полученное изображение можно повернуть путем плоско-параллельного переноса до привычного расположения, когда вертикаль на чертеже сохраняет свое положение, а можно не поворачивать, как принято при использовании метода замены плоскостей проекций. На рисунке виды А и Б показаны дважды, в том положении, в котором они получаются непосредственно после замены (в том, в котором мы привыкли видеть комплексные чертежи после их преобразований), и в повернутом положении (привычном из физических представлений, когда вертикальные линии на чертеже направлены снизу вверх). Применительно к учебным заданиям нами использовались оба варианта. Полученное изображение обеспечивает наглядность, которая свойственна аксонометрическим проекциям, а именно – прямоугольной триметрии. Описанный метод получения наглядного изображения не завязан ни на одну из пяти изометрий или диметрий по ГОСТ 2.317 и не требует применения показателей искажения, более того, можно не знать и вообще не думать о численных значениях масштабных коэффициентов по осям. Нам представляется, что выбрать направление, в котором будет получено наиболее наглядное изображение, более естественно, чем выбирать, пусть по



имеющимся, прошедшим проверку временем рекомендациям одну из стандартных аксонометрий, определенных, очевидно, из соображений простоты масштабов по осям для удобного устного счета. Более того, с ориентацией на работу в последующем с электронными моделями [9], более востребованным должен быть именно навык по выбору направления взгляда, который реализуется при визуализации (отображении) модели на электронном устройстве (например, экране дисплея). Кроме того, триметрии неизбежно должны занять более достойное место в практическом применении аксонометрии в связи с узакониванием возможности получения наглядного изображения «путем проецирования электронной модели изделия на плоскость» [10].

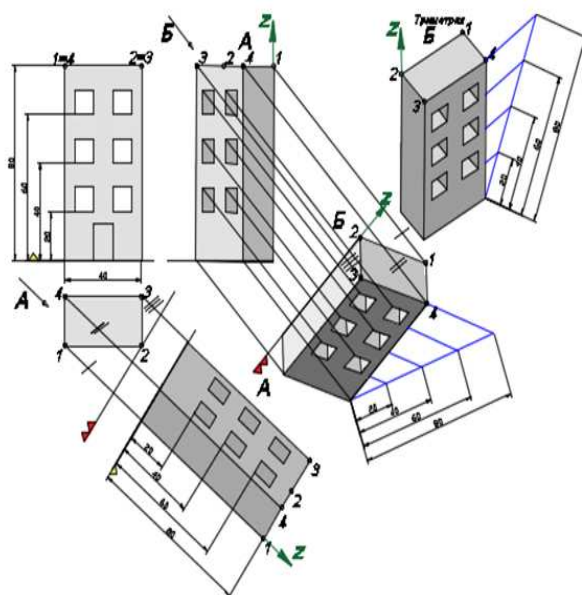


Рис. Пример чертежа учебного задания

Можно заметить, что в процессе получения наглядного изображения мы не использовали атрибуты теории аксонометрии – аксонометрические оси, вторичная проекция, картинная плоскость, родство и др. Из осторожности не применяем к полученному изображению термин *аксонометрическая проекция*, хотя, очевидно, оно обладает ее внешними признаками.

По сравнению с известным способом в наших построениях отсутствует обоснованный выбор направления аксонометрических осей. В результате вид полученных изображений определяется выбранными

направлениями для замены исходных проекций. Непривычно и расположение оси  $z$ , которая должна быть вертикальна, что связано с нашим автоматическим восприятием гравитации от вестибулярного аппарата и от каждой клетки. Преодолеть это можно путем поворота исходных проекций, но использование в учебных целях полученных изображений может дополнительно способствовать развитию понимания комплексного чертежа.

Хотя основное назначение аксонометрических проекций – повышенная наглядность, метричность полученных изображений может быть поддержана лучевым масштабом, дающим линейные масштабы для осей [5, с. 251]. Другой вариант придания метричности наглядному изображению для оси  $z$  показан на рисунке, для других осей может быть аналогичной.

Выводы и предложения:

1. В статье показана возможность применения в учебном курсе начертательной геометрии метода двух замен плоскостей проекций для получения наглядных изображений.

2. Предлагается при рассмотрении одной из центральных тем учебного курса начертательной геометрии, играющего важную роль в развитии навыков свободного чтения и понимания комплексного чертежа – преобразования комплексного чертежа, применять метод двух замен плоскостей проекций для получения наглядных изображений.

3. Приведен пример выполнения учебного задания по применению метода двух замен плоскостей проекций для получения наглядного изображения.

### Список литературы

1. Фролов С.А. Начертательная геометрия: учебник для втузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 240 с.

2. Способы преобразования чертежа: метод. указания к выполнению эюра № 2 (для студентов технических специальностей) [Электронный ресурс] / сост.: С.И. Иванова, А.С. Белозеров; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2014. – 31 с. – URL: [https://swsu.ru/structura/up/fsa/kafedra\\_agg/literatura/mu\\_epur2.pdf](https://swsu.ru/structura/up/fsa/kafedra_agg/literatura/mu_epur2.pdf).

3. Четыре исходных задачи преобразования чертежа [Электронный ресурс]. – URL: [https://studopedia.su/14\\_80903\\_chetire-ishodnih-zadachi-preobrazovaniya-chertezha.html](https://studopedia.su/14_80903_chetire-ishodnih-zadachi-preobrazovaniya-chertezha.html).

4. ГОСТ 2.418–2008. ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации для упаковывания.

5. Глазунов Е.А., Четверухин Н.Ф. Аксонометрия: учеб. пособие. – М.: Гос. изд-во техн.-теор. лит-ры, 1953. – 293 с.

6. Объемное изображение. – URL: <https://skanvordoff.ru/query/empty/%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>.

7. Трехмерная графика. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%91%D1%85%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%91%D1%85%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0).

8. Григорьев В.Г., Горячев В.И., Головнин А.А. Инженерная графика: учеб. пособие. – Ч. 1: Геометрические основы конструирования. – Тверь, 2001. – 143 с.

9. ГОСТ 2.052–2006. ЕСКД Электронная модель изделия.

10. ГОСТ 2.317–2011. ЕСКД. Аксонометрические проекции.

# ОРТОГОНАЛЬНЫЕ МОНОПРОЕКЦИИ ШАРА, УСЕЧЕННОГО ПЛОСКОСТЯМИ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

**Горнов Александр Олегович**

Национальный исследовательский университет МЭИ, Москва

Рассматривается универсальный прием построения окружностей произвольного положения на шаре.

**Ключевые слова:** окружность, шар, нормаль, эллипс.

## ORTHOGONAL MONOPROJECTION, TRUNCATED BY THE PLANES OF ARBITRARY POSITION

**Gornov Alexander Olegovich**

Moscow Power Engineering Institute (MPEI)

A universal method of constructing circles of arbitrary position on a ball is considered.

**Keywords:** circle, ball, normal, ellipse.

Широкая доступность средств КГ уже давно изменила прикладное значение тех или иных закономерностей и приемов построения и преобразования проекционных изображений в рамках технической графики, являющихся предметом НГ. Потребность в них сохранилась в рамках проектной графики для корректного построения «ручных» изображений эскизов и набросков, при оперативном графическом диалоге, исключения грубых ошибок при работе в САД. Кроме того, знания закономерностей проекционных процедур и изображений увеличивает «разрешающую способность» наблюдателя при оперативном анализе геометрической ситуации в окружающей обстановке. В частности, тени, как проекционные фигуры, расширяют представление о предметной ситуации за счет дополнения информации об объектах и их элементах, в том числе не находящихся в прямой видимости. Думается, бесконечный спор о судьбе проекционных методов неконструктивен. Если в них совсем и нигде не будет потребности, то и говорить будет не о чем. Да и заставить применять проекционные процедуры там, где они нерациональны, вряд ли можно. И, попутно, относительно геометрии и начертательной геометрии. На наш взгляд, последняя не является специфической геометрией, а есть один из методов отображения и преобразования геометрических характеристик объектов; то же можно сказать, и уже говорилось в [6], об аналитической геометрии.

В прошлом веке методы построения проекционных изображений, в частности аксонометрических, и решения в их рамках ряда геометрических задач имели самостоятельное значение для наглядной визуализации ТО. Поэтому этой проблеме была посвящена великолепная комплексная работа [1]. Что касается аналогии поставленной в статье задаче, в [1] в основном шла речь об изометрических проекциях окружностей как сечениях шара, принадлежащих или параллельных основным плоскостям проекций; то же можно найти и в известных учебниках [2, 3]. Помимо типовых приемов решения данной проекционно-графической задачи, но в расширенной постановке, описаны и др. [4, 5].

Сформулируем далее подобную задачу еще несколько шире: о построении «аксонометрических» изображений окружностей, принадлежащих шару радиуса  $R_0$ , как линий его сечения плоскостями произвольной ориентации.

Сначала кратко рассмотрим предложенное в [4], на что будем опираться в дальнейшем. Пусть  $xuz$  ортогональная тройка осей, в плоскости  $xu$  которой лежит окружность. Тогда ось  $z$  определяет нормаль  $N_z$  к этой плоскости, которая, наряду с началом координат, задает ее положение при данном показателе искажения ее проекции.

Ось  $x$  всегда можно совместить с диаметром окружности  $D_x = 2R_0$ , параллельным плоскости проекций, при этом показатель линейного искажения диаметра  $D_x$  будет равен единице (рис. 1,  $a$ ). Он проектируется без искажения, определяя величину и положение большой оси эллипса ( $a$ ), и его проекция всегда перпендикулярна проекции нормали  $N_z$  к плоскости окружности и наоборот. Известное свойство суммы квадратов показателей искажения при ортогональном проецировании  $xyz$ :  $\sum J_{xyz}^2 = 2$  позволяет определить показатель искажения диаметра  $D_y$ , перпендикулярного  $D_x$ , проекция которого есть малая ось эллипса  $b$ . При этом направление проекции нормали и проекция малой оси совпадают. Показатель искажения  $J_y$  определяет своей проекцией величину малой оси эллипса – проекции окружности  $DJ_y$ .  $J_y = \sqrt{1 - J_N^2}$ . Эксцентриситет эллипса  $E$  проекции окружности  $E = D_x J_N$ . Вычисление  $J_y$  удобно графически с помощью прямоугольного треугольника. Этот же показатель искажения определяет проекции хорд  $h$ , параллельных данному диаметру, что позволяет построить проекции необходимого количества точек проекции окружности. А хорды, параллельные диаметру  $D_x$ , проектируются в натуральную величину.

Приложим эти соотношения к поставленной в начале задаче построения проекций окружностей как сечений шара плоскостями свободного положения. Пусть множество этих секущих плоскостей, в ко-

торых они лежат, определяют нормали, по модулю равные  $R_0$ , для простоты исходящие из центра шара, а их соответствующие проекции есть  $N'_{1,2}$ , (рис. 1, б). Положение конкретной плоскости определяет еще одна точка на данной нормали, отстоящая от центра на расстоянии  $sR_0$ ,  $0 \leq s \leq 1$ . Величины  $s_{1,2}$  определяют радиусы окружности  $R_{12}$ , лежащей в этой плоскости.

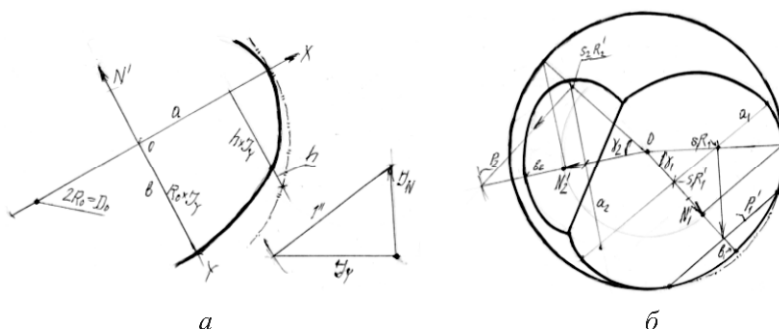


Рис. 1. К построению сечений шара: а – базовые построения; б – аксонометрия шара, произвольно усеченного двумя плоскостями

В плоскости очерка проекции шара рис. 1, б заданы два направления проекции нормалей  $N_{1,2}$  секущих плоскостей. При этом  $J_{N1} = J_{N2} = 0,64$  и  $s1 = 0,5$ ,  $s2 = 0,7$ , т.е. первая секущая плоскость ближе к параллельной ей меридиональной плоскости, вторая – дальше и ближе к поверхности шара. Определив диаметр окружности сечения при данном  $D$  шара параметрах, строим большую ось эллипса –  $a$ . Затем вычисляем или строим величину  $J_y$  малой оси.

Следует обратить внимание на положения проекции характерных точек касания очерка сферы и проекции окружности сечения. Они определяют переход линии проекции усеченного шара от его исходного очерка к проекции очерка усеченного. Положение этой точки определяется из следующих соображений. Через эту точку проходит линия пересечения  $p$  секущей плоскости и плоскости очерка шара, определение которой понятно из рисунка. Видно, что вторая секущая плоскость (рис. 1, б) пересекает плоскость очерка вне его. Соответственно, эллипс сечения не касается очерка сферы.

Полученные соотношения позволяют расширить классические задачи сечения сферических поверхностей в системе 2D-проекций, где они практикуются, построением ассоциированной аксонометрии. При этом заметим, что распространенные в учебной практике приведенные аксонометрии изначально нерациональны, ибо искажают зрительные пропор-

ции между 2D-системой изображений объекта и аксонометрическим. Пусть задана фронтальная проекция трижды усеченного шара (рис. 2, а). Обозначим нормали к секущим плоскостям  $N_{1,2,3}$ . Построим, например, изометрии этих нормалей  $N'_{123}$  и определим показатели линейного искажения  $JN_{123}$ . Далее построения соответствуют изложенным выше.

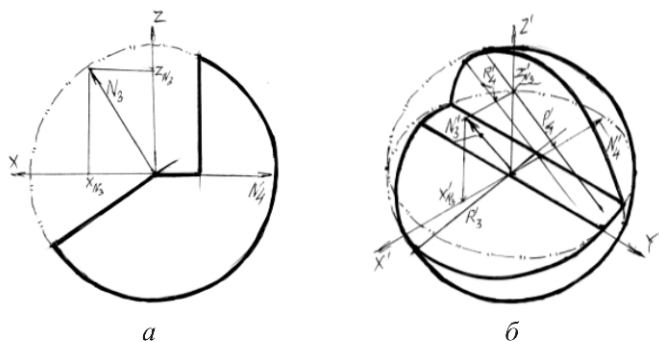


Рис. 2. Аксонометрия шара по исходной фронтальной проекции:  
 а – исходная фронтальная проекция; б – ассоциативная аксонометрия  
 при фактических показателях искажения

Этот прием позволяет проиллюстрировать и проинтегрировать закономерности ортогональной проекции прямоугольной проекции тройки ортогональных векторов и прямого угла, основных характеристик эллипса. Иллюстрации выполнены вручную, чтобы избежать соблазна воспользоваться соответствующей опцией CAD.

### Список литературы

1. Глазунов Е.А., Четверухин Н.Ф. Аксонометрия / ГИТЛ. – М., 1953. – 293 с.
2. Фролов С.А. Начертательная геометрия: учебник для втузов. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
3. Климухин А.Г. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1973. – 368 с.
4. Горнов А.О. Ортогональная проекция окружности, лежащей в плоскости общего положения // Труды международной научно-технической конференции. – М.: МЭИ, 2004. – С. 67–70.
5. Андреев-Твердов А.И., Хуснетдинов Т.Р. Построение аксонометрических проекций окружностей // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 3. – С. 41–45.
6. Горнов А.О., Лепаров М.Н. Системные противоречия и предпосылки инженерной геометрии в образовательном аспекте [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/91>.

# ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СТУДЕНЧЕСКОМ ЭСКИЗНОМ ПРОЕКТЕ КОМПЛЕКСА ЛУННОГО БАЗИРОВАНИЯ

**Грабовский Иван Игоревич,  
Токарев Владимир Адольфович**  
Рыбинский государственный авиационный технический  
университет имени П.А. Соловьёва, Рыбинск

На примере инициативной студенческой разработки, выполненной с применением современных информационных технологий, рассмотрен вариант возможной оптимизации геометро-графической инженерной подготовки.

**Ключевые слова:** профессиональная подготовка, компьютерная графика, творчество студента.

## GEOMETRIC MODELING OF THE STUDENT IN THE CONCEPTUAL DESIGN OF THE COMPLEX LUNAR-BASED

**Grabovsky Ivan Igorevich,  
Tokarev Vladimir Adol'fovich**  
Rybinsk State Aviation Technical University  
named after P.A. Solov'ev

On the example of the initiative student development, performed with the use of modern information technologies, the variant of possible optimization of geometric-graphic engineering training is considered.

**Keywords:** professional training, computer graphics, creativity of the student.

Неотъемлемой частью геометро-графической подготовки студента является оперативное комплексное освоение графических компьютерных программ и информационных технологий. Это способствует оптимизации процесса графической подготовки студентов технических специальностей на первом курсе и выбору учащимися необходимого информационного обеспечения для выполнения последующих графических работ в учебном заведении и в своей производственной деятельности. Актуальным является выполнение заданий, имитирующих реальную проектно-конструкторскую деятельность [1]. Понимание методов компьютерной графики, знание алгоритмов, используемых в графических программах, является необходимым условием быстрого, интенсивного решения трудоемких задач, которые ставятся



перед специалистом по инженерной графике. В частности, без такого знания невозможна оперативная разработка изделий с большим количеством деталей.

На кафедре графики Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва (РГАТУ) поддерживается творческая инициатива студентов, в частности, при выполнении итоговых курсовых работ, при участии в конкурсах, сдаче сертификационных экзаменов [2–7].

Ниже приведено описание элементов инициативной творческой студенческой работы, выполненной автором данной публикации. Работа посвящена техническому воплощению идеи создания грузооборота Земля – Луна – Солнечная система и представляет собой модель комплекса по добыче, переработке и доставке топлива к космическим кораблям (рис. 1). Изображения конструктивных элементов комплекса в виде геометрической модели опубликованы в материалах конкурса АСКОН «Будущие асы цифрового машиностроения» в номинации «3D-проектирование. Студенческие проекты» ([https://edu.ascon.ru/main/competition/gallery/items/?bm\\_id=65113](https://edu.ascon.ru/main/competition/gallery/items/?bm_id=65113)). Разработке присвоено третье место.

Автором принята следующая последовательность выполнения творческой работы: заинтересованный выбор темы, проведение предварительных расчетов, эскизирование вручную на миллиметровке основных узлов будущего изделия, разработка компьютерных двумерных заготовок, трехмерное моделирование, по возможности изготовление элементов моделей в определенном масштабе и сборка изделий, выполнение уточненных расчетов, корректировка геометрической модели и технологии.

Разрабатываемые автором проекты не ограничиваются выполнением графических работ, а имеют междисциплинарный характер. Необходимым является привлечение материалов различных дисциплин, в том числе изучаемых в РГАТУ.

При этом одной из значимых целей данной работы, выполняемой на этапе инженерного образования, является обязательное представление и защита результатов деятельности на разных уровнях: в курсовых проектах, в публикациях, в конкурсах и на конференциях [8–10]. При этом активизируется деятельность самого студента, а также преподавателя и однокурсников, например, после краткого выступления автора разработки на практическом занятии.

Конструкция разрабатываемых изделий и их геометрические модели существенно зависят от условий функционирования. В частности,

представленный в данной публикации комплекс ориентирован на работу в условиях космоса. Несмотря на огромное количество небесных тел в Солнечной системе, лишь немногие из них могут «похвастаться» пригодными условиями для обитания человека. Из планет земной группы в «зоне жизни» находятся только Земля и Марс. Однако полет до Марса потребует больших временных, энергетических и финансовых затрат. Поэтому разумнее начинать экспансию человечества в Солнечную систему с промежуточных этапов, станций и баз. Таким этапом может быть наша соседка Луна. Ее близость и низкая гравитация делают Луну идеальным кандидатом для создания там инфраструктуры, пригодной как для жизнедеятельности человека, так и для осуществления «прыжка в космос».

Существенная проблема, стоящая перед человечеством, состоит в необходимости постоянного функционирования системы «Земля – Луна». Поскольку это связано с финансовыми трудностями, требуется разработать систему не просто экономически выгодную для одного-двух полетов, а долговременную программу по созданию, выработке энергии и ресурсов, необходимых для существования и работы всех систем с полным покрытием нужд, как самого комплекса, так и будущих космических перелетов. Одним из вариантов подобных систем, автономно существующих лунных станций может стать стартово-посадочный комплекс лунного базирования «Селена».

Данная работа, имеющая эскизный характер, посвящена техническому воплощению идеи создания трафика Земля – Луна – Солнечная система. Принцип работы этого комплекса заключается в наличии на Луне уникального изотопа гелия – гелия три, который является сырьем в перспективных термоядерных реакторах. Однако речь идет не о перспективах, а о реалиях текущих разработок. Гелий три можно использовать не только для управляемого термоядерного синтеза, но и для получения в процессе его десорбции побочных продуктов, и синтезировать топливо для космических кораблей, автоматических межпланетных станций и зондов, что позволит обеспечить топливно-энергетическую независимость лунных баз. Если к этому добавить разработки лунного грунта, наладить его добычу, можно получать металлы и сплавы высокого качества, коими богат лунный реголит.

Автор считает нужным начинать программу уже сейчас, путем отправки на Луну комплекса роботов, а затем постепенно наращивать мощность программы, увеличивая парк роботов, одновременно работающих на производстве. Нужно позаботиться и о космических переле-

тах, для которых и будут вырабатываться данное топливо и ресурсы. Следовательно, необходима постройка инженерного сооружения (или его отправка), выполняющего функцию космического порта с собственной системой доставки и производства топлива, а также имеющего дальнейший промышленно-производственный потенциал. Исходя из вышесказанного, целесообразно отправлять космические терминалы, загруженные роботами доставки и разработки полезных ископаемых к местам синтеза ископаемых в топливо, обеспечив, таким образом, работу и контроль целого стартового и посадочного комплекса (рис. 1).

Предложенная геометрическая модель стартово-посадочного комплекса включает 12 542 детали, поэтому возникают сложности в графической обработке на компьютерах средней мощности, установленных в дисплейных классах учебных заведений, а именно: медленная регенерация изображения, неполнота показа составных частей модели, сложность в демонстрации анимаций и сложных сечений. Чтобы предотвратить вышеперечисленные сложности в обработке графики, в данной работе пришлось применить: умышленное сокрытие ребер моделей, полутоновое изображение, условное уменьшение полигонов моделей и условное представление подборок в виде цельных геометрических объектов.

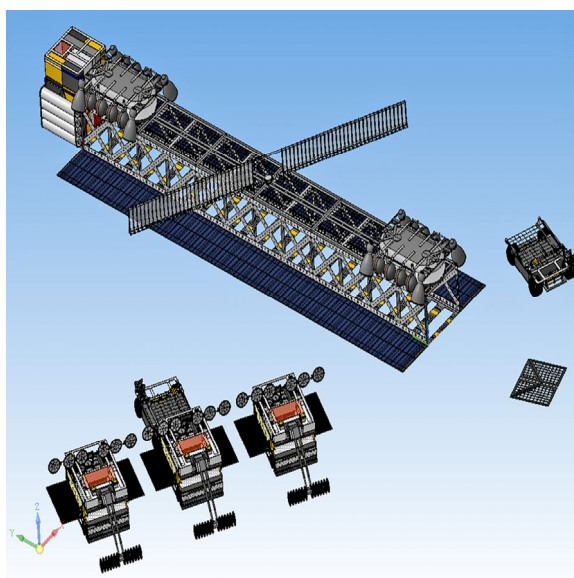


Рис. 1. Общий вид геометрических моделей стартово-посадочного комплекса лунного базирования «Селена»

Терминал (показан на рис. 1 сверху) играет роль спускаемого аппарата, лаборатории по переработке сырья, родительского корабля и диспетчерской башни. Терминал несет в себе роботов-разработчиков грунта (рис. 2) и роботов доставки грунта и компонентов ракетного топлива (рис. 3) в лабораторию на своем борту. Терминал обладает системой мягкой посадки, а также солнечными батареями для нормального функционирования всех электронно-вычислительных и телеметрических систем. Имеет радиантенну для контроля зоны посадки и мониторинга орбитальной группировки Луны. В этом заключается его работа как диспетчера космических перелетов.

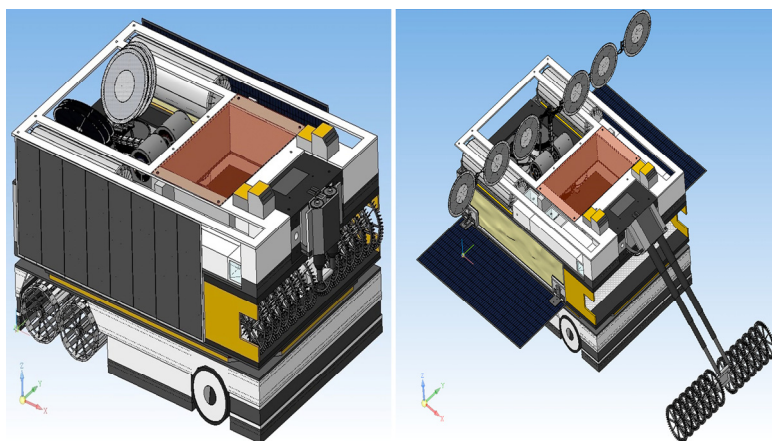


Рис. 2. Геометрическая модель робота-разработчика до и после разворачивания

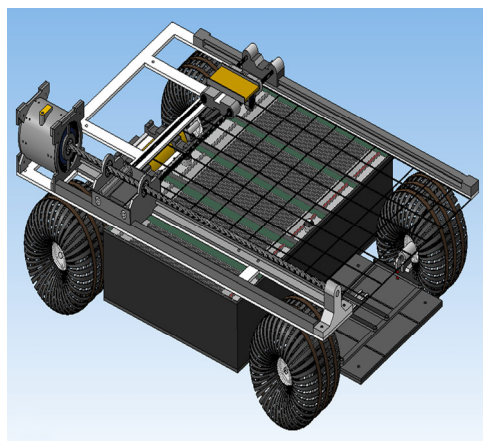


Рис. 3. Геометрическая модель робота-доставщика

Роботы-разработчики грунта (см. рис. 2), находящиеся на борту терминала, выезжают на выработку гелия три из лунного реголита. В своих внутренних заводах они охлаждают гелий три практически до температуры космоса и собирают побочные продукты десорбции в газовые баллоны. Получив команду на выход из терминала, радиоизотопный термоэлектрический генератор подает энергию на ходовую часть робота-разработчика грунта, приводя его в движение и выводя его в район добычи грунта. Генератор обеспечивает энергией систему водяного охлаждения, а также частично – электродвигателей и цепей нагревания.

По прибытии в район добычи начинается развертка робота-разработчика, приводятся в движение рельсовые двигатели солнечных батарей. По окончании раскрытия солнечных батарей производится нагревание спирали пневматической системы. Инертный газ при нагреве расширяется, оказывая давление в телескопическом цилиндре, раскрывая таким образом «руку» с мотовило. Одновременно с этим все таким же рельсовым двигателем производится отвод мотовило из его ложе (из коробки пневматики отходят две трубки подачи газа и оказания давления). С завершением раскрытия «руки» с мотовило разворачивается система гелиоколлекторов. При этом на этапе развертки не требуется одновременное функционирование всех систем, а именно – работы ходовой и двигателей развертки. Дифференциация и распределение энергии на этапе развертки способны сэкономить ресурсы машины. Развертка гелиоколлекторов должна осуществляться до определенного положения, в котором возможно такое отражение света, чтобы отраженный луч падал в окно фокусировки.

После развертки робот-разработчик начинает непосредственную добычу и переработку реголита. Учитывая состав реголита (в основном металлы, оксиды металлов и кремний), можно использовать его магнитные свойства для забора и добычи. После разрыхления мотовилом порода попадает под каток забора реголита. Каток работает по принципу создания магнитного поля [9], которым он и притягивает металлические магнитомягкие породы, что позволяет сократить механический износ и ограничиться только мотовилом. Каток находится на валу и связан с несущим валом радиально-упорным шарикоподшипником. После забора реголита он доставляется в печь рельсовым приводом. Из реголита испаряется гелий три, который уходит из печи в криокамеру. Переработанный грунт сбрасывается открытием рельсовых заслонок с вибростенда, а затем и из самого робота-разработчика.

Робот-доставщик (см. рис. 3) представляет собой комплекс из ходовой части, аккумулятора, электродвигателя, системы управления и системы погрузки. Отличительной чертой робота-доставщика является ходовая часть. В отличие от разработчика, электродвигатель доставщика не шаговый, а короткозамкнутый на ротор. Это необходимо для его постоянной работы на больших оборотах. Система погрузки двигателя работает на магнитном захвате, перемещающемся вдоль двух осей. Из привезенных веществ в лаборатории формируются горючее и окислитель. Разработана примерная технология и произведены расчеты химических реакций для получения топлива.

Преимуществами комплекса являются:

- отсутствие необходимости в высокоточной посадке космических кораблей и аппаратов;
- наличие мобильных роботов разработки и доставки, что позволяет вести добычу полезных ископаемых в любом месте на лунной поверхности;
- возможность обеспечения технической и энергетической поддержки космических кораблей вне зависимости от их расположения на Луне.

Фирма АСКОН, в связи с присуждением проекту призового места в молодежном конкурсе, предоставила возможность автору сделать доклад на Дне машиностроителя с АСКОН в городе Ярославле. Там же были вручены диплом победителя и ценные призы автору проекта (рис. 4). Кроме этого, РГАТУ награждена сертификатом на получение преподавательской лицензии КОМПАС-3D, и директором филиала ООО «АСКОН-ЦР» в г. Ярославль было вручено письмо от руководителя образовательной



Рис. 4. Фотография после выступления И.И. Грабовского на Дне машиностроителя с АСКОН и награждения ценными призами. Слева направо: В.А. Токарев, И.И. Грабовский, директор филиала ООО «АСКОН-ЦР» в г. Ярославле А.В. Родин

программы АСКОН с благодарностью автору разработки за изобретательность и отличное владение инструментами цифрового проектирования, ректору и преподавательскому составу РГАТУ – за отличную подготовку будущих инженеров и внедрение современных технологий проектирования и производства в учебный процесс.

### Список литературы

1. Модель проектного обучения при выполнении практикума по графическим дисциплинам / Е.П. Александрова, Л.В. Кочурова, К.Г. Носов, И.Д. Столбова // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар. интернет-конф. (Пермь, февраль – март 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Вып. 4. – С. 176–182.

2. Шевелев Ю.П., Токарев В.А. Эффективность комплексного применения в профессиональной подготовке специалистов различных типов графических программ при разработке геометрических моделей // Геометрия и графика. – 2013. – Vol. 1, iss. 3–4. – С. 40–43. DOI: 10.12737/2132

3. Токарев В.А., Шевелев Ю.П. Комплексная графическая подготовка в инженерном образовании // Информатизация инженерного образования: Труды Междунар. науч.-практ. конф. – ИНФОРИНО-2016 (Москва, 12–13 апреля 2016 г.). – М.: Изд. дом МЭИ, 2016. – С. 227–228.

4. Кащеева П.В., Шевелев Ю.П., Токарев В.А. Организация, проведение и итоги студенческой олимпиады «Инженерная и компьютерная графика» в ФГБОУ ВПО «РГАТУ имени П.А. Соловьева» // Проблемы качества графической подготовки: традиции и инновации: материалы V Междунар. науч.-практ. интернет-конф. (г. Пермь, февраль – март 2015 г.). – Вып. 2. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 403–410.

5. Токарев В.А., Шевелев Ю.П., Ширяева Т.В. Сертификация пользователей графических программ в вузе // Проблемы качества графической подготовки: традиции и инновации: материалы V Междунар. науч.-практ. интернет-конф. (г. Пермь, февраль – март 2015 г.). – Вып. 2. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 517–522.

6. Токарев В.А. Интенсификация оперативного обучения графическим дисциплинам // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф.,

20 апреля 2018 года Брест, Республика Беларусь Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. О.А. Акулова. – Брест: БрГТУ, 2018. – С. 322–327.

7. Токарев В.А. Творческое выполнение студентами комплексных конкурсных графических работ // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII Междунар. интернет-конф. (Пермь, февраль – март 2017 г.). – Пермь, 2017. – Вып. 4. – С. 363–370.

8. Токарев В.А., Грабовский И.И. Разработка изделий с большим количеством деталей в конкурсах по компьютерному геометрическому моделированию // Наука. Образование. Общество: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2017. – Т. 2. – С. 209–213.

9. Токарев В.А., Грабовский И.И. Разработка моделей транспорта и средств переработки сырья для спутников планет в рамках инженерного образования // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2018: сб. науч. тр. междунар. конф. – Украина, Днепр: НГУ, 2018. – С. 315–322.

10. Грабовский И.И. Эскизный проект стартово-посадочного комплекса лунного базирования // Гагаринские чтения – 2018: XLIV Междунар. молодеж. науч. конф.: сб. тез. докл. – Т. 3. – М.: Моск. авиац. ин-т (национальный исследовательский университет), 2018. – С. 53–54.



# ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ – МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЙ В КОМПАС-3D

**Дербенева Ольга Львовна**

Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС», Москва

Предложена методика построений линии пересечения поверхностей в КОМПАС-3D, при которой на проекциях отображаются все линии невидимого контура: линии пересечения и линии от двух заданных поверхностей.

**Ключевые слова:** КОМПАС-3D, деталь, новое тело, булева операция, пересечение, параметры команды, компоненты.

## THE INTERSECTION OF SURFACES – THE METHOD OF CONSTRUCTION IN KOMPAS 3D

**Derbeneva Olga Lvovna**

National University of Science and Technology

A method for constructing the line of intersection of surfaces in KOMPAS 3D is proposed, in which all the lines of an invisible contour are displayed on the projections: the lines of intersection and the lines from two specified surfaces.

**Keywords:** Kompas 3D, Detail, New body, Boolean operation, Intersection, Command parameters, Components.

В техническом вузе курс «Инженерная и компьютерная графика» обязательно содержит несколько графических заданий по определению линии пересечения поверхностей.

Графические методы построения линии пересечения поверхностей при помощи циркуля и линейки объясняются на практических или лекционных занятиях. Здесь все, как обычно.

Для КОМПАС-3D по этой теме предусмотрено проведение лабораторной работы.

В уроках на YouTube и в примерах для КОМПАС-3D для определения линии пересечения поверхностей используют метод объединения тел с последующим выводом полученной модели в чертеж.

При этом пропадают общие части пересекаемых тел, и, как следствие, в чертеже пропадают линии невидимого контура общих частей пересекаемых тел (рис. 1).

Этого можно избежать, применив другую методику построений. Для этого после построения первого тела, например, четверти сферы,

как в этом примере, в этом же файле создать второе тело – цилиндр. Для этого сначала командой ЭСКИЗ построить контур для выдавливания второго тела (рис. 2).

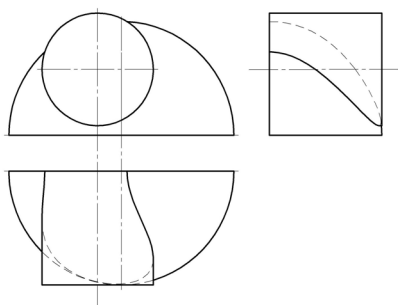


Рис. 1. Линия пересечения четверти сферы с цилиндром. Объединение тел

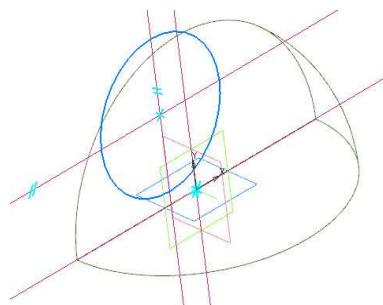


Рис. 2. Эскиз для создания второго тела – цилиндра – выдавливанием

В параметрах команды ВЫДАВЛИВАНИЕ настроить опцию НОВОЕ ТЕЛО. Итак, в файле, созданном в шаблоне ДЕТАЛЬ, стало 2 тела. Следует сохранить файл как «2 тела». Потом сохранить этот же файл, но с другим именем, допустим, «Пересечение». Открыть файл «Пересечение» и применить к телам булеву операцию и в параметрах настройки команды выбрать опцию ПЕРЕСЕЧЕНИЕ.

В результате на экране останется одно тело, полученное пересечением двух тел данного примера: четверти сферы и цилиндра.

Создать файл по шаблону СБОРКА и добавить компоненты с привязкой к началу координат: сначала компоненты из файла «2 тела», затем – из файла «Пересечение». Всего в файле будет 3 тела (рис. 3).

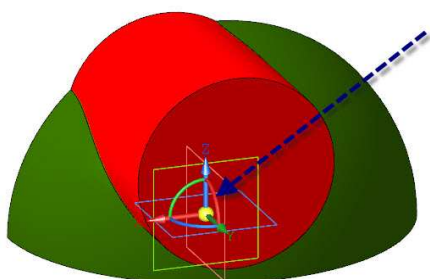


Рис. 3. Добавление компонентов в сборку с привязкой к началу координат

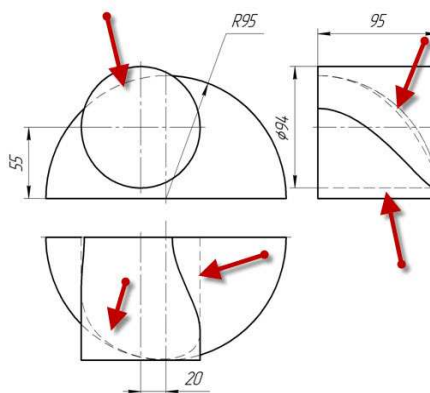


Рис. 4. Результат построений линии пересечения цилиндра со сферой

Настроить ориентацию направления главного вида. Сохранить файл сборки как «*Линия пересечения*». Создать файл по шаблону ЧЕРТЕЖ и вставить СТАДАРТНЫЕ ВИДЫ С МОДЕЛИ из файла «*Линия пересечения*», настроив параметры команды: *показывать невидимые линии*. В результате в чертеже (рис. 4) будут отображаться все линии невидимого контура: линии пересечения и линии от двух заданных поверхностей.

### Список литературы

1. Зиновьев Д.А. Основы проектирования в КОМПАС-3D. – М.: ДМК–Пресс, 2019. – 232 с.
2. Пересечение поверхностей тел вращения в КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HVkCWEuJK28> (дата обращения: 03.03.2019).

# МОТИВАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОВЫШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

**Дмитриева Ильзина Михайловна**

Мытищинский филиал Московского государственного технического  
университета им. Н.Э. Баумана, Москва

**Иванов Геннадий Сергеевич**

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Москва

Повышение уровня геометрической подготовки студентов технических вузов в современных условиях интеграции общетехнических и специальных дисциплин (объединения их кафедр) возможно: при выявлении межпредметных связей начертательной геометрии и смежных разделов высшей математики; рациональном сочетании графических и аналитических способов решения геометрических задач; трансформировании в конечном итоге учебного курса начертательной геометрии в прикладную дисциплину «Инженерная геометрия».

**Ключевые слова:** инженерная геометрия, касательная плоскость, линии кривизны, фрезерная обработка.

## THE MOTIVATIONAL COMPONENT OF IMPROVING GEOMETRY SKILLS OF STUDENTS THE TECHNICAL UNIVERSITY

**Dmitrieva Ilzina Michaylovna**

Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University

**Ivanov Gennady Sergeevich**

Bauman Moscow State Technical University

Improving the geometric training of students of technical universities in modern conditions of integration of General technical and special disciplines (Association of their departments) is possible: – when you identify the interdisciplinary connections of descriptive geometry and related topics of mathematics; – rational combination of graphic and analytical methods for solving geometric problems; – in the end the transformation of the course of descriptive geometry in the applied discipline “Engineering geometry”.

**Keywords:** engineering geometry, tangent plane, the lines of curvature, milling.

Одним из способов достижения сформулированной цели наряду с множеством других является обеспечение профессиональной мотивации будущих инженеров.

В основе мотивации лежит понимание студентом необходимости и полезности знаний, полученных при изучении того или иного предмета в его будущей профессии. Поэтому преподавателю в начале изучения любого раздела курса необходимо довести до студентов его прикладное значение. Обоснование прикладного значения таких разделов курса, как развертки (изготовление изделий из листового материала в различных отраслях машиностроения, швейной и обувной промышленности и т.д.), аксонометрия (как база 3D-моделирования) и некоторых других, не вызывает проблем. Но есть разделы курса, прикладное значение которых малоизвестно даже преподавателям, например, линии наибольшего наклона поверхностей (градиентный метод, метод наискорейшего спуска). В многомерном варианте они используются при решении оптимизационных задач. Мы же учим студентов строить только линии наибольшего наклона плоскости для построения угла ее наклона к плоскости проекций. Даже не «заикаемся» о построении этих линий на поверхностях в трехмерном пространстве. А ведь они лежат в основе алгоритмов решения прикладных задач прокладки осей железных и автомобильных дорог, проектирования спортивных сооружений (трасс в горнолыжном спорте, санных и бобслейных трасс) и т.д.

В данной статье в качестве конкретного примера использования материала темы «Касательная плоскость и нормаль» рассмотрены геометрические вопросы программирования фрезерной обработки поверхности  $\Phi$  объемной оснастки по материалам нашей статьи [4]. Как известно [2], вид двойной точки сечения поверхности  $\Phi$  касательной плоскостью  $\tau$  характеризует кривизну поверхности в окрестности точки касания.

Для наглядного представления полной картины распределения кривизн нормальных сечений строится индикатрисса Дюпена (рис. 1).

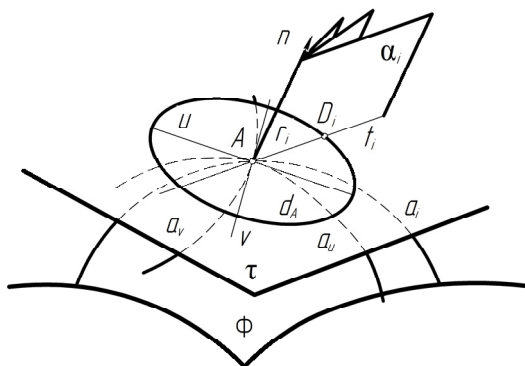


Рис. 1. Индикатрисса Дюпена

В исследуемой точке  $A$  поверхности  $\Phi$  строятся касательная плоскость  $\tau$ , нормаль  $n$  и нормальное сечение  $(ai)$  поверхности  $\Phi$  пучком плоскостей  $n(ai)$ . Этот пучок плоскостей пересекает касательную плоскость  $\tau$  по пучку касательных  $A(ti)$ , проведенных к нормальным сечениям  $(ai)$ . Вычисленные значения радиусов  $ri = ADi$  кривизн сечений  $ai$  откладываются от точки  $A$  на касательных  $ti$  в обе стороны. Множество точек  $Di$  образует кривую второго порядка (индикатрису Дюпена  $dA$ ).

Известно [2], что для точки  $A$  кривая  $dA$  будет:

- эллипсом, если поверхность  $\Phi$  является выпуклой;
- двумя гиперболами с общими асимптотами, если  $\Phi$  – вогнутая;
- двумя совпавшими прямыми, если  $\Phi$  в точке  $A$  имеет нулевую кривизну.

Оси  $u$ ,  $v$  и индикатрисса Дюпена определяют главные направления на поверхности  $\Phi$  в точке  $A$ . В этих направлениях поверхность имеет минимальное значение кривизны  $k_{\min}(r_{\max})$  и максимальное значение кривизны  $k_{\max}(r_{\min})$ , так как  $k_{\min} = 1/r_{\max}$ ,  $k_{\max} = 1/r_{\min}$ .

Приведенные выше сведения из дифференциальной геометрии необходимы при решении ряда инженерных задач проектирования, расчета и воспроизведения технических поверхностей. В контексте темы статьи кратко остановимся на использовании линий кривизны для программирования фрезерной обработки поверхностей объемной оснастки. Понимание студентами даже одной достаточно узкой области применения материала изучаемой темы должно способствовать повышению их учебной и профессиональной мотивации.

При программировании обработки поверхностей объемной оснастки на станках с ЧПУ решается геометрическая задача построения траектории движения торцевой фрезы [5]. Зная геометрию обрабатываемой поверхности, необходимо определить значение диаметра  $d$  фрезы и параметры траектории ее движения для обеспечения максимальной площади поверхности обработки за один проход с заданной точностью. Точность принято задавать значением  $s$  стрелки прогиба (рис. 2). Она определяет ширину  $l_i$  полосы обработки в плоскости  $\alpha_i$  нормального сечения  $a_i$ . Очевидно, значение  $l_i$  будет максимальным в плоскости  $\alpha_u$ , проходящей через главное направление  $u$  с максимальным значением радиуса  $r_{\max}$  кривизны сечения  $a_u$ . Таким образом, максимальная площадь обработки за один проход будет обеспечена, если фреза перемещается по линии кривизны. Поэтому, зная закон изменения ширины  $l_i$  полосы обработки по ее длине, можно рассчитать оптимальное значение

диаметра  $d$  фрезы. Следует отметить, что значение  $l_i$  в случае выпуклой поверхности объемной оснастки зависит только от значения  $s$  стрелки прогиба (рис. 2, *a*). В случае вогнутой поверхности при расчете значения  $l_i$  необходимо исключить возможность подреза (на рис. 2, *b* – заштрихованная область). Поэтому задача определения оптимального значения диаметра  $d$  фрезы усложняется.

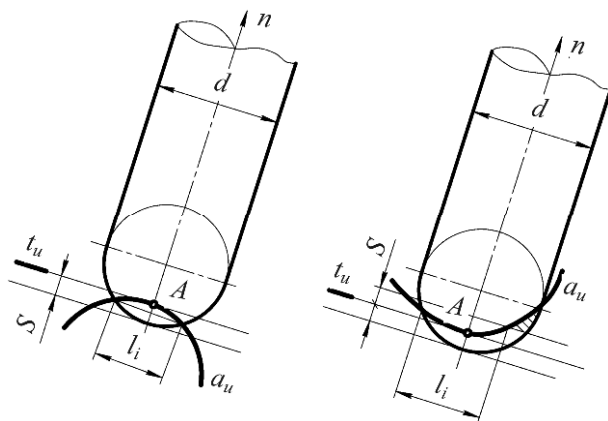


Рис. 2. Определение значения диаметра  $d$  фрезы и параметров траектории ее движения

В заключение отметим, что область применения касательных плоскостей и нормалей обширна. Поэтому есть возможность подобрать соответствующие примеры приложений почти по любому направлению подготовки специалистов. Показанные межпредметные связи начертательной геометрии с дифференциальной геометрией и некоторыми разделами курса математического анализа дают основание говорить о начертательной геометрии как о прикладной дисциплине и, как следствие, о реальных возможностях ее трансформирования в курс инженерной геометрии как составную часть курса математического моделирования.

Представляется, что в условиях намечающейся тенденции поглощения кафедр инженерной графики выпускающими, мотивация к повышению уровня геометрической подготовки актуальна не только для студентов, но и для преподавателей кафедр инженерной графики.

Выпускающие кафедры справедливо считают, что следует учить студентов инженерной и компьютерной графике на их изделиях, а не на традиционных вентилях, тисках и т.д. Очевидно, что в этом деле их преподавательский и инженерный состав вполне конкурентоспособен по отношению к преподавателям кафедр графики. Некоторые трудности

у них могут возникнуть лишь в преподавании начертательной геометрии. При современном уровне преподавания начертательной геометрии в большинстве вузов страны ориентация кафедр лишь на обеспечение курса инженерной графики делает проблематичным вопрос существования кафедр графики в виде отдельных структурных единиц.

Поэтому еще раз отметим, что, по нашему мнению, преодоление этой тенденции возможно трансформацией начертательной геометрии в инженерную за счет расширения ее реальных возможностей в решении прикладных задач. Это подтверждается результатами исследований, выполненных за последние 50–60 лет в рамках специальности 05.01.01 «Инженерная геометрия и компьютерная графика».

### Список литературы

1. Элементы математизации теоретических основ начертательной геометрии / В.Я. Волков, В.Ю. Юрков, К.Л. Панчук, Н.В. Кайгородцева // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3, № 1. – С. 3–15.

2. Выгодский М.Я. Дифференциальная геометрия. – М.-Л.: Гос. изд-во техн.-теор. лит-ры, 1949. – 512 с.

3. Дмитриева И.М., Иванов Г.С. О профессиональных компетенциях в преподавании начертательной геометрии // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Т. 1. – С. 237–242.

4. Дмитриева И.М., Иванов Г.С. Компетентностный подход преподавания темы «Касательная плоскость и нормаль» // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 47–53. DOI: 10.12737/article\_5c21f80e2925c6.80568562

5. Иванов Г.С. Обоснование выбора рациональной траектории движения инструмента по поверхности // Автоматизация проектирования машиностроительных предприятий: тез. докл. – Киев, 1981. – С. 72.

6. Иванов Г.С. Предыстория и предпосылки трансформации начертательной геометрии в инженерную // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, № 2. – С. 29–36. DOI: 10.12737/19830

7. Москаленко В.О., Иванов Г.С., Муравьев К.А. Как обеспечить общегеометрическую подготовку студентов технических университетов [Электронный ресурс] // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 8. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/445140.html>.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СКРЕЩИВАЮЩИМИСЯ ПРЯМЫМИ

**Карбчевский Виталий Владиславович**

Донецкий национальный технический университет, Донецк

Рассмотрено совместное использование методов начертательной геометрии и инструментов трехмерного геометрического моделирования для определения расстояния между скрещивающимися прямыми. Описаны средства перехода от комплексного чертежа к трехмерной модели. Обосновано применение разработанных методов и средств в учебном процессе.

**Ключевые слова:** начертательная геометрия, трехмерная модель, расстояние между скрещивающимися прямыми.

## USING OF 3D-MODELING TOOLS AND DESCRIPTIVE GEOMETRY METHODS FOR FINDING OF DISTANCE BETWEEN INTERCROSS LINES

**Karabchevsky Vitaliy Vladislavovich**

Donetsk National Technical University

The joint using of 3D-modeling tools and descriptive geometry methods for finding of distance between intercross lines is reviewed. The tools of transformation from 2D drawing to 3D model are described. The applying of developed methods and tools in teaching is justified.

**Keywords:** descriptive geometry, three-dimensional model, distance between intercross lines.

Известно, что для определения расстояния между скрещивающимися прямыми применяется два основных способа. При общем положении исследуемых прямых следует построить прямую, проходящую через произвольную точку одной из прямых и параллельную другой прямой. Опустив перпендикуляр из произвольной точки другой прямой на заданную пересекающимися прямыми плоскость и отыскав точку пересечения перпендикуляра с плоскостью, получим отрезок, длина которого и представляет собой искомое расстояние.

Второй способ состоит в приведении одной из прямых в проецирующее положение. В общем случае для этого нужны две замены плоскостей. Тогда расстояние между прямыми будет равно длине перпенди-

куляра, опущенного из точки, представляющей проекцию такой прямой, на другую прямую.

Первый способ более нагляден, если перейти к трехмерному представлению исследуемых объектов, с его применением была получена иллюстрация, использованная в [1] и некоторых других публикациях, однако в рамках курса «Компьютерная графика» автор требовал от студентов решать задачи с помощью AutoCAD вторым способом, упомянутая иллюстрация показывалась на лекциях с некоторыми пояснениями.

Было принято решение перейти к выполнению работы в трехмерном представлении, как это было сделано для задач на сечение поверхностей и некоторых других метрических задач [2–4].

По условию, нужно найти расстояние между скрещивающимися прямыми  $m$  и  $n$ . Прямые задаются отрезками, координаты концов отрезков содержатся в таблице. На первом этапе студенты выполняют построение, соответствующее левой части рис. 1. Линии связи между точками должны состоять из двух частей (фронтальной и горизонтальной), чтобы обеспечить возможность перехода к трехмерному представлению. В правой части рис. 1 построены проекции прямой  $k$ , параллельной прямой  $n$  и проходящей через произвольную точку прямой  $m$ , точку назовем  $A$ .

Далее с помощью команды Rotate3D проекции объектов на фронтальную плоскость разворачиваются вокруг оси  $X$  на  $90^\circ$ , разворачиваются и объекты, обозначающие ось  $Z$  (рис. 2).

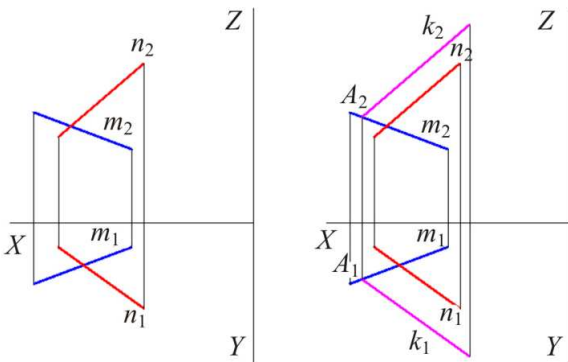


Рис. 1. Построение прямой  $k$

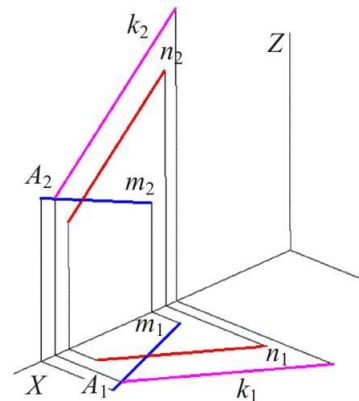


Рис. 2. Поворот вокруг оси  $x$

После этого нужно построить трехмерные модели прямых  $m$ ,  $n$  и  $k$ . Для этого фронтальные части линий связи, заданные отрезками, копи-

руются с переносом одного из концов на горизонтальную плоскость, второй конец будет задавать точку в системе  $XYZ$ , заданной на рис. 2. Таким образом, будет получена модель, представленная на рис. 3. Для повышения наглядности изображения куска плоскости, определенной пересекающимися прямыми  $m$  и  $k$ , построен отрезок, соединяющий концы отрезков, задающих эти прямые. На основе полученного треугольника строится трехмерная грань (с помощью команды 3Dface), на рис. 3 она имеет цвет суап и непрозрачна при выбранном визуальном стиле. Построены также линии связи между конечными точками отрезков в трехмерной модели и их фронтальными проекциями. Для решения задачи они не нужны, но для понимания модели обучаемыми, полагаем, полезны.

На рис. 4 приведены результаты решения задачи. Нужно из произвольной точки прямой  $n$  опустить перпендикуляр на плоскость  $mk$ . В качестве такой точки используем середину отрезка, задающего  $n$ , назовем ее  $B$ .

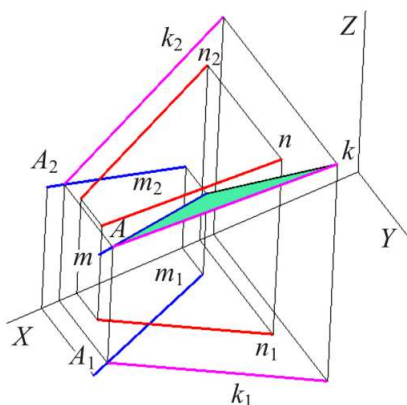


Рис. 3. Трехмерная модель плоскости  $mk$  и прямой  $n$

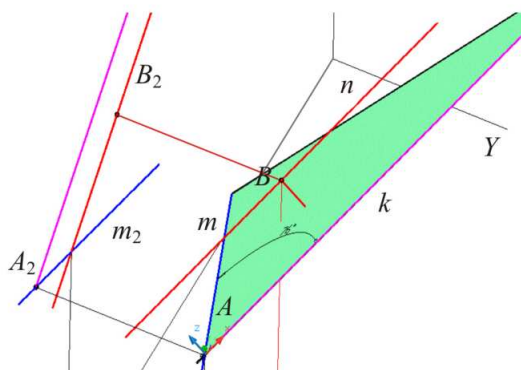


Рис. 4. Перпендикуляр из точки  $B$  на плоскость  $mk$

При решении задачи на плоском листе комплексного чертежа для отыскания направления перпендикуляра пришлось бы использовать свойства проекций прямого угла, строить фронталь и горизонталь плоскости, искать точку пересечения перпендикуляра с плоскостью способом сечения, пришлось бы еще определять длину перпендикуляра, заданного проекциями. С использованием трехмерной модели задача решается проще. Следует перейти к системе координат, горизонтальная плоскость которой совпадает с плоскостью  $mk$ . Для этого можно использовать команду UCS с опцией 3point.

Принимая во внимание, что искомый перпендикуляр будет представлять собой отрезок, начальная точка которого совпадает с точкой  $B$ , а конечная имеет координаты  $x$  и  $y$ , совпадающие с одноименными координатами точки  $B$ , и координату  $z$ , равную 0, применим команду Line с координатным фильтром.ху.

Command: Line Specify first point: <указываем точку B>

Specify next point or [Undo]:.ху

of <указываем точку B> (need z): 0

В результате будет построен отрезок, перпендикулярный плоскости  $mk$ , длина которого определяет расстояние между скрещивающимися прямыми. Можно найти и угол скрещения между  $m$  и  $n$ , он равен углу пересечения между  $m$  и  $k$ . В ходе решения задачи и по его окончании можно использовать инструмент 3Dorbit, зуммирование и другие видовые операции, что позволяет хорошо представлять положение исследуемых объектов в пространстве и сознательно осваивать изучаемый геометрический алгоритм.

Практика показала, что при решении задачи вышеприведенным способом студенты делают меньше ошибок, чем при решении способом замены плоскостей, а ассистентам легче принимать лабораторные работы.

Таким образом, сделан очередной шаг от курса, который в середине 90-х годов прошлого века назывался «Инженерная и компьютерная графика» и по содержанию представлял собой компьютерную начертательную геометрию к курсу с названием «Компьютерная графика», содержание которого может быть охарактеризовано как решение базовых геометрических задач с применением отдельных методов начертательной геометрии и инструментов трехмерного геометрического моделирования. Разумеется, что этим предметом графическая подготовка студентов направлений 09.03 (04).02 («Информационные системы и технологии»), 09.03 (04).04 («Программная инженерия») и 02.03 (04).01 («Математика и компьютерные науки») не ограничивается. На старших курсах они осваивают еще несколько предметов, предусматривающих изучение алгоритмов геометрического моделирования, использования и разработки средств компьютерной графики [5].

Возникает вопрос: нужны ли элементы начертательной геометрии в упомянутом курсе? Приведенный пример и задачи, кратко рассмотренные в [2–4], показывают их полезность и, в ряде случаев, необходимость. Можно ли применять термин «начертательная геометрия» в тех

случаях, когда не применяется ручное черчение? Можно, ведь начертательная геометрия есть наука об изображениях, проекции геометрических моделей на экран компьютера таковыми являются.

### Список литературы

1. Карабчевский В.В. Методы компьютерной геометрии. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», Технопарк ДонНТУ «УНИТЕХ», 2010. – 179 с.

2. Карабчевский В.В. Компьютерные технологии преподавания графических дисциплин для специалистов по разработке программного обеспечения // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Технічна естетика і дизайн». – К.: КНУБА, 2012. – № 89. – С. 171–174.

3. Карабчевский В.В. Трехмерное моделирование при решении позиционных и метрических задач в учебном процессе // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці. – Таврійський державний агро-технологічний університет – Вип. 4, т. 56. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – С. 176–186.

4. Карабчевский В.В. Опыт разработки и применения компьютерных технологий преподавания графических дисциплин // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VII науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – С. 251–258.

5. Карабчевский В.В. Компьютерные технологии непрерывной графической подготовки студентов IT-направлений // Проблемы координации работы технических вузов в области повышения качества инженерно-графической подготовки студентов: материалы науч.-метод. конф. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2018. – С. 33–40.

## **ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА» МГТУ «СТАНКИН»**

**Локтев Михаил Александрович,  
Толок Алексей Вячеславович**

Московский государственный технологический  
университет «СТАНКИН», Москва

Рассматривается вариант организации магистратуры по профилю «Инженерная геометрия и компьютерная графика» в рамках специальности 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника». Обосновывается необходимость подготовки специалистов данного направления. Описывается существующий опыт создания подобной магистратуры в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете. Перечислены основные дисциплины, приведено их описание. Представлены заинтересованные в выпускниках данного направления компании.

**Ключевые слова:** магистратура, аспирантура, инженерная геометрия.

## **MASTER'S DEGREE PROFILE «ENGINEERING GEOMETRY AND COMPUTER GRAPHICS MSTU «STANKIN»**

**Loktev Mikhail Aleksandrovich,  
Tolok Alexey Vyacheslavovich**

Moscow State Technological University “STANKIN”

In article is considered the organizations of a magistracy of “Engineering geometry and computer graphics”. The need for training specialists in this specialty is given. The existing experience of creating such a master's degree in Nizhny Novgorod State University of Architecture, Building and Civil Engineering is described. The main disciplines and their description are listed. The interested companies in graduates of this direction are presented.

**Keywords:** master's Degree, postgraduate study, engineering geometry, computer graphics.

Подготовка научных кадров по большинству специальностей имеет полный комплект необходимых дисциплин, распределенных по базовой и вариативной части бакалавриата, а также магистратуры, что является вполне естественным. В случае специальности 05.01.01 «Инженерная геометрия и компьютерная графика» наблюдается неукомплектованность необходимыми дисциплинами базовой подготовки. По инженерной геометрии основными предметами до сих пор являются лишь начертательная геометрия и инженерная графика, которая в последнее время получила компьютерную платформу для проектирования.

Работа кафедр инженерной графики с обучаемым контингентом ограничивается первыми двумя, а реже – тремя курсами бакалавриата, а затем студент уходит на вариативное обучение выпускающих кафедр.

В результате закрепление молодых специалистов за кафедрой (выходцев собственной школы) сводится к абсолютному нулю. В такой ситуации кафедры инженерной графики приходят в упадок или пополняются случайно приходящими производственниками, что постепенно разрушает научно-методический баланс коллектива.

В связи с этим предлагается рассмотреть возможность включить в общий цикл подготовки инженеров-исследователей вторую ступень обучения в магистратуре, направленной на базовую подготовку обучающихся по профилю «Инженерная геометрия и компьютерная графика». Данный профиль должен повысить интерес у студентов и провести компетентную подготовку для поступления в аспирантуру по этой специальности.

С 2016 г. в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете (ННГАСУ) разработана первая программа по обучению магистров профилю «Инженерная геометрия и компьютерная графика» с целью подготовки в аспирантуру этого направления. Кафедра инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования ННГАСУ, возглавляемая профессором Сергеем Игоревичем Ротковым, безусловно, является одним из лидеров в этом направлении. За этой кафедрой, на которой работают 5 докторов наук по направлению 05.01.01, закреплён диссертационный совет по нашей специальности. Совершенно очевидно, что именно здесь впервые возникает идея по устранению недостатков подготовки геометров. В учебный план представленного профиля вошли такие профилирующие дисциплины, как:

1. Компьютерная графика и визуализация.
2. Алгоритмы и теория сложности.
3. Виртуальные системы и компьютерная графика.
4. Средства создания графических веб-приложений.
5. Дискретные структуры.
6. Вычислительная математика и численные методы в компьютерной визуализации.

Идею создания магистратуры по геометрическому профилю поддержала кафедра инженерной графики МГТУ «СТАНКИН». Осенью 2018 года была набрана первая учебная группа из 10 студентов, которая вошла в общий поток специальности 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

### **Базовые дисциплины**

Базовые дисциплины читаются кафедрами института информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН» и входят в общий поток преподаваемых предметов соответствующей специальности. Выделим некоторые из них, которые заслуживают особого внимания.

### ◆ *Управление жизненным циклом изделий*

Данный курс направлен на формирование знаний об основных понятиях в области информационной поддержки производственной деятельности организации, а также технологии разработки компонент корпоративной информационной системы. Развиваются практические навыки использования возможностей современных инструментальных средств создания и поддержки корпоративных информационных систем.

### ◆ *Инфографика*

Построение визуально активной и корректно представленной цифровой информации для оперативной оценки ситуации охватывает широкий спектр приложений в задачах принятия решений. Инфографика способствует формированию у студентов навыков по созданию наглядных графических ресурсов для отображения большого объема информационных данных.

### ◆ *Управление проектами в сфере ИТ*

Помимо изучения научных, теоретических и методических основ системы управления проектами, магистрантам предстоит дать комплексное представление о современном управлении проектами и знания наиболее распространенных современных подходов к управлению проектами в сфере ИТ.

### ◆ *Математическое и компьютерное моделирование*

Применение математического аппарата в моделировании статических и динамических процессов позволяет внедрять компьютерный расчет в любую сферу деятельности человека. Данный курс направлен на изучение методов построения математических моделей и соответствующих алгоритмов.

### **Дисциплины по выбору**

Инженерная геометрия на базе компьютерной платформы получила развитие в новых дисциплинах, каждая из которых претендует на термин «инженерная геометрия», поскольку участвует в проектировании информационных приложений. Дисциплины по выбору ориентированны на студентов определенного профиля. Такие предметы преподаются в основном преподавателями выпускающей кафедры инженерной графики и внешними сотрудниками лаборатории «Компьютерная графика» Института проблем управления им. Трапезникова РАН. Рассмотрим их подробнее.

### ◆ *Начертательная геометрия (дополнительные главы)*

Дополнительные главы начертательной геометрии призваны способствовать углубленному изучению проекционных принципов геометрии, поиску взаимосвязи с аналитическим представлением и примене-



нию систем автоматизированного проектирования для моделирования сложных геометрических форм.

◆ ***Компьютерная геометрия и графика (дополнительные главы)***

Этот предмет предполагает предварительную бакалаврскую подготовку обучаемого к дисциплине «Компьютерная геометрия и графика», нацеленной на освоение математического аппарата базовых алгоритмов компьютерной графики. Дополнительные главы рассматривают присутствующие в общем доступе профессиональные средства программирования компьютерной геометрии (библиотека OpenGL). Осуществляется подготовка квалифицированных специалистов в программировании средств визуализации.

◆ ***Основы вычислительной геометрии***

Излагается теория построения геометрических алгоритмов для построения задач локализации решения последовательным перебором, количественной оценки таких алгоритмов для выбора оптимального решения. Умение создавать программные приложения для конкретных прикладных задач, связанных с геометрической постановкой.

◆ ***Локальная компьютерная геометрия***

Одним из значимых процессов в современных графических технологиях является внедрение воксельных графических структур в компьютерное моделирование. Локальная геометрия является теоретической основой построения воксельных геометрических моделей.

◆ ***Основы построения графического ядра***

Рассматриваются принципы организации, унифицированной вычислительной графической платформы для реализации систем визуализации, проектирования и управления, составляющих современную основу в IT-технологиях.

В специалистах подобного профиля заинтересованы ведущие компании – разработчики программных продуктов, связанных с визуализацией. МГТУ «СТАНКИН» подписано соглашение о сотрудничестве с компанией АСКОН – разработчиком программных продуктов для машиностроения и инжиниринга (КОМПАС-3D и ядро геометрического моделирования С3D). Ведутся переговоры с руководством «ТОП-системы» (TFlex) на предмет организации производственных практик и подготовки потенциальных сотрудников. Тематика направлений исследований, как правило, ориентирована на продолжение работы в аспирантуре.

Хотелось бы отметить всю важность решения подобного вопроса и разработки единой концепции для подготовки специалистов нашего геометрического профиля.

# ЭСКИЗ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ И СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФОРМ

**Маркова Татьяна Владимировна**

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,  
Санкт-Петербург

Показана необходимость теоретической подготовки при изучении графических дисциплин. Отмечено особое значение знания начертательной геометрии для разработки эскиза. Описана методика формирования навыков анализа формы и построения изображений технического изделия.

**Ключевые слова:** инженерная и компьютерная графика, начертательная геометрия, эскиз.

## KETCH AS EVALUATION CRITERION AND MEANS OF FORMATION OF SKILLS OF THE ANALYSIS AND SYNTHESIS OF SPATIAL FORMS

**Markova Tatiana Vladimirovna**

St. Petersburg State Polytechnic University

The necessity of theoretical training in the study of graphic disciplines is shown. The special importance of the knowledge of descriptive geometry for the development of a sketch is noted. The technique of formation of skills of the analysis of a form and creation of images of a technical product is described.

**Keywords:** engineering and computer graphics, descriptive geometry, sketch.

Дискуссии о судьбе комплекса дисциплин графического цикла не утихают много лет. При этом изменения в рабочих программах уже произошли или происходят повсеместно: активно используются и изучаются компьютерные технологии разработки конструкторской документации. Это необходимо, и это признают все. Камнем преткновения остается начертательная геометрия. Нужна ли она как учебная дисциплина? Зачем нужна начертательная геометрия студентам технических вузов? Такие вопросы задают как сторонники, так и противники дисциплины.

Ответ может быть простым: чтобы не было неграмотных эскизов (рис. 1, *a*), 3D-моделей (рис. 1, *б*) и ассоциативных чертежей, построенных по модели (рис. 1, *в*).

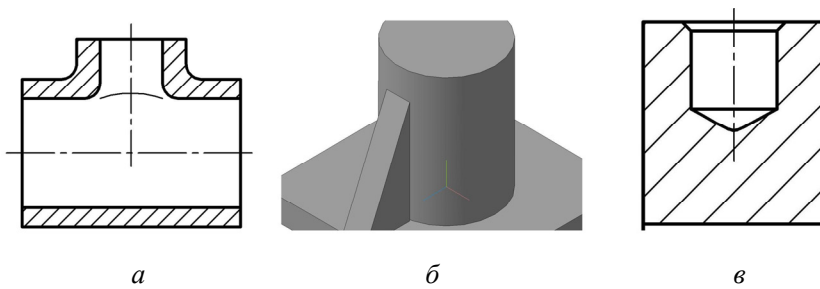


Рис. 1. Примеры эскиза (а), 3D-модели (б) и чертежа (в)

На рис. 1 приведены совсем простые примеры из практики. Но допущенные в них ошибки вовсе не очевидны, как это может показаться преподавателям начертательной геометрии. Примеры демонстрируют, как незнание теории дисциплины влияет на качество конструкторских документов. Любых документов! В том числе 3D-модели детали и чертежа, полученного с помощью модели. Ведь чтобы выбрать оптимальный алгоритм создания модели, нужно знать теорию формообразования. Чтобы оценить правильность модели, нужно не просто представлять ее заранее, но и уметь анализировать результат во всех нюансах. Если модель создается по чертежу, нужно «прочитать» чертеж, понять форму по изображению. При этом вопрос: «Как построить эту линию в 3D?», – указывая на кривую, которая является линией пересечения поверхностей, периодически задают даже студенты, изучавшие начертательную геометрию. Что говорить о других? И как отвечать на подобные вопросы этим другим? А ведь часто именно характер проекции линии пересечения поверхностей на чертеже позволяет однозначно определить форму. Даже в упрощенных учебных заданиях можно найти немало примеров (рис. 2). Чтобы создать чертеж детали по ее 3D-модели, нужно иметь представление о проекционной связи. Чтобы выполнить разрез на чертеже, ассоциативно связанном с моделью, необходимо понимать, как и где нужно указать положение секущей плоскости. Чтобы проконтролировать правильность изображения (вида или разреза), нужно представлять, что должно было получиться. А далее, чтобы понять, где допущена ошибка (в модели или при построении разреза, как, например, на рис. 1, в), опять нужны знания начертательной геометрии. Еще очевиднее необходимость этих знаний при выполнении эскизов или чертежей средствами 2D-инструментов САПР. Для проверки сказанного можно предложить сомневающимся выполнить эскизно два вида детали, представленной на рис. 3. Деталь очень простая и понятная, но вряд ли правильное изображение получится у человека, не изучавшего начертательную геометрию.

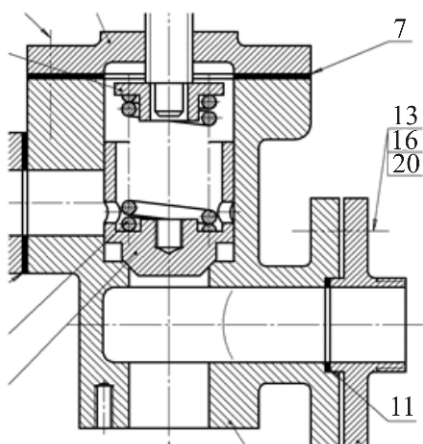


Рис. 2. Примеры чертежа

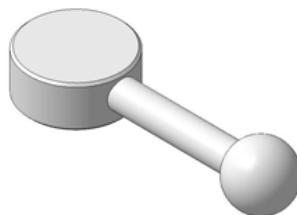


Рис. 3. Деталь

Предвижу возражения и даже соглашусь с некоторыми из них. Да, действительно, человек, владеющий в совершенстве программой 3D-моделирования, вряд ли допустит ошибки, подобные показанным на рис. 1, б, в. Да, действительно, разработка чертежа сейчас предполагает использование твердотельной модели, и линии пересечения поверхностей, в случае правильно построенной модели, получатся на ассоциативном чертеже правильными. Но обратим внимание, что все сказанное верно именно для опытных и грамотных пользователей САПР. В учебном процессе подготовка такого пользователя требует знания теории начертательной геометрии. Вспоминая об эскизах, часто говорят, что понятие эскиза сейчас расширено, и 3D-модель тоже может являться эскизом. Да, это так. Но умение выполнять изображения на бумаге от руки, ортогональные или аксонометрические проекции, «скетчи», как это называют в западных компаниях, остается востребованным в современном производстве, несмотря на бурно развивающиеся компьютерные технологии.

Таким образом, можно утверждать, что, даже если не рассматривать сложные вопросы многомерной геометрии и т.п., а поставить простую цель научить будущего инженера анализировать форму и изображения технического объекта для чтения и разработки конструкторских документов, начертательная геометрия необходима. Критерием оценки сформированности компетенций в этом случае может служить умение выполнять эскиз технического объекта. Ведь чтоб выполнить изображение верно, необходимо проанализировать форму, определить поверхности, ограничивающие деталь, выделить пары пересекающихся поверхностей, проанализировать характер их линий пересечения, выбрать на-

правление проецирования, задать поверхности на чертеже, определив контурные линии, проанализировать положение поверхностей относительно выбранных плоскостей проекций, характер проекций линий пересечения. Если выполняется разрез, то дополнительно необходимо определить положение секущей плоскости относительно плоскостей проекций и решить задачу о пересечении ее и поверхностей детали, определить форму плоского сечения, а также «увидеть», что находится за плоскостью сечения и при построении не забыть о линиях пересечения поверхностей отверстий и полостей. Иными словами, сформулировать и решить целый ряд задач начертательной геометрии.

Научиться видеть классические учебные задачи начертательной геометрии в практическом применении не так легко. В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого для обеспечения логического перехода от теории к практике студенты выполняют курсовую работу, результатом которой является оформленный в соответствии со стандартами ЕСКД чертеж объекта технического назначения, максимально приближенного к реальному изделию, сложность которого зависит от направления подготовки и выделенных на дисциплину часов. Примеры объектов показаны на рис. 4, а, б.

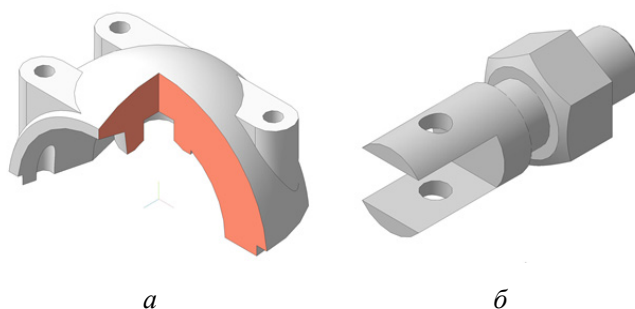


Рис. 4. Примеры объектов

Работа выполняется в первом семестре, в курсе начертательной геометрии. Выполняя ее, студенты знакомятся также с основными правилами разработки чертежа: изображениями на чертеже, обозначениями видов, разрезов, сечений, типами линий на чертеже, правилами заполнения основной надписи и технических требований, приемами работы с аксонометрическим изображением, правилами нанесения размеров на чертеже, связи размеров с формообразованием. Кроме того, для формирования навыков быстрого распознавания поверхностей и анализа линий их пересечения используется упражнение, для которого разработан

«банк» из 3D-моделей фигур и их наглядных плоских изображений. Примеры представлены на рис. 5. Фигуры содержат типовые элементы деталей машин (отверстия, пазы, фаски, лыски, ребра жесткости и т.п.), для правильного изображения которых требуется владение методами построения плоских проекционных моделей трехмерных объектов и решения позиционных задач.

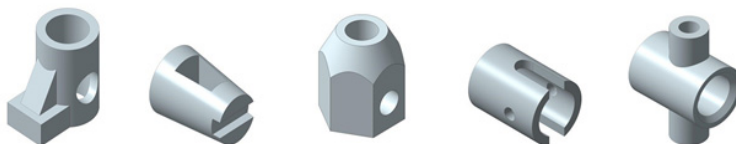


Рис. 5. Примеры типовых элементов

Студенту предлагается в глазомерном масштабе, сохраняя пропорции, выполнить:

- ♦ изображение фигуры в трех видах (главный, сверху и слева); в качестве главного вида выбирать изображение, дающее наиболее полное представление о форме детали, положение в пространстве сохранять;

- ♦ фронтальный и/или профильный, и/или горизонтальный разрез при наличии отверстий или пазов, разместив в свободном месте листа и обозначив согласно ГОСТ 2.305–2008 положение секущей плоскости; нанести штриховку;

- ♦ построение линии пересечения поверхностей, ограничивающих деталь, используя минимальное, но достаточное количество характерных точек;

- ♦ проекции точек обозначить буквами или цифрами, используя индексы соответствующих плоскостей проекций.

Также необходимо дать характеристику всех полученных линий пересечения и их проекций, обозначив их на всех изображениях.

Задание используется при защите курсовой работы. Комплект наглядных изображений (40 штук) доступен студентам, и они могут тренироваться, готовясь к защите, а в более общем смысле – учиться анализировать пространственные формы и их плоские проекции. Таким образом, этот «открытый банк» в совокупности с заданием является своеобразным тренажером для формирования навыков эскизирования деталей машин, а также закрепления знаний, необходимых для разработки любых конструкторских документов любым способом. Для первых самостоятельных упражнений разработаны несколько заданий с за-

готовками чертежа. На рис. 6 даны примеры. Их можно использовать также для работы в аудитории под руководством преподавателя.

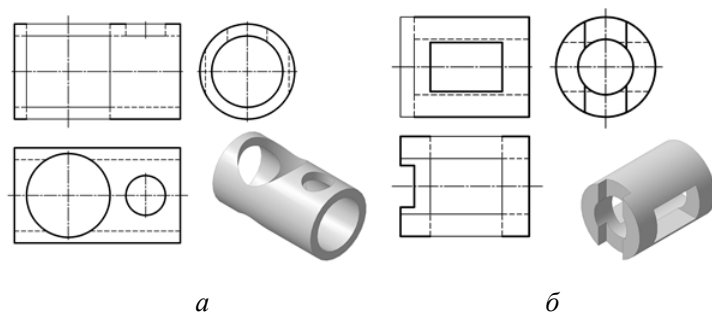


Рис. 6. Примеры заданий

Нужно признать, что круг решаемых здесь задач ограничен: в «банке» собраны фигуры, большинство поверхностей которых занимают проецирующее относительно какой-либо плоскости проекций положение. Однако при разработке чертежа деталь, как правило, располагают именно так: чтобы как можно больше ее поверхностей были проецирующими. Это упрощает не только построения, но и восприятие изображений, позволяет нанести размеры и другие необходимые обозначения. Поэтому приобретаемые навыки особенно востребованы.

Задание не простое для студентов и требует подготовки. Тем не менее большинство из них справляется. Примеры изображений, выполненных студентами, представлены на рис. 7. Здесь есть отдельные ошибки, но очевидно, что студенты понимают, что такое проекционная связь, могут найти проекции любой точки, принадлежащей фигуре, правильно задают поверхности, контурные линии фигуры, понимают характер линий пересечения поверхностей и умеют по отдельным характерным точкам верно построить проекции этих линий. Заметим, что это не чертеж детали, и цели научить оформлять чертеж в данном задании не ставилось.

Для оценки эффективности обучения с использованием тренажера было проведено тестирование студентов, где предлагалось несколько вопросов с необходимостью выбора правильно выполненных проекций фигур, подобных приведенным выше. Подробное описание задач теста и результатов приведено в статьях автора [1, 2].

В заключение хочется заметить, что работа над эскизом, особенно если деталь можно подержать в руках, не менее интересна студентам, чем разработка 3D-модели. Возможно и успешное совмещение этих видов

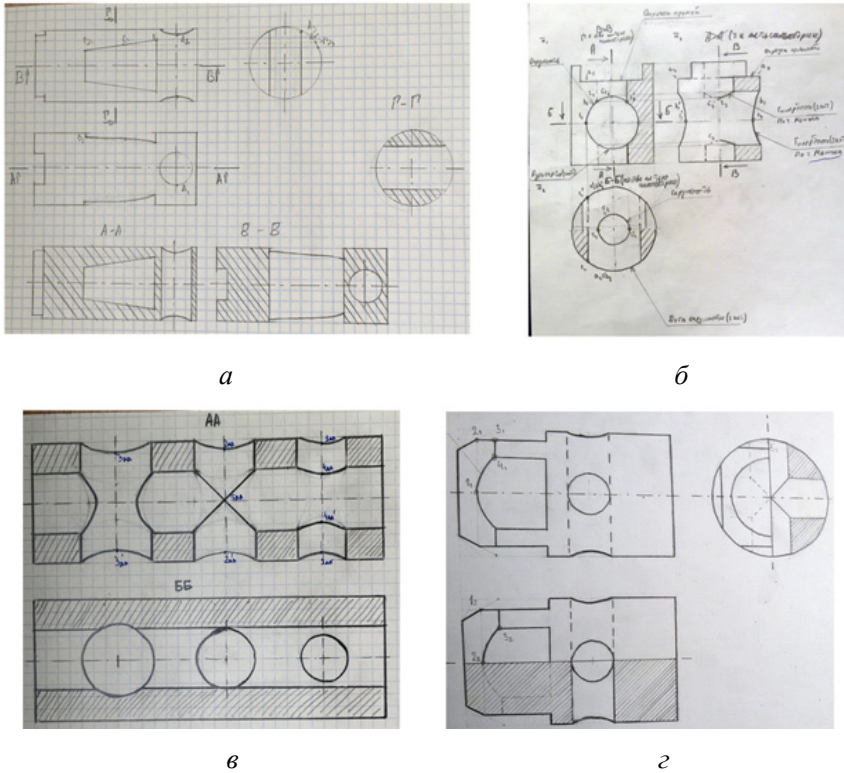


Рис. 7. Примеры изображений, выполненных студентами

учебной деятельности: они имеют общую теоретическую базу и, дополняя друг друга, дают прекрасные возможности реализовать теорию на практике, демонстрируют практическую значимость изучения начертательной геометрии. Поэтому представляется важным при любых изменениях рабочих программ дисциплин графического цикла, разработке нового интегрированного курса не допустить снижения уровня теоретической подготовки студентов.

### Список литературы

1. Маркова Т.В., Никитина Т.А. К вопросу формирования графической культуры студента технического вуза // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2018. – № 8. – С. 48–62.
2. Маркова Т.В., Никитина Т.А. Оценка сформированности навыков решения практико-направленных задач начертательной геометрии // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2018. – Т. 1. – С. 325–327.



## О ДОВУЗОВСКОЙ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ

**Опарина Елена Александровна**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь

Рассматриваются вопросы содержания школьного образования в области геометро-графической подготовки и причины существенных различий в уровне подготовленности студентов на начальном этапе.

**Ключевые слова:** общее образование, дополнительное образование, образовательные программы, инженерные классы и школы.

## ABOUT PRE-UNIVERSITY GEOMETRO-GRAPHIC TRAINING

**Oparina Elena Alexandrovna**

Perm National Research Polytechnic University

The article deals with the content of school education in the field of geometric-graphic training and the reasons for significant differences at the initial stage in the level of preparedness of students.

**Keywords:** general education, additional education, educational programs, engineering classes and schools.

Вопрос низкого уровня довузовской геометро-графической подготовки неоднократно обсуждался специалистами. Говорилось о том, что качество подготовки абитуриентов напрямую влияет на сферу высшего профессионального образования, а уровень школьной графической подготовки на начальном этапе обучения определяет успешность адаптации студентов в высшей технической школе [1].

Сталкиваясь уже на первом курсе с дисциплиной «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», многие студенты испытывают определенные трудности в освоении материала курса. Большинство из них причиной называют недостаточность школьного образования.

Рассмотрим предметы школьной программы обучения, которые закладывают основы для успешного освоения вузовского курса геометро-графического обучения.

В первую очередь, это геометрия. Стандарты ФГОС для среднего образования содержат следующие требования, относящиеся к предметным результатам освоения базового курса математики [2]:

◆ владение основными понятиями о плоских и пространственных геометрических фигурах, их основных свойствах;

◆ сформированность умения распознавать на чертежах, моделях и в реальном мире геометрические фигуры;

◆ применение изученных свойств геометрических фигур и формул для решения геометрических задач и задач с практическим содержанием.

Программа курса геометрии в 10–11 классах имеет содержание, представленное в таблице [3].

#### Программа курса геометрии в 10–11 классах

Содержание материала	Количество часов по программе
<b>10 класс</b>	
Некоторые сведения из планиметрии (повторение геометрии 9 класса)	8
Введение (Предмет стереометрии. Основные понятия и аксиомы стереометрии. Первые следствия из теорем)	3
Глава I. Параллельность прямых и плоскостей	16
Глава II. Перпендикулярность прямых и плоскостей	17
Глава III. Многогранники	14
Глава IV. Векторы в пространстве	6
Заключительное повторение курса геометрии 10 класса	6
<b>ИТОГО:</b>	<b>70</b>
<b>11 класс</b>	
Глава V. Метод координат в пространстве	15
Глава VI. Цилиндр, конус, шар	16
Глава VII. Объемы тел	17
Заключительное повторение	14
<b>ИТОГО:</b>	<b>62</b>

На первый взгляд кажется, что программа достаточна и студенты первого курса не должны испытывать трудностей при работе с геометрической информацией. Но всем известно, что формой проверки знаний является пресловутый Единый государственный экзамен, и школьники в первую очередь настраиваются на то, чтобы его успешно сдать.

Экзамен состоит из 12 заданий с кратким ответом, 7 номеров с развернутым ответом, из которых два последних олимпиадного уровня. Из 19 заданий 3 заявлено как задания по геометрии [4]. Два в первой части и один во второй. Средний проходной балл по математике 2018 году в ПНИПУ равен примерно 60 баллам, т.е. это 11 правильно решенных ответов первой части экзамена. Из них может быть только один вопрос по планиметрии. Сами школьные педагоги признают тот

факт, что можно успешно сдать экзамен на 68–72 балла, при этом не решив ни один из вопросов по геометрии. Как результат, мы наблюдаем, что наши студенты далеко не «блещут» знаниями в области геометрии.

Одно из требований ФГОС по овладению средствами и формами графического отображения объектов или процессов, правилами выполнения графической документации предъявляется к предмету «Технология» [5]. Здесь мы тоже наблюдаем определенные перекосы в образовании. Если в содержании образовательной программы для мальчиков есть такие разделы, как «Машины и механизмы. Графическое представление и моделирование», «Сборка моделей технологических машин из деталей конструктора по эскизам и чертежам», «Сборка моделей механических устройств автоматики по эскизам и чертежам», то девочки получают представление о чертежах, выполняя выкройки швейных изделий [6, 7]. Когда из школьной программы исключали предмет «Черчение», то говорили о том, что содержание этой программы возьмет на себя курс технологии, но, как мы видим, этого не произошло.

В наше время очень быстро развиваются цифровые и компьютерные технологии. Многие считают, что ручной труд уже потерял свое значение и достаточно овладеть компьютерными программами. Однако в этом плане программа «Информатика» среднего общего образования не готовит к освоению нашего курса, потому что в ее содержании отсутствует компонент изучения работы с системами автоматизированного проектирования (САПР).

Понимая слабую сторону начального технического образования и его необходимость, многие руководители образовательных учреждений организуют различные дополнительные курсы и программы. Около 30 % школ в Перми и 15 % школ края предлагают изучать школьникам курс «Черчение» в виде факультатива или за счет часов регионального компонента программы [8]. Вариантов ведения этого предмета очень много. Есть школы, в которых предмет преподают «традиционно» два года, в 8 и 9 классах по одному часу в неделю. Много школ, где предмет ведется один час в неделю один год в 7, 8 или 9 классе. Очень редко, но встречается, когда учащимся курс черчения или инженерной графики предлагается для изучения в 10–11 классах. В зависимости от класса и количества часов может варьироваться и содержание учебного предмета. Результат обучения во многом зависит от личности педагога и его квалификации. Если среди студентов встречаются те, у которых черчение преподавалось на хорошем уровне, то мы наблюдаем и высокие по-

ложительные результаты в освоении курса «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика».

Во многих школах есть кружки и факультативы по робототехнике, курсы компьютерной графики, предлагаются школьные краткосрочные курсы практико-ориентированной направленности, профессиональные пробы, проектная деятельность. Все эти виды дополнительного образования, в рамках школьной программы, направлены на то, чтобы пробудить и развивать интерес к техническому творчеству. Они формируют навыки исследовательского поиска, работы с информацией, графические умения, умения применять знания на практике, развивают коммуникативные навыки. В первую очередь решаются задачи самоопределения, развития, социализации. Учащиеся, которые таким образом «нашли» себя в области техники, делают сознательный выбор при поступлении в инженерные классы, школы или в технические вузы. Такой осознанный выбор положительно влияет на результат учебного процесса.

Важную роль в приобщении учащихся к техническим знаниям играют инженерные школы и инженерные классы. Они профессионально ориентируют старшеклассников на инженерные специальности, помогают проявить себя в научно-техническом творчестве, углубленно изучить основные предметы (математику, информатику, физику), а также дают возможность познакомиться, в целях расширения профильной специализации, с курсами электроники, мехатроники, 3D-моделированием, инженерной графикой, прототипированием [9]. Не во всех школах есть курс, направленный на графическую подготовку, но хорошие знания геометрии и информатики помогают успешно осваивать инженерную графику. К сожалению, инженерные школы и классы единичны даже в больших городах.

Кроме школьного образования, есть еще и дополнительное, которое готово предложить различные курсы графической подготовки, в том числе на очно-дистанционной основе. И инженерные школы, и дополнительные курсы образования имеют только один недостаток – они охватывают небольшую часть поступающих в вуз.

В итоге мы видим очень разный уровень подготовки студентов-первокурсников, что подтверждают наши тесты входного контроля. Входной контроль содержит тестовые задания по следующим разделам: общие знания геометрии, геометрическое моделирование, знания основ черчения и общая эрудиция. Баллы подсчитываются как по каждому из разделов, так и в целом за прохождение всего теста, в силу этого можно

дифференцированно оценить подготовленность тестируемых. Около 4 % не справляются с темой «Общие знания геометрии» и 37 % отвечают на отлично. А вот с разделом «Основы черчения» ситуация выглядит наоборот: почти 40 % показывают неудовлетворительные знания и 4 % отличные. Более «ровные» результаты по разделам «Геометрическое моделирование» и «Общая эрудиция». Количество ответивших на «5» и «2» примерно одинаковое, на уровне 18 %. По результатам оценки входного контроля в целом в каждой студенческой группе есть 2–3 студента, которые полностью не справились с тестовыми заданиями. Это примерно 8 % от общего числа поступивших (заметим, примерно таков же процент отчислений на первом курсе, что вряд ли является случайностью). И только 1–2 человека в группе отвечают на «отлично», т.е. во всех группах одновременно имеются и сильные, и слабые студенты. Таким образом, для успешного обучения необходимо строить учебную работу с учетом данных о первоначальной геометро-графической подготовке, разрабатывать индивидуальные задания и применять образовательные технологии так, чтобы все справлялись с программой изучаемого курса. Необходимы дополнительные занятия, дистанционные формы обучения, разный уровень учебных заданий.

### Список литературы

1. Столбова И.Д., Ширинкина М.А. Доступная графика в довузовском образовании // GraphiCon 2018: тр. 28-й Междунар. конф. по компьютерной графике и машинному зрению, Томск, 24–27 сент. 2018 г. / АНО науч. о-во Графикон, Нац. исслед. Том. политехн. ун-т, Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск: Нац. исслед. Том. политехн. ун-т, 2018. – С. 340–344.

2. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (с изменениями и дополнениями): Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 413: Приложение. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, п. 9.5. Математика и информатика.

3. Программы общеобразовательных учреждений. Геометрия. 10–11 классы / сост. Т.А. Бурмистрова. – 2-е изд. – М., 2010. – 96 с

4. Подготовка к ЕГЭ и ОГЭ по математике [Электронный ресурс]. – URL: <http://math100.ru/ege/ege-profil>.

5. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования: Приказ Министерства

образования и науки РФ от 17 декабря 2010 г. № 1897. С изменениями и дополнениями от 29 декабря 2014 г., 31 декабря 2015 г.

6. «Технология: 5–8 классы» по направлению «Индустриальные технологии» / сост. А.Т. Тищенко, Н.В. Сеница. – М.: Вентана-Граф, 2013.

7. Примерные программы по учебным предметам. Технология 5–9 классы. – М.: Просвещение, 2010. – 96 с. (Стандарты второго поколения.)

8. Программы общеобразовательных учреждений. Черчение. 7–11 классы (авторские программы) / сост. В.В. Степакова. – М.: Просвещение, 2008.

9. Васильева О.Н., Коновалова Н.В. Инженерные классы как инструмент профессиональной навигации // Высшее образование в России. – 2018. – Т. 27, № 12. – С. 136–143.

# ПОИСК МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ ВОСПРИЯТИЯ СТУДЕНТОМ МОДЕЛИ ТРЕХМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА НА ПЛОСКОСТИ В НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

**Пеганов Михаил Георгиевич**

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Москва

Рассмотрены вопросы понимания графического отображения пространственных задач начертательной геометрии. Показано, что истолкования чертежа влияют на презентацию решений задач. Отмечена необходимость использовать язык для выражения интеллектуальных действий на чертеже.

**Ключевые слова:** начертательная геометрия, функциональный анализ, учебный процесс, аспект, язык.

## SEARCH OF METHODS OF IMPROVEMENT OF PERCEPTION BY THE STUDENT OF MODEL OF THREE-DIMENSIONAL SPACE ON THE PLANE IN DESCRIPTIVE GEOMETRY

**Peganov Mikhail Georgievich**

Bauman Moscow State Technical University

In article are considered Questions of understanding graphic images spatial tasks of “descriptive geometry”. It is shown what interpretations of the drawing influences representation of the solution of tasks. It is told that it is necessary to use language for expression of intellectual actions on the drawing.

**Keywords:** descriptive geometry, functional analysis, educational process, aspect, language.

### Введение

В начертательной геометрии есть простая задача: построить проекции точки пересечения прямой и плоскости общего положения. Такая задача входит как составная часть (фрагмент) в алгоритм решения широкого круга задач: позиционных и метрических, в частности, как фрагмент она входит в домашнее задание. Некоторая часть студентов находила решение задачи вовсе не тем методом, который изучался на занятиях, а суждения студентов о построениях не совпадали с отображениями решений на чертежах. У преподавателя возникал когнитивный диссонанс, побуждающий искать причины и выходы из него.

В данной работе предлагается попытка поиска причин появления в решениях задач различий между преподаваемыми и применяемыми

методами, попытка внесения корректив в образовательный процесс в связи с выявляемыми причинами.

### **Функциональный анализ возникновения двух методик решения**

В процедуре образовательного процесса важным элементом учебной работы является оценка качества обучения. В стандарте качества ГОСТ Р 52614.2–2006 «Руководящие указания по применению ГОСТ Р ИСО 9001–2001 в сфере образования» [1] отмечено, что «контроль качества – основополагающий процесс в системе менеджмента качества. При оценке работы людей сложно провести точное измерение. Оценку обычно проводят во время образовательного процесса». Также стандарт направлен на применение «процессного подхода» к функционированию системы образования.

В данной работе использовалась системная модель образовательного процесса [2, с. 68], в которой можно выделить границы функций и связность их отношений. Были определены функции и этапы обучения, в которых появлялись работы студентов с двумя различными методиками выполнения домашних заданий.

В учебный процесс входит процедура «Выполнить контролируемые работы этапа». В этой процедуре регулярно обнаруживались решения упомянутой выше задачи по начертательной геометрии методом, отличающимся от того, который рекомендован на обычных плановых занятиях.

Причины появления различных решений можно трактовать так:

◆ студенты, активно работавшие на учебных занятиях в аудитории, посещавшие консультационные занятия, на которых рассматривались методы решения домашних заданий, вместе с действующими картинками решений задач получали словесную поддержку со стороны преподавателей – «фиксация образов состоит в словесном описании их – преподаватель должен объяснять сущность и обобщать действия» [2, с. 68]. На занятиях предлагалось выполнять решение задачи построения проекций точки пересечения прямой и плоскости общего положения с применением методики, изложенной в работе [3, с. 95];

◆ студенты, которые были замечены как не посещавшие консультационные занятия, предъявляли выполненные решения задач, содержавшие построения проекций точки пересечения прямой и плоскости общего положения, по иной методике. Построения легко признавались ошибочными, но лишь потому, что студенты не могли правильно объ-



яснить и защитить выполненные построения – им явно не хватало объемного представления чертежей, понимания конфигурации размещения объектов, не хватало слов для объяснения сущности своих действий.

При исследовании работ и слушании объяснений студентов по поводу решений задач я сам наталкивался на мысль: «Все проводимое языком упорядочение только условная игра, заведомо ничего не упорядочивающая и как бы напоказ подчеркивающая свой условный характер, словно нарочно для того, чтобы никто не принял это за настоящее упорядочение, после которого не понадобилось бы другого, реального» [4, с. 191]. Наблюдалась ситуация несоответствия смыслов словесных объяснений с реально выполненными построениями на чертеже. У студентов терялись понимание объемности чертежей, доказательность построений.

### **Анализ на основе методологии Людвиг Витгенштейна**

Анализ касался решения задачи по методике, отличающейся от преподаваемой на занятиях. Использовались материалы работы Людвиг Витгенштейна «Философские исследования» [5]. Книга имеет педагогическое направление – изложена как диалог людей, один из которых учитель. В диалогах рассматривалась языковая деятельность, работа с образами и восприятием изображений на чертеже. Хотя работа с книгой не дает ответ, каким должен быть язык, но она позволяет понять и приблизить к систематизации некоторые возможности управления образовательным процессом.

Если не вступать в диалог со студентом во время просмотра чертежа выполненной им работы, то решение задачи построения точки пересечения прямой общего положения и плоскости общего положения можно было бы признать выполненным. Но вступление в речевой диалог со студентом (это обязательный атрибут проверки выполнения домашнего задания) вызывало несоответствие чертежных построений суждениям студентов.

Все элементы на чертеже на всех шагах решения сохраняли свое бытие (свои связи друг с другом) – они были неподвижны. Слова студентов демонстрировали вольную смену связей элементов и описывали элементы чертежа как вольно живущих субъектов – их связи друг с другом менялись исходя из удобств прохода к цели. Это недоразумение требовалось исследовать, но не как функции и структуры языка, а сущности (смыслы) языка, которые мы видим и слышим, вслушиваясь в тексты. В работе [5, с. 75, с. 265] ясно показано, что наше сознание на-

деляет предложения и слова смыслом, а для общения с другими людьми тексты должны обладать общим ясным обликом. Студент в своей работе первым шагом выполнял операцию: *Истолкование изображения и определение проекций точек 1' и 2'* – истолковывал чертеж и видел так, как истолковывал – это значит, что получал зрительный опыт посредством истолкования, т.е. создавал косвенное описание, этот феномен назван «Заметить аспект» [5, с. 281]. Аспект (атрибут чертежа) – это категория, которая выражает различие между начальным видом чертежа и следующим [5, с. 280].

В процессе всего времени решения на чертеже не изменяется конфигурация положения элементов. От студента требуется определить конфигурацию точек на чертеже, руководствуясь только рассуждениями. Наверное, студент знает, что нужны точки **1'** и **2'**, которые следует найти на линии **d'**, но не видит объемности в изображении линий **b**, **c** и **d** (этот факт подтверждается в процессе проверки выполнения домашнего задания. На вопрос: «Что значат точки **1'** и **2'** на горизонтальной плоскости проекции» студент достаточно уверенно отвечал: «Точки **1'** и **2'** – точки пересечения линии **d** с исходной плоскостью  $\mathbf{b} \cap \mathbf{c} = \mathbf{A}$ »).

Второй шаг: *Построение проекций точек 1'' и 2''*. Теперь студент проецирует точки на фронтальную плоскость проекции и толкует проекции точек: принадлежат линиям **b** и **c**. Суть в том, что аспект изменился – на предыдущем шаге были определены проекции точек **1** и **2** как принадлежащие линиям **d**, а на текущем шаге проекции тех же точек на фронтальной плоскости проекций стали принадлежать линиям **b** и **c**. Хотя произошло «изменение аспекта» на глазах студента – это можно назвать как новое восприятие, но для студента восприятие осталось прежним – он «усвоил аспект» [2, с. 284] (приобретенное знание, как воля, действует на видимую картину). «Глядя на предмет, не обязательно думаешь о нем» [2, с. 286], т.е. глядеть не значит видеть. В итоге, в суждениях студента получается: сообщение не об увиденном, а представление «увиденного» – «усвоенного аспекта». Студент не видит объемно, но порой думает, что видит. Нужна особая практика и тренировка для объемного представления на рисунке или в словах [5, с. 288].

На линиях **b''** и **c''** появляются точки **1''** и **2''**, через эти точки проводится линия (**1''–2''**) – проекция линии **b** на фронтальную проекцию плоскости  $\mathbf{b} \cap \mathbf{c} = \mathbf{A}$ . В пересечении линии (**1''–2''**) с линией **d''** строится точка **K''** – проекция точки пересечения линии **d** с плоскостью  $\mathbf{b} \cap \mathbf{c} = \mathbf{A}$ .

Третий шаг: *Определение положения проекций точек пересечения линии  $d$  и исходной плоскости  $b \cap c = A$* . Размещение на горизонтальной плоскости проекций на линии  $d'$  точки  $K'$  – второй проекции точки пересечения прямой и плоскости общего положения –  $K$ . Задача решена правильно.

На рис. 1 пошаговый ход выполнения задачи приведен в виде *Структуры поиска решения задачи*. Структура выполнена по правилам, изложенным в разделе «Системное представление» работы [2, с. 68].

На схеме структуры приведены три процедуры-функции:

1. *Истолкование чертежа и внесение изменений (познание)* – в работе [5, с. 310] сказано: «Истолковывать значит мыслить, что-то делать», но почему проявляется слепота к объемности видимого? Как показал пример ответа студента на вопрос о точках ( $1'$  и  $2'$  – как вы их получили?), «речь» и «мышление» не состоят в связи. При истолковании работает воображение. «Видеть аспект и воображать – проявление воли. Возможен приказ “Вообрази это”, а также: “Теперь смотри на фигуру так”; но не: “Теперь этот лист зеленый”» [5, с. 311], т.е. здесь в обучении нужно использовать не описание, а приказ. Нужен преподаватель, который внешним воздействием – речью, приказом преодолет возникшее внутри студента сопротивление пониманию.

2. *Репрезентация чертежа (демонстрация знания чертежа)* – эта функция должна служить для подготовки речевого сопровождения всех решений.

При решении данной задачи отображение ее на чертеже остается неизменяемым: все линии, все точки всегда остаются на месте.

Если мы не в состоянии выделить конкретное телесное действие, которое указало бы на элемент, мы говорим об интеллектуальном действии. Это действие описывает наш язык – появляется картина (отображение) [5, с. 269].

3. *Проверить домашние задания и анализировать выполнение работ* – эта функция исполняется преподавателем. Она должна быть встроена в процедуру «*Выполнить контроль и анализ качества знаний и успеваемости*» в системе образовательного процесса, описанной в работе [2, с. 68].

Сущность процесса решения, озвученная студентом, выражается в словах и суждениях. В диалоге необходимо задать вопрос студенту в третьем лице: «Осознается ли в отображении пространственный характер, глубина положения элементов, чувствуется ли это все время?», если спросить его самого, это будет его смущать [5, с. 308].

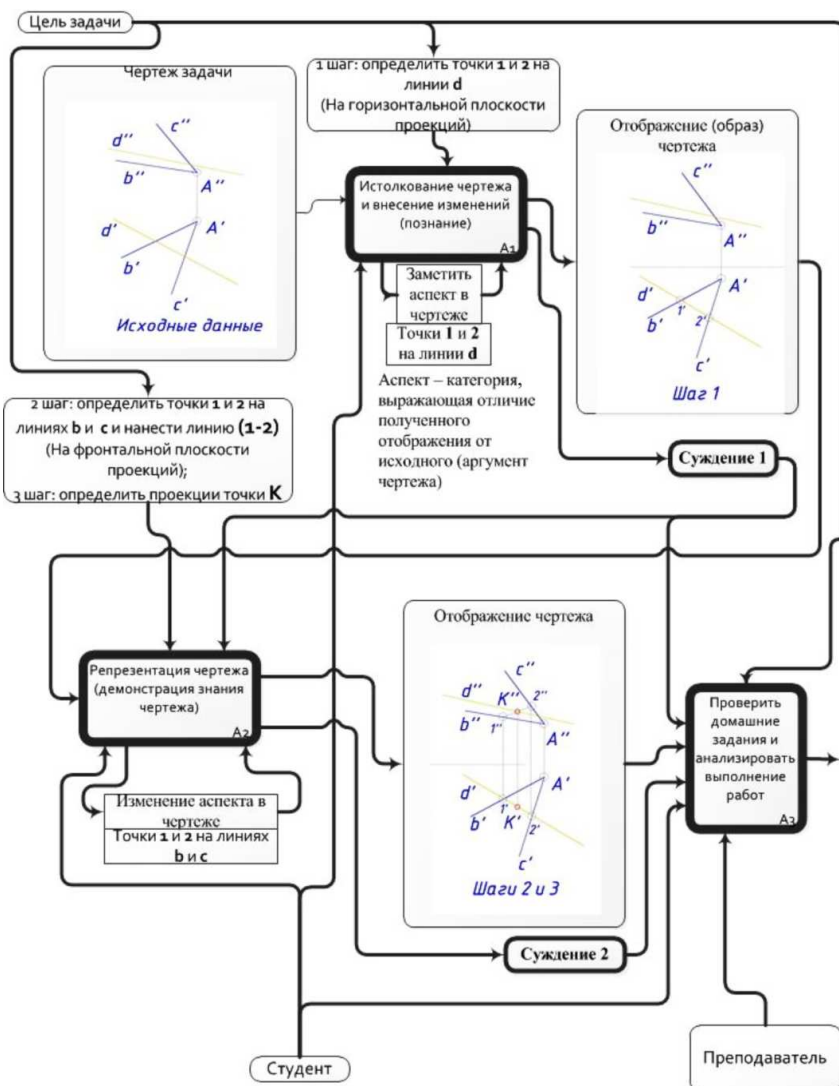


Рис. Проект функциональной схемы выполнения решения задачи о пересечении прямой и плоскости общего положения

В рамках системного представления образовательного процесса в техническом университете, приведенном в [2, с. 68], после выполнения процесса «Выполнить контроль и анализ качества знаний и успеваемости» преподаватель может вынести суждение о качестве усвоения изучаемого материала и оформить коррекцию обучения. «Преподаватель возвращается к процедуре “выполнить этап образовательной деятельности” с результатами анализа проведенного этапного контроля работ студента..., представляя студента как объект обучения, может определить траекторию движения этого объекта в среде технического университета» [2, с. 68].

## Выводы

Для выполнения задачи построения проекции точки пересечения прямой и плоскости общего положения может быть использован метод, описанный в данной статье. От исполнителя требуется умение объяснять свои построения на чертеже.

В образовательном процессе есть:

◆ студенты, активно работающие на учебных занятиях в аудитории, посещающие консультационные занятия – работающие с преподавателем;

◆ студенты, не посещающие консультационные занятия – работающие без преподавателя. Самостоятельная интерпретация может нарушить восприятие модели трехмерного пространства на плоскости.

Суть в том, что преподаватель и студент являются совокупным субъектом всего образовательного процесса [2, с. 68]. Студент должен работать с преподавателем, который внешним воздействием – речью, приказом, преодолет возникшее внутри студента сопротивление пониманию.

Студент должен учиться использовать язык для выражения своих интеллектуальных действий на чертеже. Интеллектуальные действия определяют контекст употребляемых в общении слов – тогда язык обеспечит интеллектуальную коммуникацию.

Использование следящей системы управления и коррекции обучения в системе образовательного процесса [2, с. 68] позволяет оперативно внести коррекции в процесс изучения «Начертательной геометрии» в течение семестра.

## Список литературы

1. ГОСТ Р 52614.2–2006 «Руководящие указания по применению ГОСТ Р ИСО-9001–2001 в сфере образования». Введ. 15.12.2006.

2. Серёгин В.И., Пеганов М.Г., Хуснетдинов Т.Р. Системное представление и функциональный анализ образовательного процесса в техническом университете // Динамика сложных систем. – 2017. – Т. 11. – № 4.

3. Начертательная геометрия: учебник / Б.Г. Жирных, В.И. Серёгин, Ю.Э. Шарикян; под общ. ред. В.И. Серёгина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 166 с.

4. Биbihин В. Мир. Язык философии. – СПб.: Азбука: Азбука-Аттикус, 2016. – 448 с.

5. Витгенштейн Л. Философские исследования / пер. с нем. Л. Добросельского. – М.: Изд-во АСТ, 2018. – 352 с.

# НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ КАК СРЕДСТВО КОММУНИКАЦИИ

Полубинская Людмила Георгиевна,  
Хуснетдинов Тимур Рустямович,  
Федоренков Анатолий Петрович

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Москва

Статья посвящена обсуждению вопросов, связанных с актуальностью преподавания курса «Начертательная геометрия» в условиях очень низкого уровня геометро-графической подготовки выпускников средней школы – с одной стороны и сокращением времени на традиционные формы преподавания (курс лекций и практические занятия) – с другой. В статье анализируются возможности использования компьютерных 2D- и 3D-технологий для ускорения и улучшения подготовки выпускников инженерных вузов.

**Ключевые слова:** геометрия, начертательная геометрия, средства коммуникации, понятийное мышление, русский язык, устная речь, синтаксис, морфология.

## DESCRIPTIVE GEOMETRY AS A MEANS OF COMMUNICATION

Polubinskaya Ludmila Georgievna,  
Khusnetdinov Timur Rustyamovich,  
Fedorenkov Anatoliy Petrovich

Bauman Moscow State Technical University

The article is devoted to the discussion of issues related to the relevance of teaching the course “descriptive geometry” in a very low geometric and graphic training of high school graduates on the one hand and reducing the time for traditional forms of teaching (lectures and workshops) on the other. The article analyzes the possibility of using 2D and 3D computer technologies to accelerate and improve the training of graduates of engineering Universities.

**Keywords:** geometry, descriptive geometry, means of communication, conceptual thinking, Russian language, oral speech, syntax, morphology.

### Введение

В настоящее время появилось множество различных публикаций, в которых весьма уважаемые авторы говорят о «несоответствии содержания учебного курса начертательной геометрии (НГ) тенденциям развития САПР и геометрического моделирования». И говорят об этом те, кто имеет природные способности и хорошее пространственное мышление, кто в свое время не только усвоил основы учебного курса начер-

тательной геометрии, но и, в силу способностей и интереса к этим вопросам, самостоятельно расширил и углубил свои знания и освоил графические редакторы САПР. При этом рекомендации к изменениям программ или отсутствуют, или носят противоречивый, взаимоисключающий характер. Предлагают исключить из школьных программ геометрию как науку совершенно архаичную, и тут же говорят об отсутствии логического мышления у школьников из-за того, что они не доказывают теорем.

Авторы статьи предлагают на примере решения нескольких несложных задач из курса НГ попытаться разобраться в процессе собственного мышления, в логике создания последовательности отдельных действий, обратив сосредоточенное внимание на каждое отдельное действие.

### Задача 1

Определить угол наклона плоскости  $\alpha$  к горизонтальной плоскости проекций (рис. 1).

Задача должна быть решена указанным способом. Понятно, что при решении определенного набора задач студент должен научиться мыслить, создавая пространственные объекты, выполнять с ними определенные действия и – главное – реализовывать эти действия с помощью чертежа как средства для получения искомого ответа (результата), а также используя чертеж как средство коммуникации.

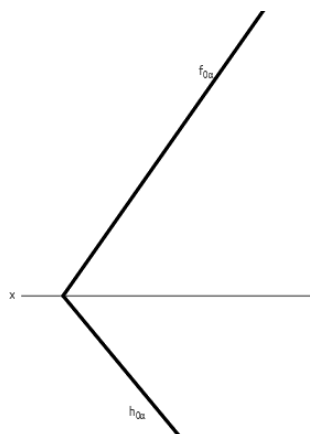


Рис. 1.

Эта же задача решена с помощью различных преобразований, связанных с изменением системы координат (рис. 2–4) или с изменением положения плоскости в заданной системе плоскостей проекций (рис. 5–7).

Рис. 8 – «классическое решение метрической задачи» по определению угла между плоскостями как угла между перпендикулярами к ним.

Если исключить из чертежей часть необязательных вспомогательных символов (обязательные символы – это тоже условности и договоренности), то различные способы решения задачи в графической части почти одинаковы. Разница только в словах, которые определяют и объясняют логику решения.

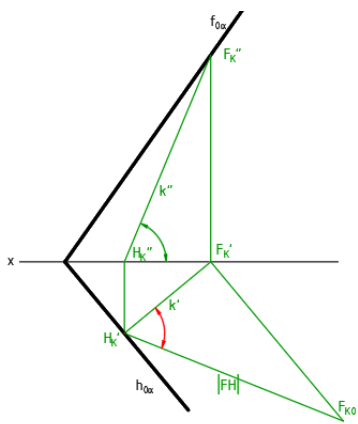


Рис. 2

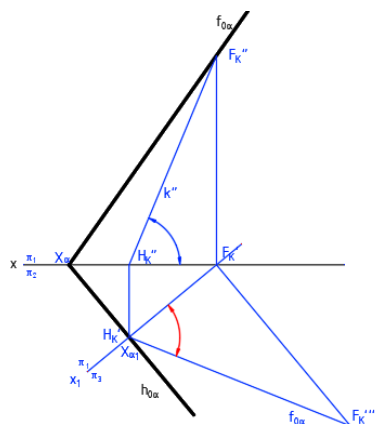


Рис. 3

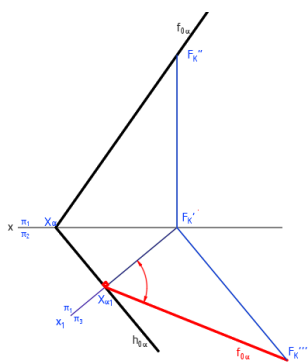


Рис. 4

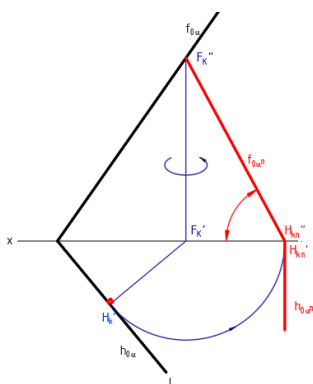


Рис. 5

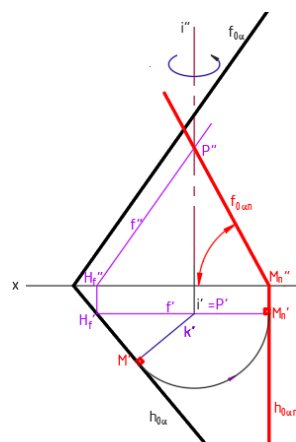


Рис. 6

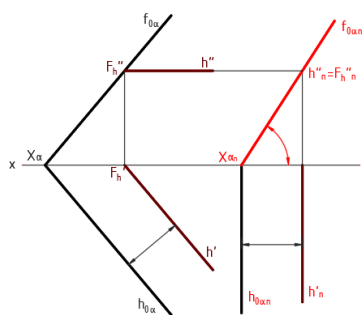


Рис. 7

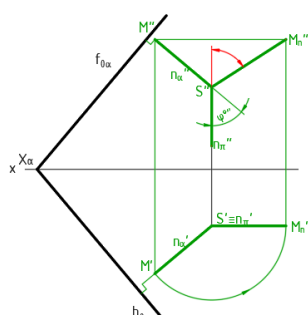


Рис. 8



Кстати, в школьной математике есть, в отличие от вычислительных задач, понятие «текстовые задачи». Задачи начертательной геометрии как никакие другие соответствуют этому понятию. Очень полезно решать однотипные, одинаковые задачи, различающиеся только графической частью, или решать одну и ту же задачу разными способами.

С точки зрения директора Центра педагогического мастерства Ивана Ященко, подмена математического образования техникой вычисления и в самом деле является большой ошибкой. В эпоху цифры вычисления как раз возьмет на себя компьютер. Поэтому больше внимания в школе надо уделять развитию у детей умения думать.

Опытная учительница К.И. Самсонова, преподававшая математику в московской школе 679 в 1976 г., сказала: «Рано ввели уравнения, теперь дети будут плохо решать задачи, и не только в алгебре, но и в геометрии».

И если исключить из учебной дисциплины «Начертательная геометрия» речь, русский язык с его синтаксисом и морфологией и считать, что «начертательная геометрия нужна, чтобы решать метрические и позиционные задачи с помощью алгоритмов...», то мы потеряем, причем невозполнимым образом, мощный инструмент, формирующий не только пространственное мышление, но и умение думать и коммуникационные возможности будущих инженеров.

### Задача 2

Построить проекции прямой призмы, высота которой равна 70 мм, исходя из условия, что ее основание – равнобедренный треугольник  $ABC$  ( $AB = AC$ ) с вершиной  $A$ , расположенной на прямой  $EF$  (рис. 9).

#### Анализ условия

В равнобедренном треугольнике высота пересекает основание треугольника так, что делит его пополам (т.  $S$ ). Значит, для нахождения вершины треугольника (т.  $A$ ) необходимо построить срединный перпендикуляр к основанию  $BC$ . Если бы отрезки  $BC$  и  $EF$  лежали в одной плоскости, то т.  $A$  была бы найдена как точка пересечения срединного перпендикуляра и прямой  $EF$ .

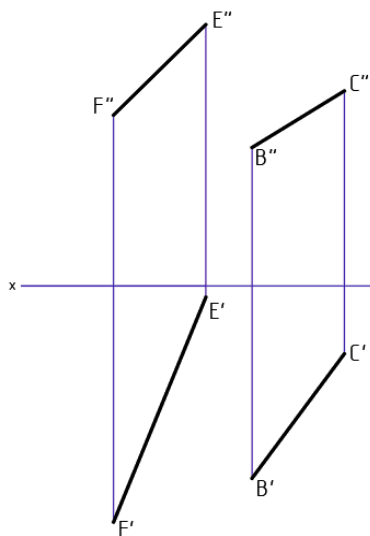


Рис. 9

Но прямые  $EF$  и  $BC$  скрещиваются (почему?). Значит нужно строить в пространстве множество всех прямых, проходящих через середину отрезка  $BC$  и перпендикулярных ему. Это множество есть плоскость, проходящая через середину отрезка  $BC$  и перпендикулярная ему. Точка пересечения этой плоскости и прямой  $EF$  и будет вершиной  $A$  треугольника  $ABC$  – основания призмы.

Вопросы: нужно ли найти действительную длину отрезка  $BC$ , чтобы найти его середину и почему? каким способом задать вспомогательную плоскость и почему? можно ли решить задачу на этом этапе, не пользуясь вспомогательной плоскостью? – все это фактически и является решением задачи, хотя ни одной линии ни на бумаге, ни на экране компьютера не проведено.

В результате студент приносит решенную задачу домашнего задания и начинает «объяснять» решение:

- Провожу горизонталь – фронталь.
- Зачем?
- Нас так учили.

Более того, любой вопрос, заданный студенту в процессе защиты домашнего задания, сбивает его:

- Можно я начну сначала?
- Почему Вы все время меня перебиваете? Не перебивайте меня!

И он не понимает, что предложение из пяти слов, одно из которых – предлог: «Закключаю прямую в проецирующее положение» – это набор слов, бессмыслица. (Объяснение – как найти точку пересечения прямой с плоскостью – продолжение темы «Алгоритмы в НГ».)

Остановимся, не будем решать до конца эту примитивную задачу. Уже на этапе анализа условия и плана решения становится понятно, может ли студент, пользуясь родным русским языком, сформулировать свою мысль, правильно ли он мыслит, может ли он сформулировать план решения в пространстве («решить задачу в уме») или он может только озвучить действия, смысл которых он совсем не понимает. Ведь средством коммуникации является речь, язык со своими законами морфологии и синтаксиса. Очень смешно (или наоборот, очень грустно) становится от высказывания студента: «Я все очень хорошо понимаю! Я только сформулировать не могу!»; «Я все хорошо себе представляю, я даже нарисовать могу!» – Вы учились в Художественной школе? – Нет.

### Задача 3

Построить проекции прямой призмы, высота которой равна 70 мм, исходя из условия, что ее основание – равнобедренный треугольник  $ABC$  ( $AB = BC$ ) с вершиной  $A$ , расположенной на прямой  $EF$  (рис. 10).

Разница в условиях задач 2 и 3 всего в одной букве ( $AB = AC$ ) и ( $AB = BC$ ). При поверхностном, невнимательном чтении условия и «алгоритмизированном» подходе к решению «базовых» задач большинство студентов решает и во втором случае первую задачу. Всего одна буква переводит задачу в раздел задач более сложных и интересных. Очень часто студенты испытывают затруднения в реализации ее решения

даже после объяснения плана решения. Анализ условия из-за этого переходит из начального этапа в заключительный: Сколько решений у этой задачи? От чего зависит количество решений?

*Вопрос.* Каким образом, какими средствами, какими компьютерными технологиями заставить мозг студента в процессе чтения текста создавать трехмерные объекты в пространстве, производить с ними определенные манипуляции, получать в результате этих манипуляций план – программу решения? И только *после этого* реализовывать этот план на плоском носителе (чертеже) или с помощью графического редактора 2D или 3D на компьютере. Ведь в реальности студенты, не прочитав условия задачи, не осмыслив его содержания, начинают «чертить» – проводить линии карандашом на бумаге или «нажимать кнопки» на компьютере.

### Задача 4

Построить проекции прямой, проходящей через т.  $A$  перпендикулярно плоскости, заданной параллельными прямыми  $a$  и  $b$  (рис. 11).

Студент перечертил графическую часть условия (рис. 12) и решил задачу (рис. 13).

Понятно, что задача представляет собой часть рубежного контроля на тему «Взаимное положение прямой и плоскости». Понятно, что студент «чуть-чуть» неточно скопировал графическую часть задачи. Но решил! (?) А поговорить?

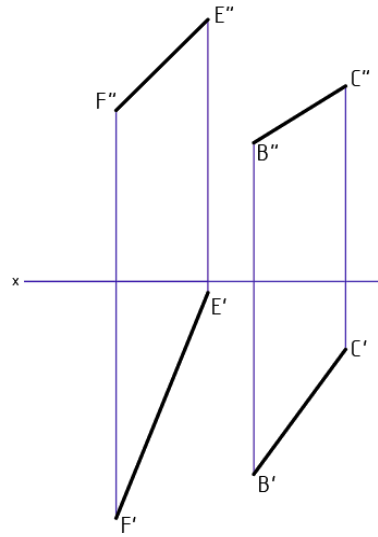


Рис. 10

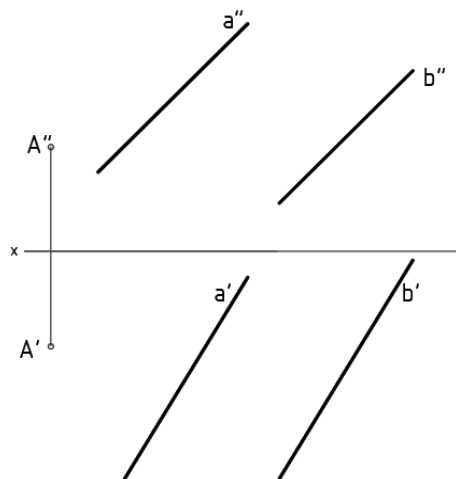


Рис. 11

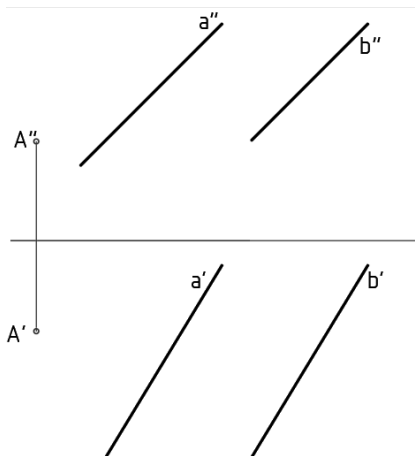


Рис. 12

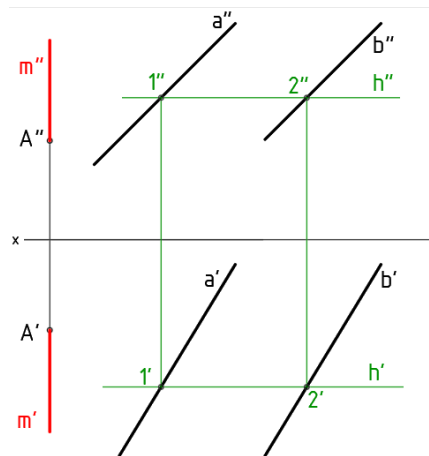


Рис. 13

– Скажите, какое положение занимает плоскость, заданная параллельными прямыми? – Молчание

– А вообще, какое положение может занимать плоскость? – Ответа нет.

– Можете процитировать признак перпендикулярности прямой и плоскости? Студент отвечает правильно. (Ровно неделю тому назад мы обсуждали этот вопрос с ним персонально.)

– Где же эти 2 пересекающиеся прямые и где 2 прямых угла? – Молчание.

– Какое положение занимает прямая  $m$ ? – Молчание.

– Можете построить 2-ю проекцию точки, принадлежащей прямой  $m$ ? – Молчание.

И что это было? Списал? – Нет, сидел за первым столом. Запомнил где-то увиденную картинку с решением?

Что произошло? Просто задача из примитивных, «базовых, решаемых с помощью выученных алгоритмов» невольно переведена студентом в разряд задач ТЕСТОВЫХ (не путать с современными методами тестирования!), на которых – было бы желание и возможность у преподавателя – можно проверить степень и качество усвоения почти половины курса НГ, уровень понятийного мышления студента. (Точно так же как и на пресловутых трех проекциях шестигранной гайки!)

Приведенные примеры бесед – это не специально подобранные единичные случаи. Таких примеров каждый из нас может привести сколько угодно. Это свидетельствует, во-первых, о фактически недопустимо низком уровне геометрической подготовки выпускников средней школы, а во-вторых, о невозможности в высшей школе ликвидировать этот недостаток в условиях сокращения времени на традиционные формы преподавания и, в связи с этим, уменьшения количества работ, упрощения их содержания, перехода на «базовые» задачи и «алгоритмы». В этих условиях не только не формируется понятийное представление о науке, но и «воспитывается исполнитель, решающий заданную конкретную задачу. Не меньше, но и не больше. Не развивается геометрическая и даже математическая интуиция, столь необходимая математику-исследователю. Геометрическая суть изучаемой геометрической ситуации остается в стороне» (И.Ф. Шарыгин).

«Геометрия должна быть геометрической» (а не аналитической или алгебраической). Это означает, что главным действующим лицом Геометрии должна быть фигура (на плоскости треугольник и окружность), а главным средством обучения рисунок, картинка. Геометрия, впрочем, как и алгебра, является носителем собственного метода познания мира. Овладение этим методом – важнейшая цель образования.

Это цитаты из замечательной статьи И.Ф. Шарыгина «Нужна ли в школе XXI века Геометрия?».

### **Задача 5**

На поверхности конуса вращения найти множество точек, из которых две точки  $A$  и  $B$  видны под прямым углом (рис. 14). Эта задача – одна из задач, предложенных на одной из всесоюзных олимпиад по НГ.

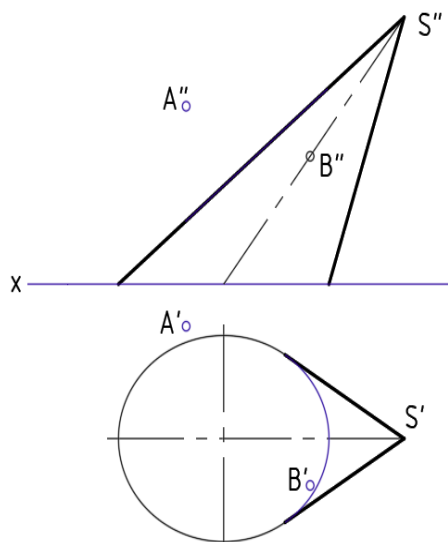


Рис. 14

Начальный этап – анализ условия.

В тексте – «конус вращения», но фронтальная проекция оси конуса не является биссектрисой угла между фронтальными очерковыми образующими конуса (?).

Может, ошибка в тексте, и конус не конус вращения? Но обе проекции основания конуса изображены не контурными линиями (!).

Каково положение точки В? Определяется ее положение осью конуса вращения (как в тексте задачи) или прямой, состоящей из точек – центров эллипсов – горизонтальных сечений конуса (как на чертеже)?

Не будем сейчас обсуждать вопрос ответственности, добросовестности и квалификации устроителей и организаторов олимпиады. Не будем говорить о возможной некоторой задуманной специально провокации.

Что происходит? Без применения карандаша и бумаги, без применения 2D и 3D компьютерных технологий задача уже решается! Более того – она уже решена!! Уточняется условие с целью коммуникации, для визуализации решения.

И проблема не в том, какими средствами осуществляется визуализация, и не в том, умеет студент точить карандаш или нет, чертит он палочкой на песке или у него есть компьютер, на котором стоит графическая программа. Задачу он решил, и мыслит он логично и грамотно, и мышление это сформировано геометрией Эвклида и начертательной геометрией Гаспара Монжа.

Действительно, решение укладывается всего в 3 предложения.

Угол, вписанный в окружность и опирающийся на диаметр – прямой.

В пространстве множество вершин прямых углов, опирающихся на один отрезок, принадлежит сферической поверхности, для которой данный отрезок является диаметром.

Решением задачи является множество точек – линия пересечения этой сферической поверхности с поверхностью конуса.

А визуализация его сильно зависит от графической части задания. Но если вот эту последовательность студент не сможет выстроить и сформулировать, ни о коммуникациях, ни об инструменте визуализации речь не пойдет.

При использовании различных инструментов проблемы разные. Да, при работе карандашом на бумаге нужно работать хорошо заточенным карандашом. Но еще нужно уметь мысленно (умозрительно) сортировать графическую информацию и выделять из насыщенного линиями чертежа только ту часть ее, которая нужна сию минуту для решения конкретной микрозадачи. А один из главных аргументов сторонников компьютеризации – точность решения 10 в –8-й степени – вообще никакой роли в учебном процессе не играет.

«Научной и нравственной основой курса геометрии является принцип доказательности всех утверждений» (И.Ф. Шарыгин). Каждое действие в НГ, начертание каждой точки и каждой линии на чертеже требует, как любая задача геометрии, мотивированности и обоснованности. Процесс решения задачи требует многократного повторения определенных действий, а значит – сосредоточенного внимания, так как невнимательность – случайность, (отвлечся) – приводят к неправильному результату, независимо от того, что план решения был правильным. Кроме того, народная мудрость «Повторение – мать учения» – базовое понятие в любом образовательном процессе.

При «традиционном ручном черчении» и при выполнении работы с помощью «электронного кульмана» проблемы практически одни и те же.

Конечно, графика компьютерного чертежа идеальна, но стандарт ГОСТ 2.303–68 «Линии» никто не отменял, а значит, его нужно не только знать, но и уметь настроить систему на соблюдение этого стандарта. Мы не говорим о том, что *умения в работе* с компьютером не могут сравниться с умением пользоваться карандашом, несмотря на то что «современные дети рождаются с гаджетами в руках».

Сортировать графическую информацию и выделять из насыщенного линиями чертежа только ту часть ее, которая нужна сию минуту, тоже необходимо, хотя при использовании «электронного кульмана» это можно делать с помощью слоев и их свойств.

Но при увеличении изображения на экране компьютера (команда ZOOM) вдруг становится видно, что точка линии пересечения вылезла за очерк поверхности. И студент, который учился, а не «ходил на занятия», должен обратить на этот факт внимание! И найти ошибку! А причина в том, что где-то на начальном этапе он «привязался» к другой близко расположенной точке. Что делать? Один вернется к началу и переделает, другой просто уберет эту точку из множества, третий – и это работа не с компьютером, а с распечаткой чертежа – замажет линию и нарисует карандашом «как должно быть». Кроме того, мы сейчас не говорим об особых точках кривой, а это дополнительная задача и не одна. И все они имеют чисто геометрический характер. (И не нужно здесь говорить о вычислительных способах нахождения этих точек.) Но это уже вопросы психологии, квалификации и требовательности преподавателя. И опять – здесь нет речи о точности решения  $10^8$  в  $10^{-8}$ -й степени!

В том, что касается использования 3D-технологий, ошибки ввода и в этом случае никто не отменял. Но отношение к ним другое. И проверка достоверности результата... Распространенный ответ – «А так компьютер (посчитал), начертил!». И преподавателю приходится доказывать студенту, что дело не в компьютере, а в том, что изначально задача была неправильно решена, или – при правильном мышлении – искать причину недостоверного результата и объяснять студенту, в чем была его ошибка как пользователя. А это уже не область начертательной геометрии!

Каждая точка в НГ при использовании традиционных примитивных инструментов очень дорого стоит (рис. 15), и ошибка, которую пришлось исправлять, – тоже. При компьютерном выполнении работы у студентов не успевает сформироваться ответственное отношение к тому, что они делают. «Неправильно? Сейчас быстренько исправлю. А теперь правильно?» И никаких следов исправлений на распечатке не будет!

Те, кто считает, что всеобщая цифровизация и внедрение компьютерных технологий решат все проблемы, в том числе и в сфере образования, не знают законов Мерфи, в которых в шуточной парадоксальной форме отражены отношения человека и машины.



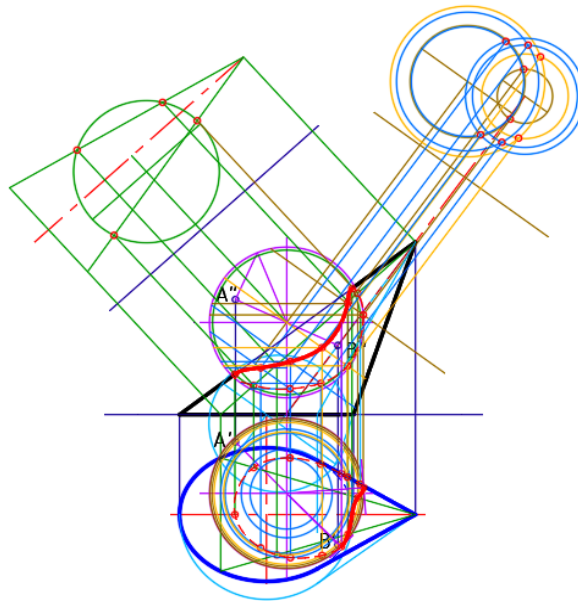


Рис. 15

### *Принцип IBM*

Человек должен думать, а машина работать.

Машина считает, а человек принимает решение.

### *Закон Грида*

Машинная программа выполняет только то, что Вы ей приказали делать, а не то, что Вы бы хотели, чтобы она делала.

Кто и когда научит решать пространственную задачу «в уме»? Каким образом, на основе каких знаний, при изучении каких дисциплин человек сможет сформулировать те самые 3 предложения или осознать разницу в двух задачах, когда они различаются всего лишь одной буквой в текстах их условий? Ответ один – Геометрия и Начертательная геометрия.

В конце концов, ответ при правильном решении «в уме» и при отсутствии ошибок по невнимательности один и тот же. Решение в программе AutoCAD 2D с выключенными слоями вспомогательных построений (рис. 16) и Autodesk Inventor (рис. 17, 18).

Мы не можем обсуждать место и роль НГ в процессе подготовки инженеров без рассмотрения всего комплекса проблем, которые учебная дисциплина НГ вскрывает и выносит на поверхность. И не замечать этих проблем, а тратить время и силы на фактическое уничтожение ее – это наносить непоправимый вред инженерному образованию.

Итак, можно сформулировать две основные проблемы.

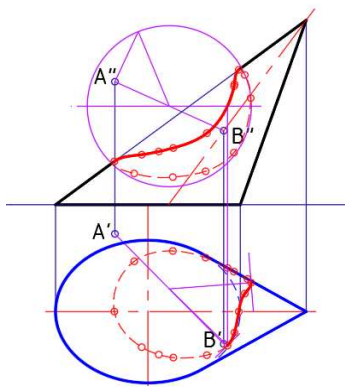


Рис. 16

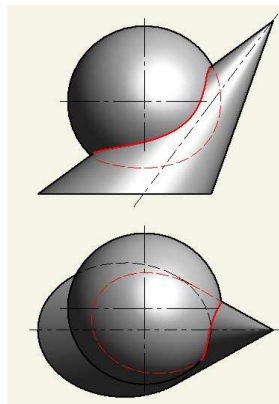


Рис. 17

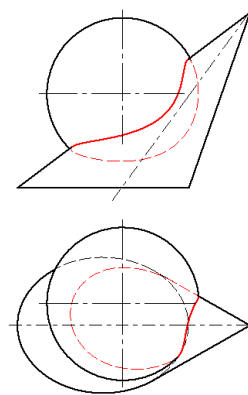


Рис. 18

### Выпускники школы не знают русского языка

Они владеют им только на примитивном бытовом уровне. Нужно отметить замусоренность речи словами-паразитами, иностранными словами, часто с искажением их смысла, неправильным употреблением русских слов (незнание морфологии) и нарушением синтаксиса.

Вообще, простые русские слова изменили свой смысл.

**Читать** – воспринимать написанное, произнося вслух или воспроизводя про себя – прочитать, понять, запомнить (Словарь русского языка С.И. Ожегова).

Теперь «прочитать» – это только озвучить (прочитать вслух, и все!?!).

«Читать чертеж», «прочитать чертеж» – это уже специфический, профессиональный язык. Диалог со студентом: «Вы не смогли прочитать чертеж». – «Да я читал его много раз!».

Из случайно услышанного (группа студентов): «Она должна меня учить, ей за это деньги платят!». Вот мы и вырастили не творца, а капризного и требовательного потребителя, и теперь должны оказывать образовательные **услуги**. И опять – русский язык с его морфологией – корень слова – **слуга** со всеми вытекающими последствиями, и первое – пренебрежительное отношение к учителю и к знаниям.

**Учить** – 1. *Передавать* кому-н. какие-н. знания, навыки. (А он их не берет). 2. Занимаясь, усваивать, запоминать (Словарь русского языка С.И. Ожегова).

**Учиться** – 1. Усваивать какие-н. знания, навыки. 2. Получать образование, специальность (Словарь русского языка С.И. Ожегова).

«Выучить» – это выучить наизусть.

«Открыть учебник» – это значит буквально выполнить механическое действие.

«Это же очевидно!»

**Очевидно** – вероятно, по-видимому (Словарь русского языка С.И. Ожегова).

**Очевидный** – явный, бесспорный (факт, утверждение явное, бесспорное) (Словарь русского языка С.И. Ожегова).

«Вводим рандомную плоскость». – Какую? – «Ну, произвольную!».

Следует заметить, что на всех совещаниях, связанных с вопросами образования, обсуждают преподавание в школе истории, литературы, иностранных языков. Успешно изыскивают время на сексуальное просвещение и повышение финансовой грамотности, на просвещение юридическое – ювенальная юстиция, права ребенка, религиозное просвещение и т.д., но русский язык и математика не вызывают озабоченности.

И вот, из последнего. Чиновники от образования (Рособрнадзор, Федеральный институт педагогических измерений и т.д.) ввели в 9 классе обязательное собеседование по русскому языку, которое с этого года является допуском к основной кампании ГИА-9. «Русский устный» состоит из 4 заданий: чтение текста вслух; его пересказ; монолог на заданную тему (одну из нескольких предложенных); диалог с экзаменатором-собеседником – и все это за 15 мин.

Возникает вопрос: *чему и как* учились школьники в течение 9 (!) лет? Их к доске не вызывали? Они теорем не доказывали, решения задач не объясняли? На *каком языке* и *как* они изъяснялись?

И еще вопрос: это очередная «шутка» чиновников? Такими средствами они хотят решить эту проблему?

### **Выпускники школы не знают геометрии**

Геометрия – «Это единственный школьный предмет, включая даже предметы математического цикла, полностью основанный на последовательном выводе всех утверждений».

«Ученик должен ознакомиться с определенным набором достаточно трудных геометрических задач, освоить некоторые геометрические методы, научиться решать задачи, следуя известным образцам. Мы показываем ученику методы, приемы, сообщаем *алгоритмы, которые трудно, почти невозможно найти самостоятельно. В Геометрии, в отличие от Алгебры, подобных алгоритмов очень мало, почти нет. Почти каждая задача по Геометрии является нестандартной. Поэтому при обучении возрастает значение опорных задач, сооб-*

*щающих полезный факт либо иллюстрирующих метод или прием».*  
И опять И.Ф. Шарыгин.

Способность и умение доказать, обосновать право на каждое графическое действие должно формироваться в школе в процессе изучения геометрии. В курсе НГ эти знания, умения и навыки используются, и углубляются, и расширяются.

НО!!! «Сегодняшние школьники – это поколение Z, родившееся в цифровую эпоху и не выпускающее из рук гаджетов. Однако эти школьники пребывают в XVIII веке в своих занятиях по алгебре и в эпоху Древней Греции по геометрии».

Так, в курс школьной математики, как считает ректор МГУ им. М.В. Ломоносова В.А. Садовничий, вполне «можно включить изучение таких современных математических проблем, как, скажем, теория хаоса, теория катастроф, статистика или обработка данных. Рано или поздно нам придется давать школьникам эти темы. Но, естественно, в доступной, а главное – интересной для них форме». (*Позвольте спросить: этот «хаос» собираетесь преподавать в какие часы, откуда их возьмете, у кого отнимете?*) Сегодняшние же уроки математики в школе в основном посвящены вычислительным задачам, притом однотипным.

В итоге даже студентам, не говоря о школьниках, сложно даются доказательства теорем. Поэтому, чтобы исправить ситуацию, «возможно, преподавателям математики стоит подумать о возвращении устного экзамена. Думаю, нам придется это сделать», – считает В.А. Садовничий.

Вот об этом «хаосе» говорилось в начале – высокомерно-пренебрежительное «геометрия времен Древней Греции», «бег в мешках» и при этом озабоченность – «неумение логически мыслить и доказывать теоремы» – это с одной стороны. А с другой – «теория катастроф, статистика, обработка данных», «компьютерные технологии, 3D-моделирование», которые решат все проблемы. А между ними, внутри всего этого – мы со студентами. И мы должны подготовить «высококвалифицированных специалистов, соответствующих требованиям современного высокотехнологического производства». И студенты – выпускники школы с безумными программами, учебниками и непобедимым ЕГЭ в заключение – должны не сойти сума, а «получить компетенции, соответствующие требованиям современного высокотехнологического производства».

А в итоге – основатель SuperJob Алексей Захаров: «...сегодняшние вузы получают уже “бракованный материал” в виде людей, которые про-

сто не умеют учиться, получая высшее образование ради корочки, чтобы не ходить в армию, просто потому, что так надо, и так решили родители. Они не заинтересованы в профессии, не понимают, кем они будут работать после окончания вуза... Если бы нам сегодня понадобилось набрать студентов для шести МФТИ, пяти “Бауманок” и нескольких МИФИ, мы бы просто не нашли достаточного количества абитуриентов. Широкая сеть вузов получает молодых людей, не умеющих учиться, не имеющих элементарных навыков к самостоятельному получению знаний».

Куда мы несемся? В погоне за «скорочтением» (лет 40 тому назад первоклассников заставляли читать с секундомером в руках) мы не научили детей читать – понимать прочитанное. В результате, теперь у детей тех первоклассников – «русский устный». Мы не освоили геометрию Эвклида, свое родное трехмерное пространство – теперь тащим их в многомерное. Мы не научили их тому, что такое логика, гармония, порядок, равновесная композиция – теперь для нас главное – теория хаоса, обработка данных, статистика. Главное – «в доступной и интересной форме»!

Весь этот хаос начался тогда, когда лозунг «Учеба – это тяжелый труд» заменили на «Учиться нужно весело, чтоб хорошо учиться!». Вот и веселимся!

### **Вывод**

«Дело в том, что образовательные процессы подчиняются строгим биологическим законам и ускорить их невозможно, подобно тому, как нельзя ускорить процесс вынашивания плода, который в своем развитии проходит этапы, совершенно не нужные с точки зрения взрослой особи. Не существует такого скоростного лифта, который мог бы вознести ребенка или даже молодого человека сразу на верхние этажи здания цивилизации. Такие попытки в образовании, в том числе и математическом, уже делались и неоднократно, но все они кончались плачевно. Чем выше здание, тем прочнее должен быть фундамент. Человек, получивший хорошее фундаментальное образование, гораздо быстрее приспособится к условиям современной жизни, сумеет найти в ней свое место, чем тот, кто поверхностно познакомился с многочисленными современными предметами, научился нажимать кнопки сложных приборов, не понимая сути происходящих в них процессов. Владение же геометрическим методом очень полезно современному человеку, так как позволяет ему быстро и наглядно понять суть слож-

ного явления, дать ему ясную интерпретацию». Это опять цитата из упоминавшейся ранее статьи И.Ф. Шарыгина.

Мы как-то увлеклись и забыли о компьютерных технологиях. Игорь Фёдорович описал наши взаимоотношения так, что лучше не скажешь! Позвольте еще раз процитировать!

«Заметным явлением сегодняшней цивилизации стал компьютер. И здесь особо следует сказать о взаимоотношениях между геометрией и компьютером. С одной стороны, геометрический тип рассуждений наименее поддается компьютеризации. (А отсюда, в частности, следует, что его сохранение и развитие особенно важно именно в настоящее время.) Геометрия остается одной из немногих сфер интеллектуальной деятельности, где человек еще не проиграл соревнование компьютеру. А с другой – компьютер является очень полезным инструментом в геометрических исследованиях. С его помощью можно экспериментально обнаруживать новые интересные геометрические факты. Человеку же остается важнейшая роль – эти факты доказывать (всего лишь!). И получается, что первонаука, которой является геометрия, получила новый толчок к развитию, как образовательный предмет и как наука, благодаря самым современным компьютерным технологиям».

И.Ф. Шарыгин в своей большой и эмоциональной статье написал о роли Геометрии в формировании человека разумного так глубоко и всеобъемлюще, что, по нашему мнению, делает бессмысленным всякое обсуждение роли НГ в инженерном образовании без обращения к базовым понятиям, проверенным многовековым опытом развития цивилизации. Ведь буквально все, о чем говорит Игорь Фёдорович, как школьный учитель математики, абсолютно полностью подходит и соответствует нашей работе с перешедшими на другую ступеньку выпускниками школы.

### Список литературы

1. Арустамов Х.А. Сборник задач по начертательной геометрии: учеб. пособие для студентов вузов. – 9-е изд., стереотип. – М.: Машиностроение, 1978. – 445 с.
2. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии: учеб. пособие. – 23-е изд., перераб. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
3. Иванов Г.С. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – 3-е изд. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – 340 с.

4. Инженерная 3D-компьютерная графика: учеб. пособие / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2012.

5. Шарыгин И.Ф. Нужна ли школе 21-го века Геометрия? // Математическое просвещение. – 2004. – Вып. 8. – С. 37–52.

6. Хейфец А.Л. Начертательная геометрия как «бег в мешках» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации (КГП – 2015): материалы V междунар. науч.-практ. интернет-конф. (февраль – март 2015 г.) – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – Вып. 2. – С. 298–325.

7. Поликарпов Ю.В. Содержание вузовского курса начертательной геометрии в эпоху третьей промышленной революции // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6, вып. 3. – С. 49–55.

8. Бойков А.А., Сидоров А.А., Федотов А.М. К вопросу о методике использования алгоритмов при решении задач начертательной геометрии // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6, вып. 3. – С. 56–68.

9. Максимова Р.А., Полубинская Л.Г., Хуснетдинов Т.Р. Формальная логика и алгоритмы в преподавании начертательной геометрии [Электронный ресурс] // Педагогика. Вопросы теории и практики. – 2018. – № 1 (9). – С. 97–102. – URL: <http://gramota.net/materials/4/2018/1/21.html>.

10. Тимошенко С.П. Инженерное образование в России / Производственно-издательский комбинат ВИНТИ. – Люберцы, 1997.

11. Иловайский Л.В. Развивать образное мышление студентов // Сб. науч.-метод. ст. по НГ и ИГ. – М.: Высшая школа, 1974. – Вып. 2. – С. 37–40.

## ПРЕПОДАВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В СВЕТЕ ИДЕЙ РУССКОЙ ПРАВОСЛАВНОЙ ФИЛОСОФИИ

**Ракитская Мария Валентиновна,  
Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Проводится сравнение современного подхода к образовательному и воспитательному процессу в вузе, в том числе при обучении графическим дисциплинам, с идеями классиков отечественной православной философии. Показана важность сохранения традиций отечественного образования в условиях его глобализации. Приводятся примеры из опыта авторов в построении учебного и воспитательного процессов.

**Ключевые слова:** образование, инженерная графика, начертательная геометрия, православная философия, электронная модель, чертеж, воспитательный процесс.

## TEACHING GRAPHIC DISCIPLINES IN THE LIGHT OF THE IDEAS OF RUSSIAN ORTHODOX PHILOSOPHY

**Rakitskaya Mariya Valentinovna,  
Tikhonov-Bugrov Dmitrii Evgenievich**

Baltic State Technical University "VOENMEH"  
named after D.F. Ustinov

A comparison is made of the modern approach to the educational and pedagogical process at the university when teaching graphic disciplines with the ideas of the classics of Russian Orthodox philosophy. The importance of preserving the traditions of national education in the context of its globalization is shown. Examples from the authors' experience in constructing instructional and educational processes are given.

**Keywords:** education, engineering graphics, descriptive geometry, Orthodox philosophy, electronic model, drawing, educational process.

Содержание образования – педагогически адаптированная система знаний, навыков и умений, опыта творческой деятельности и опыта эмоционально-волевого отношения, усвоение которых призвано обеспечить формирование всесторонне развитой личности, подготовленной к воспроизведению и развитию материальной и духовной культуры общества [7].

Содержание образования носит исторический характер, подвержено влиянию глобальных процессов. Василий Розанов в статье «Сумерки просвещения» отмечал необходимость соотнесения задач воспитания и образования с сущностными свойствами человека и целями истории.



В настоящее время – время конфронтации, глобализации, всевозможных санкций, военных конфликтов, трагических событий в истории вселенского православия, – общество обращается к вечным вопросам русской интеллигенции: Что делать? Кто виноват? В чем моя вера? Нас волнует, сумеем ли мы выстоять, сохранить свою культуру, веру, ценности?

Вот что по этому поводу писал архимандрит Иоанн Крестьянкин: «Техника уже давно увеличивает скорость передвижения людей и добывания ими земных ценностей. Казалось бы, больше времени должно остаться у людей на жизнь духа. Однако нет. Душе труднее и тяжелее стало жить. Материальность мира, быстро крутясь, втягивает в себя и душу человека. И душа гибнет, ей нет времени уже ни для чего возвышенного в мире, – все вертится, все кружится и ускоряет свой бег. Какая ужасная призрачность дел! И, однако, она крепко держит человека и народы в своей власти. Вместо духовного устремления, миром уже владеет психоз плотской быстроты, плотских успехов. Вместо усиления святой горячности духа происходит все большее горячение плоти мира. Создается мираж дел, ибо к делам призван человек и не может быть спокоен без дела. Но дела плоти не успокаивают человека, так как не человек ими владеет, а они им. Человек – раб дел плотских. Строите на песке. Построение на песке разрушается. От земного дома человеческого остается куча пыли. Вместо многих гордых строений осталась куча песка. И из этого песка опять строит человек себе мир. Песок осыпается, и человек трудится, подбирая его... Бедный человек! Все закованы в цепи малых, ничего душе не дающих дел, которые надо выполнить возможно скорее для того, чтобы можно было как можно скорее начать ряд других, столь ничтожных дел» [5].

На поставленные выше вопросы существует почти универсальный ответ: делай, что должно и будь что будет. В этой ситуации нам представляется интересным посмотреть на свою работу, свое «должно» в свете идей корифеев русской православной философии, которые уделяли большое внимание вопросам образования и воспитания. Традиции русской религиозной философии позволяют осмыслить современные процессы русской культуры, видение целей образования, представление о человеке современности.

В связи с необъятностью темы мы остановимся на трех вопросах: Что нам дала чужая модель образования? Как решать проблемы воспитания в рамках учебного процесса? На каких принципах должно быть построено образование?

И.В. Киреевский отмечал [4], что характер европейской образованности отличается перевесом рациональности, но в православной образованности собиралось и жило то устроительное начало знания, та философия христианства, которая одна может дать правильное основание наукам.

В.В. Розанов утверждал [8], что создание человека вне духа своей культуры, синтетически собранного из элементов всех цивилизаций, есть идея крайне искусственная. И еще [8]: «Едва мы перестали восхищаться чужеземным и пересаживать его на свою почву, как у нас оригинально и самостоятельно вырастают явления, параллельные лучшим чужеземным насаждениям».

На наш взгляд, таким чужеземным насаждением является бакалавриат – следствие подписания Болонского соглашения. Как известно, работодатели встретили этот вид высшего образования с непониманием и окрестили его недоученным инженером, или техником с дипломом о высшем образовании. Кроме этого, в связи с внедрением «компетентностного подхода» преподаватели вынуждены делать вид, что они гарантируют приобретение учащимися требуемых компетенций в виде способностей [10].

Движение к заявленной цели (встраивание в европейскую систему образования) осуществляется с большим рвением и сводится к массовой замене пятилетнего образования на четырехлетнее. Заметим, без внесения существенных национальных особенностей, которые есть у всех европейских вузов, подписавших Болонское соглашение. В [1] отмечается, что практически во всех странах ЕПВО наблюдаются многочисленные факты отступления от согласованных болонских инструментов. Главная наша особенность – директивная добавка к названию квалификации бакалавр – инженер, не меняющая сути дела. На сайтах большого числа вузов читаем: бакалавриат – это полноценное высшее образование на уровне мировых стандартов.

Профессиональные стандарты, составленные при участии ведущих предприятий, однозначно (и справедливо) лишают бакалавра творческой составляющей деятельности до истечения трехлетнего стажа работы [12].

Интересно, что и студенты понимают некую неполноценность данной квалификации. Исследования О.И. Крушельницкой и М.В. Полевой [4], направленные на выявление конкретных эмоционально окрашенных представлений современных студентов бакалавриата очной формы обучения о будущем, которые определяют ценность диплома о высшем об-

разовании, показали, что студенты бакалавриата в своем большинстве не рассматривают диплом как документ, который отражает квалификацию и уровень образованности владельца, определяет перспективы трудоустройства и карьерного роста.

Проблему преподавания инженерной графики в условиях сокращения срока обучения решают по-разному. Там, где на дисциплину отведен один семестр, делается упор на самостоятельное изучение, попытка опереться на технологию «перевернутый класс». Учебный процесс превращается в перманентное тестирование, а преподаватель – из интеллектуального авторитета в учетчика выполненных студентом заданий. А самый печальный итог – потеря кафедрой самостоятельности.

При наличии двух семестров стараются втиснуть в рамки учебного процесса программу, ориентированную на специалитет.

Рассуждая об учебном процессе, В.В. Розанов писал [8], что впечатления от обучения должны быть удлиненными, по возможности менее прерываемыми. Способ передачи их должен по возможности согласоваться с наиболее яркими, сильными задатками в воспитываемом и с наиболее живыми, деятельными способностями воспитывающего, т.е. он должен быть индивидуален. Так ведь это и есть не что иное как «студентоцентрированное обучение», провозглашенное болонским соглашением! Но такой подход и всегда был присущ лучшим образцам отечественной высшей школы.

Именно такой подход к студенту, такую модель мы стараемся использовать при обучении в рамках специалитета: растянутость обучения не менее трех семестров; использование проектного обучения; индивидуальный подход на завершающей стадии обучения; использование уникального практического опыта преподавателей. В бакалавриате, увы, приходится жертвовать индивидуальным подходом.

Препятствием для полной реализации такой модели является пресловутое подушевое финансирование, вследствие которого процветает административное давление на преподавателя с целью любой ценой сохранить численность обучаемых и тем самым лишить способных студентов части внимания, затраченного на вытягивание двоечников.

И снова процитируем В.В. Розанова [8]: «Тот “особый и облегченный” путь к науке, о котором Евклид сурово сказал своему государю, что “его нет и для царей”, – этот путь теперь открыт для всякого, не требуя не только каких-либо особых напряжений мысли, но и простой любознательности в силу расставленных по нему приманок».

Приманкой, до которой не дожил философ, могут стать и электронные ресурсы, которые благодаря революции в добыче информации и бурному развитию плагиата не способствуют интеллектуальному развитию значительной части общества. Влияние «черных зеркал» на интеллектуальный уровень первокурсников ощущается по результатам входных тестирований и собеседований.

Три принципа образования, провозглашенные В.В. Розановым: принцип индивидуальности; принцип целостности; принцип единства типа – не потеряли актуальности в настоящее время. Из триады: студентоцентрированное обучение; результативное обучение; цифровизационное обучение, Розанов, – по понятным причинам, не проповедовал только третье. Оставьте во мне «человека вообще», действуйте только на него и только общими же своими сторонами, – писал философ, – и вы, наверное, сделаете меня во всем недалеким, ко всему вялым, ни в чем не ярким.

Обратимся к проблемам содержания дисциплины «Инженерная и компьютерная графика».

На наш взгляд, в настоящее время наблюдается некоторый перекос в сторону обучения инструментарию – созданию 3D-моделей. Как отмечается в [2], несмотря на широкие возможности компьютерного моделирования, модели геометрии для оценки работоспособности деталей в общем случае проще их полной «рабочей» геометрии. Они не учитывают ряд геометрических элементов, отвечая на ряд допущений, принимаемых в собственно расчетных моделях типовых элементов конструкций, моделях их нагружения, оценки напряжений, деформации и других величин.

Практика показывает, что на предприятии «компьютерные мальчики» бодро создают 3D-модель, если имеется хотя бы чертеж-разработка (упрощенный аналог чертежа вида общего).

Что будет, если при обучении занять такую позицию: конструктор создает модель и передает технологам, они сами дополняют ее необходимыми атрибутами, ему не обязательно знать принципы простановки размеров и другой информации? Такой «легкий путь» приводит к тому, что теряется классическая база подготовки специалистов, происходит «скольжение по поверхности», теряется глубина, теряется необходимое осмысление всего устройства.

Сколько бы мы не воспевали 3D-модель, но создание нового устройства не обходится хотя бы без эскиза. Инженерная и компьютерная графика и начертательная геометрия служат одним из инструментов для

подготовки будущего специалиста. По нашему мнению минимальная программа курса должна иметь следующее содержание:

### **1 часть**

1. ГОСТ 2.305–2008. Изображения – виды, разрезы, сечения.
2. ГОСТ 2.307–2008. Размеры.
3. Шероховатость.
4. Резьба.
5. Шлицевые, шпоночные соединения.

### **2 часть**

1. Создавать 3D-сборки, с использованием болтового, шпилечного, соединения, соединения с использованием шпонки, резьбового соединения. При этом необходимо активно использовать библиотеки Компаса и справочники на соответствующие конструктивные элементы.

2. Формировать ассоциативные чертежи и т.д. Здесь необходимо признать большую пользу 3D-модели – в этом случае (при соответствующем навыке) видно реальное устройство. Для проверки 3D используется создание ассоциативного чертежа сборки, с необходимыми разрезами и сечениями.

Необходимо подчеркнуть, что 3D-моделирование является важной частью инженерной и компьютерной графики, но не самой главной. Не составляет большого труда студентам (при личной заинтересованности), например, при изучении пакета «КОМПАС», зайти в Азбуку КОМПАС-3D и приобрести необходимые навыки в построении касательных плоскостей, использовании вспомогательной геометрии, кинематической операции, использовании массивов и т.д. Часто студенты, например, для создания пружины, смотрят видеоролики из Интернета или обращаются за разъяснением к преподавателям.

Опыт общения со студентами других вузов показывает, что некоторые из них прекрасно знают пакеты 3D-графики. Их там обучали даже не одному пакету, а нескольким. Но когда дело доходит до чертежа, то приходится часто за голову хвататься. Они не знают, что такое резьбовая фаска, как правильно ставить размеры, не задумываются о технологии обработки детали, о необходимых конструктивных элементах.

Придет дядя-технолог и все сделает за него, а если учесть, что и технологи зачастую обучаются по тем же программам, то встает вопрос: что от них ждать? Наверное, роль «компьютерных мальчиков» при стареньких дядях – конструкторах старой школы.

Очень важно, чтобы студент анализировал особенности использования в конструкции тех или иных стандартных деталей.

Например, резиновые уплотнительные кольца ГОСТ 9833–73. При их использовании в сборке наши студенты отвечают на следующие вопросы:

1. В каком соединении они используются (подвижном, или неподвижном)?
2. Как целесообразно уплотнять (по штоку или цилиндру)?
3. Каковы геометрические характеристики канавки и кольца для надежного уплотнения?
4. Какая должна быть сопутствующая шероховатость штока и цилиндра и почему они различаются?
5. Какой необходим заходный конструктивный элемент и в каком месте его необходимо расположить?
6. Нужна ли канавка для выхода шлифовального круга?
7. Каковы условия эксплуатации?

Тут же приводятся примеры из практики, когда ошибки в проектировании и конструировании уплотнений приводили к тяжелым последствиям.

При использовании резьбового соединения – обращаем внимание на диаметр и шаг резьбы в соединяемых деталях и на соответствие за-резьбовой проточки шагу резьбы, на зазоры в гладких отверстиях под болтовые соединения (опять с примерами из личной практики).

Это позволяет студенту «вжиться в конструкцию», заставляет анализировать, развивать ту самую рефлексию, о которой много говорится в разных циркулярах.

### **О начертательной геометрии**

Надо ценить, что она учит не только развитию пространственного воображения, но и логике. Решение любой задачи должно начинаться с анализа исходных данных. Затем формируется пространственная идея решения. Далее намечается путь решения задачи на ортогональном чертеже с использованием рациональных приемов (преобразования чертежа, нахождения соответствующего пересечения, введение посредника, анализ свойств геометрических образов и т.д.). Этот универсальный подход можно использовать и для решения других задач в других дисциплинах, и соответствующий навык в развитии логики успешно приобретается [9].

### **О воспитании в рамках университета**

Снова обратимся к цитате из статьи В.В. Розанова [8]: «Если в ком-нибудь из нас, потом вышедших на широкую арену жизни, был возвра-

щен культ своей родины, ее прошлого, наконец, религии и церкви – это, конечно, было сделано университетом, хотя любопытно, ни одним словом нам не навязывался этот культ; но он возникал сам собой из общего отношения к делу – как общим же отношением к делу, вопреки отдельным зазываниям к этому культу, мы от него непреодолимо отвращались в средней школе». Действительно, «дух университета», корпоративная культура дорогого стоят.

Большой интерес представляют педагогические взгляды И.А. Ильина, который писал: «России нужен новый русский человек, с обновленным – религиозным, познавательным, нравственным, художественным, гражданским, собственническим и хозяйственным укладом... Россия ждет от нас нового христиански-социального, волевого, творческого воспитания» [3]. И там же: а высшая школа «должна сообщать человеку искусство ответственного, одинокого мышления, – искусство мыслить из самого предмета, силу целостного созерцания (интуиции) и строгого аналитического наблюдения (дедукции)».

В то же время и Ильин, и Розанов считали, что основные функции воспитания принадлежат семье. Образование, по Ильину, не может воспитывать, а главная цель образования – не в получении знания как такового, а в сообщении нового способа жизни (вспомним «образованщину» А.И. Солженицына).

Включаясь в воспитательный процесс, мы осознаем, что работаем с контингентом, становление которого происходит в сложный исторический период эволюции общества, что родители этих студентов формировались как личности в сложные, можно сказать лихие, девяностые годы. Здесь уместна еще одна цитата из Розанова [9]: «Техника, присоединившись к душе, дала ей всемогущество. Но она же ее и раздавила. Получилась “техническая душа”, лишь с механизмом творчества, а без вдохновения творчества».

Важно осознавать, что преподаватель – посредник между студентом и культурой, и в воспитательной работе первостепенное значение имеет личный пример преподавателя.

Точность, вежливость, внешний вид, культура речи, требовательность, последовательность, объективность в работе преподавателя – элементы воспитательной работы и все того же «студентоцентрированного подхода». Мы стараемся изучать индивидуальные особенности личности членов учебной группы, знаем, где студент получил базовое

образование, поддерживаем контакты с педагогами инженерных классов ряда городов, нам известны результаты ЕГЭ каждого студента.

Обязанность преподавателя – знакомить студентов с правилами внутреннего распорядка в вузе, особенностями поведения на кафедре и, что очень важно, неуклонно требовать их выполнения. По этой части мы взаимодействуем со всеми кафедрами университета, расположенными в одном с нами университетском корпусе.

Мы стараемся воздействовать на студента не только примерами из личного опыта, но и широко используем биографии выдающихся деятелей отечественной науки и инженерного дела, выдающихся выпускников университета. На кафедре имеются стенды по данной тематике, практикуется посещение музея вуза и городских музеев (космонавтики, ракетных войск и артиллерии).

Также мы опосредованно пытаемся взаимодействовать с семьями через институт кураторов, тьюторов, деканаты.

Мы убеждены, что обращение к духовно-нравственным традициям отечественного образования весьма перспективно для восстановления традиций, уклада жизни и форм современного образования. Весьма своевременно обращение к наследию отечественных религиозных философов в современной ситуации в мировой политике и экономике. Оно убедило нас в необходимости сохранения достижений отечественного образования, в «параллельности» многих забытых или игнорируемых наших технологий обучения, в необходимости обратить внимание на три принципа В. Розанова: национальность; семейность; практицизм. Мы убедились, что в сложных условиях формирования учебного процесса нельзя забывать о проблеме «технической души». «Торопись думать, торопись делать. Время коротко. Сей вечное во временном» [5]. «И чтоб душа не озябла... Страшно, когда наступает озноб души» [9].

### Список литературы

1. Байденко В.И. Болонский процесс: в преддверии третьего десятилетия // Высшее образование в России. – 2018. – Т. 27, № 11. – 167 с.

2. Горнов А.О., Козырев А.Д. От 3D-электронной модели сборочной единицы к рабочей документации детали // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы 6 междунар. науч.-практ. интернет-конф. Вып. 3. – Пермь, 2016. – 444 с.

3. Ильин И.А. Путь к очевидности. – М., 1998. – 184 с.



4. Киреевский И.В. В ответ А.С. Хомякову // Духовные основы русской жизни. – М., 2007. – 448 с.
5. Архимандрит Иоанн (Крестьянкин) Келейная книжица о семи нечистых духах, о семи горячностях духа // Изд. Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря, 2014. – 40 с.
6. Крушельницкая О.И., Полевая М.В. О ценности диплома с точки зрения студента бакалавриата // Высшее образование в России. – 2018. – Т. 27, № 12. – 166 с.
7. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. – М.: Педагогика, 1981. – 186 с.
8. Розанов В.В. Сумерки просвещения. – М.: Педагогика, 1990. – 624 с.
9. Розанов В.В. Опавшие листья. – М.: Астрель, 2011. – 383 с.
10. Сенашенко В.С., Медникова Т.Б. Компетентностный подход в высшем образовании: миф и реальность // Высшее образование в России. – 2014. – № 5. – 160 с.
11. Сальков Н.А. Место начертательной геометрии в системе геометрического образования технических вузов // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, вып. 3. – 82 с.
12. Тихонов-Бугров Д.Е., Абросимов С.Н. Графическая подготовка в вузах в свете трендов Д.В. Мантурова / XXIII Междунар. науч.-метод. конф. «Современное образование: содержание, технологии, качество», 21 апреля 2017 г.: [в 2 т.] / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Институт научно-методических исследований в области образования. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – Т. 2. – 346 с.

## К ВОПРОСУ ОБ УСПЕШНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ СТУДЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗА

**Сергеева Ирина Александровна,  
Щербакова Ольга Валерьевна**

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск

Рассматривается вопрос повышения качества подготовки студентов по графическим дисциплинам. Анализируются основные причины, мешающие студентам-первокурсникам успешно освоить в полном объеме программу курса «Начертательная геометрия». Предлагается, как один из вариантов решения данной проблемы, активное использование на занятиях принципа алгоритмизации при решении типовых задач курса.

**Ключевые слова:** графические дисциплины, начертательная геометрия, качество подготовки студентов, оптимизация процесса обучения, алгоритм решения задач.

## TO THE QUESTION ABOUT THE SUCCESS OF STUDYING GRAPHIC DISCIPLINES FOR STUDENTS OF TRANSPORT HIGHER EDUCATION INSTITUTION

**Sergeeva Irina Aleksandrovna,  
Shcherbakova Olga Valerievna**

Siberian State Transport University

This article addresses an important issue – improving the quality of student training in graphic disciplines. According to the authors, the main reasons that prevent first-year students from successfully mastering the “Descriptive Geometry” course program in full are analyzed and shown. It is proposed, as one of the solutions to this problem, this is an active use in the classroom of the algorithmization principle in solving typical course tasks.

**Keywords:** graphic disciplines, descriptive geometry, the quality of student preparation, optimization of the learning process, problem solving algorithm.

Изучая имеющуюся литературу по проблемам обучения графическим дисциплинам студентов технических вузов, можно заметить, что многие авторы уже давно обоснованно и ясно сформулировали основные моменты и проблемы, которые мешают обучающимся в полной мере освоить цикл графических дисциплин [2, 3]. Несмотря на некоторые различия в аспектах проблем, общая и главная проблема, по мнению авторов, – это отсутствие развитого пространственного мышления у обучающихся [1, 2, 8].

До определенного момента времени мы поддерживали эту точку зрения коллег по данной проблематике, но за последние годы нашей педагогической деятельности мы столкнулись с рядом несколько иных

проблем. Этому поспособствовал, на наш взгляд, ряд факторов: изменения педагогической парадигмы средней школы, а также глобальные изменения в содержании графического образования школьников в частности и образования в целом. Анализируя результаты ежегодного опроса первокурсников о преподавании черчения в школе, можно заметить интересную тенденцию: если начиная с 2000 года количество первокурсников, изучающих черчение было малое число от общего числа обучающихся, то начиная с 2013 года черчение в школе уже преподавалось практически у всех. Это обусловлено, главным образом, профориентацией школьников старшего звена: после 9 класса идет формирование естественно-научных, физико-математических, инженерных и прочих классов, обучение в которых направлено на подготовку будущих абитуриентов технических вузов. В этом случае курс графики ведется в старших классах, как правило – в 9 и (или) 10. Тогда напрашивается естественный вопрос: почему же при таком положении дел у студентов-первокурсников возникают сложности при освоении графических дисциплин? А главная проблема заключается в том, что именно в эти годы обучения все усилия педагогов школы направлены на подготовку обучающихся к ОГЭ и ЕГЭ. «Натаскивание» школьников на отличное выполнение задания экзаменов дает свои негативные результаты: основные усилия направлены на штудирование выбранных предметов. Такой подход отучает абитуриентов, будущих студентов, от логического мышления, синтеза информации, делает невозможным решение задач на активацию познавательной деятельности [3]. Анализ сложившейся ситуации выявил следующие особенности современных первокурсников, обучающихся графическим дисциплинам:

1. Привычка работать по образцу. В результате не формируется навык применения полученных знаний и умений в различных учебных ситуациях. Например, тема занятия – Конструирование плоскости. В аудитории решаем задачи на построение проекций квадрата. Домашнее задание – сконструировать треугольник (равнобедренный или прямоугольный). Многие обучающиеся задачу решить не могут, называя причину: в аудитории треугольники не строили.

2. Отсутствие навыков анализа и синтеза учебной информации. Эта проблема является логическим продолжением п. 1. Прочитав условие задачи, очень часто студенты не знают, с чего начать решение. Не могут выделить в условии главные (первостепенные) данные – текст или графическое задание, опираясь на которые можно решить данную задачу.

3. Неумение учиться. Например, самостоятельно добывать необходимые знания. Отмечается низкое качество работы с конспектом, с теоретической частью курса. Также присутствует невысокая мотивация самостоятельно решить задачу. Несостоятельность в планировании своей учебной траектории часто приводит к большим задолженностям по учебным дисциплинам.

4. Отсюда следующая проблема – неумение работать с источниками. Учебники и электронные ресурсы практически не используются. Конспекты ведутся небрежно. Большинство не успевает записывать за преподавателем, наблюдается низкая скорость письма. Чертежи в конспекте выполняются небрежно, мелко, без чертежных инструментов.

5. Переизбыток визуальной информации – нет запоминания, формирования необходимого багажа знаний. Эта проблема также является актуальной. Любая информация сейчас находится в открытом доступе. На любой вопрос преподавателя можно быстро найти ответ в сети Интернет. В результате моделируется ситуация «сдал и забыл». Студенты, которые сдают работы с опозданием, часто отвечают, что уже не помнят, что и как они в этой задаче строили и решали.

Подведя итог вышесказанному, хочется сказать, что помимо традиционных затруднений, вызванных неумением выполнять простейшие графические построения на чертеже, отсутствием пространственного мышления, мы столкнулись и с общим низким уровнем образовательных качеств обучающихся.

Еще, несомненно, свой отпечаток накладывает тот факт, что в транспортном вузе обучаются много студентов с периферии, где изначально качество школьного образования является ниже, чем у городских сверстников. Студенты с периферии часто обучаются по целевому направлению. Это тоже значительным образом влияет на качество освоения дисциплин.

В результате перед нами была поставлена серьезная задача – оптимизировать процесс обучения таким образом, чтобы на выходе обеспечить требуемое качество компетенций, согласно имеющимся стандартам обучения. Ранее нами была разработана модель визуально-ориентированного обучения графическим дисциплинам с использованием компьютерных технологий и средств обучения, включающая в себя три блока – контролирующий, содержательный и технологический [5].

Мы стали более тщательно подходить к организации учебного практического (лабораторного) занятия, а именно – применять алгоритмизацию решения типовых задач. При решении задачи мы составляем

алгоритм ее решения и в дальнейшем его проговариваем или записываем. При этом в работу включается не только визуальная (зрительная) память, но и слуховая (аудиальная), и моторная (кинестетическая), что тоже является несомненным плюсом для усвоения материала обучающимися [4, 7]. Рассмотрим, как мы проводим обучение основным базовым темам дисциплины «Начертательная геометрия» на наших занятиях.

При решении задач на конструирование плоскости студентам предлагается вспомнить, проговорить вслух и схематично зарисовать геометрические свойства заданной фигуры. Затем сопоставить данные свойства с текстовым и графическим заданием учебной задачи.

При проработке темы «Пересечение геометрических фигур» мы записываем порядок решения задачи (алгоритм) символьным языком геометрии.

При пересечении поверхностей, решении задач методом ПЧО (проекций с числовыми отметками) вся последовательность решения задачи проговаривается вслух и записывается.

Такой подход в обучении показывает снижение количества типичных ошибок, таких как пренебрежение опорными (характерными) точками, определение видимости элементов, взаимного расположения объектов в пространстве, обучающийся быстрее запоминает графический материал, а также есть всегда возможность быстрого доступа к своим записям в тетради, где материал требуемой темы четко прописан, согласно алгоритму решения. Поскольку на лекциях темы изучения более глобальны, студентам приходится еще самостоятельно изучать выданный материал, наши алгоритмированные примеры решения типовых задач, несомненно, помогают ему более в полном объеме изучить требуемый материал [6].

Структуризация учебного материала, применение алгоритмов решения задач позволяет систематизировать приобретаемые знания, сократить количество ошибок при решении, выполнять задания самостоятельно, без посторонней помощи. Опросы и беседы с обучающимися показали, что при неуверенности в своих знаниях и умениях студент часто пытается быстро решить задачу, пока «помнит», как это делать, т.е. не придерживается четкой последовательности действий, поэтому логичнее всего разрабатывать и подстраивать программу учебного курса так, чтобы были учтены все требования: и требования стандартов обучения графическим дисциплинам, и реальные возможности современных обучающихся (студентов). Мы постоянно проводим мониторинг успеваемости студентов. Так, анализ результатов экзаменационной

сессии по начертательной геометрии студентов первых курсов показал, что те студенты, которые систематически посещали часы приема заданий и использовали в своей практике при решении задач приемы алгоритмизации, сдавали экзамен с первой попытки и на положительную оценку, что подтверждает возможность использования нашего опыта обучения для улучшения качества подготовки студентов по графическим дисциплинам.

### Список литературы

1. Ботвинников А.Д., Ломов Б.Ф. Научные основы формирования графических знаний, умений и навыков школьников. – М.: Просвещение, 1979. – 256 с.
2. Вольхин К.А., Астахова Т.А. Проблемы графической подготовки студентов технического университета // Геометрия и графика. – 2014. – Т. 2, № 3. – С. 24–28.
3. Жидкова Е.В., Щербакова О.В. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов технических вузов в процессе формирования навыков графической подготовки // Профессиональное образование в современном мире. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 897–902.
4. Зарукина Е.В., Логинова Н.А., Новик М.М. Активные методы обучения: рекомендации по разработке и применению. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 59 с.
5. Сергеева И.А. Опыт создания и внедрение учебно-методического депозитария по начертательной геометрии и инженерной графике // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2014. – № 2 (18). – С. 93–102.
6. Сергеева И.А. Модель визуально-ориентированного обучения графическим дисциплинам как средство повышения эффективности учебного процесса // Гуманитарные исследования СГУПСА. – 2010. – № 5. – С. 120–125.
7. Щербакова О.В. Опыт использования современных образовательных технологий при изучении графических дисциплин в обучении студентов технических специальностей // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. / Новосиб. гос. архит.-строит. ун-т (Сибстрин), Брест. гос. техн. ун-т. – 2018. – С. 369–373.
8. Якиманская И.С. Развитие пространственного мышления школьников. – М.: Педагогика, 1980. – 240 с.

# ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В НОВОМ УЧЕБНОМ КУРСЕ «ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

**Чемпинский Леонид Андреевич**

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, Самара

На основе опыта преподавания аналогичного курса школьникам сделан вывод о возможности развития пространственного воображения при отсутствии навыков черчения. Представлены способы формирования пространственных представлений с использованием CAD-модуля системы ADEM, библиотек параметрических моделей базовых элементов формы и натуральных образцов. Способность моделирования сложных пространственных объектов различными методами формируется на основе освоения приемов построения плоских и пространственных кривых и типовых функций CAD-модуля в процессе решения практических задач. Приобретение компетенций формирования чертежей по 3D-моделям и их оформления в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД реализуется самостоятельно при выполнении индивидуальных заданий.

**Ключевые слова:** новый учебный курс, геометрическое моделирование, компетенции, апробация.

## COMPETENCE FORMATION IN A NEW EDUCATIONAL COURSE «BASICS OF GEOMETRICAL MODELING IN MECHANICAL ENGINEERING»

**Chempinskiy Leonid Andreevich**

Samara State Aerospace University

Based on the experience of teaching a similar course to school students, the conclusion that opportunity of development the spatial imagination in the lack of drawing skills was made. There were presented the methods of spatial representation formation with using the CAD module of the ADEM system, libraries of parametric models of basic form elements and full-scale samples. The ability to model complex spatial objects using various methods is formed on the basis of mastering the techniques of constructing flat and spatial curves and typical functions of the CAD module in the process of solving practical problems. Getting the competence of formation the drawings of 3D models and their design in accordance with the requirements of ESKD standards is realised independently while performing individual tasks.

**Keywords:** a new learning course, geometric modeling, competence, testing.

Традиционный подход, декларирующий цели обучения начертательной геометрии, предполагает развитие пространственного воображения в процессе отображения объемного объекта в виде проекций на плоскости, способов решения на плоскости различных позиционных

и метрических задач для того, чтобы, в конечном итоге, решить обратную задачу: представить результат в виде модели объемного объекта [1].

Однако практика преподавания начертательной геометрии (из-за отсутствия учебных часов?) практическую реализацию обратной задачи, как правило, игнорирует, видимо, считая, что теоретических знаний, приобретенных студентом, достаточно, а там «жизнь научит» (в процессе решения задач проекционного черчения и выполнения технических рисунков).

Многолетняя практика преподавания авторского, эксклюзивного курса «Основы геометрического моделирования» в ряде довузовских заведений г. Самары [2] показала, что с задачами по 3D-моделированию воображаемых объектов учащиеся начальной школы справляются лучше, чем, например, ученики 8 классов.

Это обстоятельство позволило сделать вывод о том, что сознание учащихся младших классов со дня рождения в объемном мире еще свободно от традиционных способов отображения пространственных объектов на плоскости, не «забито», например, правилами отображения реальных объектов на уроках рисования. Другими словами, чем раньше обучаемый, живущий в среде трехмерного пространства, пытается моделировать (на плоском экране монитора) объемные воображаемые объекты или пространственные объекты произвольной формы с натуры, тем его действия естественнее, а результаты качественнее (фантазия богаче?).

В контексте рассматриваемого вопроса о формировании компетенций в новом курсе для развития пространственного воображения и его применения при решении комплексных (метрических и позиционных) задач, традиционно рассматриваемых в курсе начертательной геометрии, студента с «нулевым» уровнем подготовки, но освоившего школьный курс стереометрии целесообразно научить в первую очередь работе с объемными моделями, представляемыми в виде псевдообъемных плоских проекций на экране компьютера. Знаний по черчению при этом иметь не обязательно.

В этом случае обучаемый имеет возможность (на первом этапе) сопоставления натуральных объектов канонической формы (цилиндра, конуса, параллелепипеда и др.) и их псевдообъемного представления в виде моделей на плоском экране, выбираемых из библиотеки параметрических моделей базовых элементов формы (ПРМ БЭФ), используя технологию баз данных, тем самым формируя свои навыки распознавания объектов по их моделям; однозначно определять форму и метрические



характеристики объекта, задавать вид модели и окраску ее поверхности; выполнять аффинные преобразования с моделью в соответствии с заданным расположением объекта в пространстве; выполнять «локальные операции», имитируя процесс лепки объекта из пластилина, путем изменения пространственного положения и вида отдельных элементов модели; моделировать последовательность преобразований, например, отсека плоскости в ленту Мёбиуса, а цилиндра – в бутылку Клейна; выполнять задания по моделированию наперед заданной композиции из однотипных объектов, например, идеальных кристаллографических ячеек строения твердого тела; реализовать конструктивный метод создания сложных объектов из БЭФ с выполнением булевых операций и т.д.

В качестве инструмента, с помощью которого с первых дней занятий в вузе студенты развивают способности (формируют компетенции), выбран CAD-модуль CAD/CAM/CAPP системы ADEM VX [3]. Система обладает, по нашему мнению, рядом существенных преимуществ по сравнению с другими современными системами для использования в учебном процессе вуза, например:

- ◆ будучи отечественной разработкой, предназначенной для профессионального использования, вобрала в себя опыт реального «сквозного» проектирования и производства с соблюдением государственных стандартов ЕСКД разработчиков, ранее приобретенный ими на передовых предприятиях, в частности в аэрокосмической отрасли;

- ◆ является интегрированной системой с постоянно развивающимся мощным функционалом, позволяющим реализовать процесс «сквозного» проектирования в процессе последовательного освоения студентами конструкторских и технологических дисциплин;

- ◆ удобна в использовании как в компьютерных классах вуза, так и при самостоятельной работе дома.

Приведенный выше небольшой перечень возможностей развития пространственных представлений обучаемого с использованием нового инструмента, каким является CAD-модуль системы, позволяет говорить о его неоспоримом преимуществе перед возможностями начертательной геометрии.

Главным же преимуществом использования CAD-модуля является возможность представления моделей (объемных) пространственных объектов в цифровом виде, однозначность определения координат расположения в пространстве любого из элементов объекта, а также точность его позиционирования (до  $10^{-3}$  мм и выше), что позволяет получать, в частности, точные развертки развертываемых поверхностей.

Если при реализации нового подхода, как уже было отмечено, для решения комплексных (метрических и позиционных) задач, традиционно рассматриваемых в курсе начертательной геометрии, навыков черчения не требуется: БЭФ выбирают из библиотеки ПРМ; для построения тел вращения (например, сфер, эллипсоидов, параболоидов, гиперболоидов) используют, в частности, конические сечения (полученные сечением модели конуса плоскостью) или их фрагменты; для построения тел смещением профиля – обводы тел в виде «временных» проекций или их элементов на произвольно по отношению к объекту располагаемые плоскости, фрагменты ортогональных (2D) проекций, ассоциативно построенных по 3D-моделям объекта, – то для создания моделей более сложных объектов требуются навыки построения плоских и пространственных кривых (отрезков, дуг окружностей, сплайнов и пр.).

Освоение методов (приемов) построения и редактирования плоских и пространственных кривых (аналогично редактированию 3D-моделей) в новом курсе при наличии теоретической подготовки (в виде лекций) трудностей не вызывает и осуществляется студентами в соответствии с возможностями САД-модуля «по ходу возникновения» в них надобности. «Кривые» профили студенты используют для 3D-моделирования различных (линейчатых: развертывающихся, неразвертывающихся; винтовых, поверхностей вращения, каналовых, циклических и пр.) поверхностей и их фрагментов, на основе которых моделируют объемные объекты, применяя метод граничного представления, а также реализуют приемы гибридного моделирования.

Важную роль в геометрическом моделировании ГТД занимают плоские и пространственные модели, например, стандартных и типовых деталей, построенные с использованием различных методов параметризации. Практическая часть курса предполагает приобретение умений и навыков построения параметрических моделей (ПРМ) с помощью табличной параметризации от простых к более сложным (2D-моделей заклепки и болта, 3D-моделей болта, корончатой гайки, штуцера, лопатки компрессора ГТД) и создание библиотек для их дальнейшего практического использования.

Для формирования способности получения моделей продукции и объектов производства (ПК-11 по ФГОС ВО 3+) на практических занятиях студенты также решают задачи, рассматриваемые в разделах «Геометрическое и проекционное черчение» и «Техническое рисование» традиционного курса инженерной графики, такие как:

◆ построение обводов 3D-объектов циркульными и «лекальными» кривыми (сплайнами);

◆ построение ортогональных проекций объекта (видов, разрезов, сечений, местных видов и разрезов, выносных элементов) по 3D-моделям (элементов ассоциативного чертежа);

◆ построение моделей несложных 3D-объектов по ортогональным (2D) проекциям;

◆ построение аксонометрических проекций 3D-объекта с вырезами, печать и нанесение светотеней вручную.

Изучение стандартов ЕСКД студенты осуществляют в виде самостоятельной работы, однако каждое практическое занятие или лабораторная работа предваряется выполнением тестовых заданий.

Практическая часть нового курса прошла апробацию в экспериментальных группах студентов (начиная с 2012–2013 учебного года).

По итогам освоения курса студенты обязаны предъявить правильно выполненные по индивидуальным заданиям работы: пять комплексных задач по взаимному пересечению моделей геометрических объектов (формат А3); технический рисунок по 3D-модели с вырезом четверти (формат А4); альбом (формат А4) из восьми решенных индивидуальных заданий (построенные 3D-модели, виды и разрезы по 3D-моделям с постановкой размеров и соблюдением ГОСТов ЕСКД), содержащий эскизы, аксонометрические изображения, а также электронные копии этих работ (в виде файлов).

### Список литературы

1. Фролов С.А. Начертательная геометрия: учебник. – М.: Инфра, 2007. – 286 с.

2. Чемпинский Л.А. К вопросу обучения основам компьютерного геометрического моделирования // Модернизация профессионально-педагогического образования: тенденции, стратегия, зарубежный опыт: материалы междунар. науч. конф., г. Барнаул, 18–20 октября 2017 года / под науч. ред. М.П. Тыриной, Л.Г. Куликовой. – Барнаул: АлтГПУ, 2017. – С. 140–143.

3. Российская интегрированная CAD/CAM/CAPP/PDM-система. – URL: [www.adem.ru](http://www.adem.ru).

# ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ДОВУЗОВСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

**Чемпинский Леонид Андреевич**

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, Самара

Представлена программа изучения основ геометрического моделирования школьниками начальных и средних классов. Представлены результаты проектной деятельности, достигнутые учащимися старших классов.

**Ключевые слова:** авторская программа, геометрическое моделирование, компьютерная графика, метод проектов, реализация подготовки.

## TEACHING EXPERIENCE OF PROJECT ACTIVITY STUDENTS IN PRE-UNIVERSITY EDUCATIONAL INSTITUTIONS

**Chempinskiy Leonid Andreevich**

Samara State Aerospace University

The article presents a program of studying the fundamentals of geometric modelling for primary and middle school students. The results of the project activities are presented by achievements of high school students.

**Keywords:** author's program, geometric modelling, computer graphics, project method, realization implementation of preparation.

При создании новых изделий разработчики все чаще используют методы компьютерного моделирования. Такие методы позволяют решать вопросы по оптимизации конструкции и технологии до изготовления детали.

Компьютерное моделирование физических воздействий на объект проектирования в процессе изготовления и эксплуатации осуществляется при наличии его геометрической модели в целом или геометрических моделей входящих деталей.

В зависимости от сложности геометрии проектируемой детали различают два подхода:

- проектирование деталей и способов их изготовления на основе плоских (2D) моделей;
- проектирование на основе объемных (3D) моделей.

Плоское компьютерное геометрическое моделирование является естественным продолжением традиционного геометрического модели-

рования в виде чертежа, осуществляемого с помощью карандаша и линейки. Объемное геометрическое моделирование хотя и является новым инструментом проектировщика, также позволяет создавать в автоматизированном режиме плоские (ассоциативные с 3D) геометрические модели. В то же время объемные модели изделий более естественны для восприятия человеком, живущем в «объемном» мире, поэтому начинать изучение графического языка в школе, на наш взгляд, следует с него.

Реализация такого подхода требует учета следующих положений:

1. Изучение законов макро- и микромира с точки зрения геометрических представлений, наряду с такими дисциплинами, как физика, химия, биология и др., позволяет учащимся получить более полную картину мироздания.

2. Основой курса геометрического моделирования является обучение школьников методам получения графических изображений. В обучении должны быть отражены все этапы усвоения знаний. Работы с творческим содержанием должны использоваться при изучении всех разделов курса.

3. Геометрическое компьютерное моделирование физически существующих объектов неотделимо от развития мышления школьников. На уроках геометрического компьютерного моделирования учащиеся решают разноплановые задачи, что целенаправленно развивает у них образное, логическое, техническое и эвристическое мышление. Средствами компьютерного геометрического моделирования у школьников успешно формируются аналитические и созидательные компоненты творческого мышления.

4. Обучение компьютерному геометрическому моделированию базируется на принципах востребованности знаний и связи с жизнью. При подборе и составлении учебных заданий важно следить за тем, чтобы их содержание моделировало элементы деятельности специалистов, а графические работы имели прототипами реально существующие объекты. В процессе обучения необходимо осуществление межпредметных связей геометрического моделирования на ПЭВМ с черчением, трудовым обучением, математикой, изобразительным искусством, информатикой и другими дисциплинами.

5. Изучение основ геометрического компьютерного моделирования плоских и объемных объектов является необходимым условием дальнейшего обучения учащихся использованию новых информационных технологий в современном проектировании, конструировании и промышленном производстве.

6. Углублению знаний по геометрическому компьютерному моделированию способствуют сведения об основах программирования геометрических объектов и современных технических средствах и методах изготовления деталей по их геометрическим моделям.

3D-моделирование, развивая в первую очередь пространственные представления школьников, способствует более глубокому освоению таких предметов, как геометрия, технология и пр., позволяя решать в том числе вопросы ранней профориентации.

Полученные с натуры геометрические модели деталей и построенные по ним рабочие чертежи возможно использовать в качестве раздаточного материала на уроках трудового обучения, в том числе для разработки управляющих программ для получения деталей на станках с ЧПУ.

Перспективна связь геометрического моделирования с информатикой, когда геометрические модели (базовые элементы формы), созданные в среде ADEM, могут быть описаны в любом текстовом редакторе (с использованием языков высокого уровня (ЯВУ)).

В качестве примера обсуждаемой концепции приведем краткое содержание авторской программы курса «Теория и практика компьютерного моделирования», по которой в период 1988–2001 годов проводилось обучение школьников всех параллелей в музыкально-математической гимназии № 2 г. Самары.

Курс условно разбит на четыре части: геометрическое моделирование, компьютерная графика, основы программирования изображений геометрических объектов, технические средства и методы изготовления изделий. Первый блок изучали в 5 и 6 классах (3 семестра), второй – в 6 и 7 (3 семестра), третий – в 8 классе весь год, четвертый – в течение года в 9.

Цель курса: научить школьников в режиме диалога с компьютером создавать объемные (твердотельные) и плоские модели проектируемых и природных объектов, а также применять приобретенные знания при решении творческих задач, связанных с созданием новых изделий.

Программа раздела «Геометрическое моделирование» (1 ч в неделю, всего 51 ч, 9 ч резерв времени): *введение* (2 ч) – геометрическое моделирование в современной науке и технике; цели, задачи и содержание курса геометрического моделирования в школе; CAD/CAM ADEM, трехмерный редактор, структура функционального меню; *методика работы в среде модуля ADEM3D* (37 ч) – базовые элементы формы (БЭФ), работа с архивом параметрических моделей БЭФ, чтение БЭФ и представление их в форме каркаса и твердого тела в ортогональных, аксоно-

метрических и перспективных проекциях; чтение и запись файлов, работа с «окнами»; цветовое отображение БЭФ, закраска каркаса, внешней и внутренней поверхности БЭФ, инверсия; однотонная, полутоновая и матричная закраска поверхностей; фотореалистическое представление БЭФ, работа с цветовой палитрой; конформные преобразования БЭФ, топологические преобразования БЭФ, работа с сечениями БЭФ: поворот, перенос, масштабирование отдельных сечений; выполнение булевых операций с БЭФ, моделирование детали из отдельных БЭФ и получение ее ортогональных проекций; *обобщение знаний* (3 ч).

Программа раздела «Компьютерная графика и моделирование по чертежу» (1 ч в неделю, всего 51 ч, из них 9 ч – резерв времени): *техническое рисование* (13 ч) – особенности плоско-графического редактора системы ADEM, структура меню; рисование базовых геометрических элементов (БГЭ) с атрибутами их заполнения, особенности построения; редактирование БГЭ – конформные и топологические преобразования; работа с узлами, их группами и геометрическими элементами; построение копий, зеркального отображения, осуществление переноса, поворота, масштабирования изображений; *способы создания объемных моделей по чертежу* (13 ч): операции лифт, сечение, труба, простые и сложные БЭФ; *черчение* (13 ч) – вспомогательные построения, работа на черновых листах; размеры листа, оформление основной надписи; геометрическое черчение – выполнение чертежа детали с построением сопряжений и касательных; проекционное черчение – выполнение чертежа детали с использованием проекционных связей; особенности выполнения фрагментов чертежа, выполнение рабочего чертежа детали; *обобщение знаний* (3 ч).

Программа третьего блока «Основы программирования геометрических объектов» (1 ч в неделю, всего 34 ч, из них 6 ч – резерв времени) включает в себя: *введение* (1 ч) – возможности подпрограмм базовой машинной графики; *начала аналитической геометрии и векторной алгебры* (12 ч); *операции графического редактирования* (14 ч) – построение линий чертежа, сопряжений, наглядных изображений и чертежей деталей; *обобщение знаний* (1 ч).

Содержание программы четвертого блока «Моделирование технологических процессов изготовления деталей по их геометрическим моделям» (1 ч в неделю, всего 34 ч, из них 6 ч – резерв времени) состоит из следующих тем: *технические средства ввода и вывода объемной графической информации* (4 ч) – координатно-измерительные машины

и устройства, конструкции станков с числовым программным управлением (ЧПУ), инструмент и приспособления, принципы числового программного управления; *основы технологии изготовления деталей* (4 ч) – проектирование операционных технологических процессов при обработке резанием; *автоматизированное проектирование технологического процесса обработки деталей в среде NC редактора CAD/CAM ADEM* (8 ч) – структура и назначение функционального меню, методика процесса получения управляющих программ, создание последовательности технологических переходов, моделирование процесса обработки на экране дисплея, получение и просмотр управляющей программы, разработка техпроцесса и получение управляющих программ для обработки на токарных и фрезерных станках, на изготовление отверстий в деталях на сверлильных и расточных станках, на изготовление деталей резкой (проволокой или лазером); *автоматизированный выпуск технологической документации* (6 ч) – выпуск операционных эскизов, операционных карт, графических технологий; *экскурсия на промышленное предприятие* (4 ч); *обобщение знаний* (2 ч).

Подготовка учащихся по аналогичным программам в более чем 10 учебных заведениях Самарской области позволила организовать и провести в то время 4 конкурса учащейся молодежи Самарской области по технической и компьютерной графике, 3 областных научно-технических конференции учащихся, 2 олимпиады.

В апреле этого года в Тольятти в одиннадцатый раз состоится очередной, ежегодный межрегиональный конкурс «Компьютерная графика и ее применение в производстве», в котором традиционно принимают участие как учащиеся младших, средних и старших классов: в номинациях CAD (3D) моделирование и CAD/CAM моделирование и изготовление изделий – так и преподаватели с методическими разработками по выполнению проектов в тех же номинациях.

Темы проекта учащиеся определяют сами после прохождения базовой подготовки по основам геометрического моделирования и изготовления изделий на оборудовании с ЧПУ.

В качестве примера нами представлен проект «Узел крепления руля велосипеда (т.н. “вынос”)), выполненный учащимся 11 класса в 2014 г. и представленный на конкурс в г. Тольятти.

Цель проекта: практическая реализация теоретических знаний, приобретенных в процессе изучения курса «Теория и практика компьютерного моделирования».



Задачи проекта:

- анализ существующих конструкций узлов в сети Интернет;
- разработка оптимальной конструкции узла и построение ее 3D-модели;
- разработка управляющих программ для различного оборудования с ЧПУ в среде CAD/CAM/CAPP системы ADEM;
- изготовление, сборка и испытание узла на работоспособность.

Для надежного крепления двух труб близких диаметров с пересекающимися в пространстве осями желательно, чтобы корпус узла представлял собой одну деталь и фиксировался с помощью болтовых соединений (рис. 1, *а*). Однако руль в пространстве «кривой», поэтому конструкция корпуса узла должна быть разборной и включать более одной детали.

На рис. 1 также представлены конструкции узла, состоящие из трех корпусных деталей. В первом случае (рис. 1, *б*) болты проходят насквозь. Во втором случае (рис. 1, *в*) крепление деталей осуществляется попарно с помощью болтовых соединений. Болты должны быть прочными и позволять быстро, при необходимости в полевых условиях, собрать и разобрать конструкцию.

Болты с круглой головкой и внутренним в ней шестигранником должны обеспечить не только надежное крепление деталей, но и травмобезопасность – болты и гайки должны быть утоплены. Конструкция всего узла должна быть гладкой (не содержать острых ребер и углов) и легкой. Поэтому детали необходимо изготовить не только из легкого, но прочного материала и предусмотреть возможные конструктивные облегчения. При этом они должны выглядеть эстетично и быть технологичными в изготовлении (рис. 1, *г*).

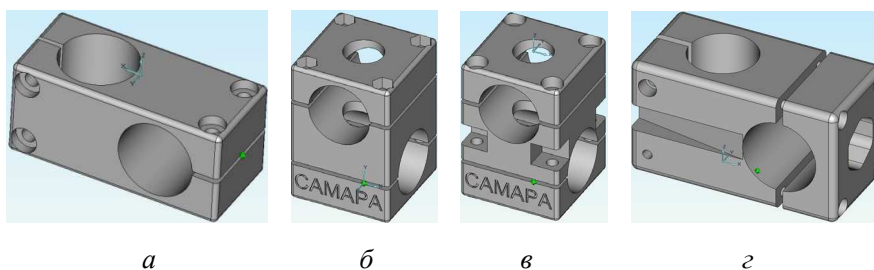


Рис. 1. Варианты конструкции узла крепления руля

Согласование размеров узла было осуществлено после выбора заготовки (прутка термоупрочненного дуралюминия), соответствующей размерам конструкции. Формирование окончательной геометрии торцов и продольных ребер осуществлено в процессе изготовления детали на обычном (универсальном) токарном станке, а боковых плоских поверхностей – на обычном фрезерном станке (рис. 2, а). При таком подходе количество стружки и время обработки минимальны, особенно если использовать фрезу с диаметром, равным или превышающим ширину боковой поверхности, чтобы можно было обработать такую поверхность за один проход.

Для того чтобы точно изготовить отверстия под болты и радиусы перехода от торцов к боковым граням узла крепления руля, а также отверстий для крепления трубчатой формы деталей велосипеда, разработаны управляющие программы перемещений органов станков с ЧПУ (рис. 2, б–г).

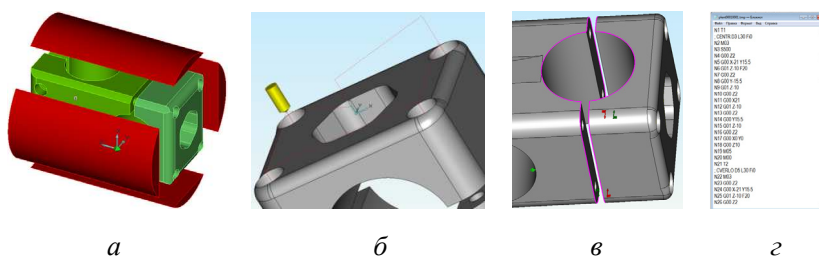


Рис. 2. Моделирование процесса изготовления деталей из прутка, траекторий движения инструмента и фрагмент управляющей программы

Изготовление корпусных деталей осуществлено на фрезерном станке с ЧПУ (Wabeco): совмещение «нулей», центровка отверстий, сверление отверстий, обработка радиусов, фрезерование отверстий под головки болтов – и на электроэрозионном вырезном (проволокой) ЧПУ станке фирмы AGIE: вырез под вилку руля, вырезы и отверстия для облегчения конструкции.

Слесарную обработку: нарезание резьбы в отверстиях метчиком, шлифование, снятие заусенцев и полировку наружных поверхностей – школьник выполнил самостоятельно.

На рис. 3 представлены результаты изготовления корпусных деталей и узел крепления руля в сборе на велосипеде.



Рис. 3. Готовые детали и узел в сборе на велосипеде

В результате реализации проектной деятельности с использованием функций объемного твердотельного моделирования у школьников формируются начальные компетенции оптимального конструирования узлов и деталей машин, автоматизированной разработки рациональных технологических процессов изготовления деталей на современном оборудовании с ЧПУ, изготовления, доводки, сборки и испытаний готовых изделий. Процесс реализации проектов с активным участием школьников способствует осознанному выбору ими будущей профессии.

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ В ГРАФИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ  
СТУДЕНТОВ ПНИПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
(ВЗГЛЯД ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНТА)**

**Шахова Алевтина Бруновна,  
Букин Дмитрий Алексеевич,  
Десятков Максим Андреевич**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь

Подчеркивается необходимость использования новых технологий обучения, соответствующих уровню развития информационно-коммуникационных технологий и отвечающих требованиям современных проектных и производственных технологий. Показаны варианты интеграции этих технологий в содержании разделов графической подготовки студентов ПНИПУ и обоснована эффективность их использования.

**Ключевые слова:** информационные технологии, геометро-графические инструментальные компетенции, компьютерная графика, проектно-конструкторская деятельность, технологии обучения и контроля, опыт курсового проектирования.

**COURSE PROJECT IN GRAPHIC EDUCATION STUDENTS  
OF PNRPU WITH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY  
(TEACHER AND STUDENT VIEW)**

**Shkakhova Alevtina Brunovna,  
Bukin Dmitry Alekseevich,  
Desyatkov Maxim Andreevich**

Perm National Research Polytechnic University

The necessity of using new technologies of education corresponding to the level of development of information and communication technologies and meeting the requirements of modern design and production technologies is emphasized. Variants of integration of these technologies in the content of sections of graphic training of PNRPU students are shown and efficiency of their use is proved.

**Keywords:** information technologies, geometrical and graphic tool competences, computer graphics, design activity, technologies of training and control, experience of course design.

Информационные технологии в процессе ГП реализуются на всех видах занятий. Основные инструментальные компетенции студенты получают на занятиях по компьютерной графике при выполнении лабораторных работ. По заданному алгоритму студенты строят 3D-модели типовых деталей с набором основных конструктивных элементов (отвер-

стия, пазы, фаски, ребра жесткости, скругления и т.д.), с дальнейшим созданием и оформлением ассоциативного чертежа. При изучении темы «Сборочный чертеж» осуществляется работа с библиотеками стандартных элементов. В ходе освоения ПО САПР большое внимание уделяется применению операций параметризации и редактирования, как инструментов, позволяющих видоизменять, дорабатывать изделие и в дальнейшем оптимизировать процесс проектирования.

Для углубления приобретенных навыков работы с ПО САПР предусмотрена самостоятельная работа по выполнению индивидуальных заданий, которая предполагает активное использование полученных инструментальных компетенций. Варианты заданий учебно-методического комплекса по всем изучаемым темам содержат изображение 3D-модели объекта проектирования и дополнительную информацию, необходимую для решения поставленной задачи.

Для студентов направлений, осуществляющих подготовку выпускников к проектно-конструкторской деятельности, в рамках графического образования предусмотрено выполнение курсового проекта. Курсовой проект предполагает разработку в технологии 3D комплекта проектно-конструкторской документации на изделие, соответствующее профилю образовательной программы. Так, для химических и горных специальностей студенты выполняют проектирование изделий трубопроводной арматуры, которая широко используется в данных отраслях промышленности.

При выполнении проекта студент проявляет весь набор проектно-конструкторских компетенций, сформированный в процессе прохождения курса графической подготовки. Целью выполнения курсового проекта является углубление, закрепление и обобщение дисциплинарных знаний, умений, навыков и одновременно приобретение опыта разработки проекта реального изделия из сферы будущей профессиональной деятельности выпускника. При этом ставится задача в процессе проектирования ориентироваться на использование современной технологии 3D-моделирования.

Отметим следующие этапы работы над курсовым проектом:

- ◆ знакомство с содержанием технического задания, его анализ, составление плана работы;

- ◆ информационный поиск материала по теме, знакомство с видами трубопроводной арматуры, ее назначением и устройством; ознакомление с принципом работы выбранного изделия;

- ◆ выявление структурных аналогов сборочной единицы по назначению и конструктивным особенностям;

- ◆ проработка возможности конструктивных усовершенствований аналога-прототипа и его изменений (например, видоизменение конструкции корпуса, крепление золотника к шпинделю или крышки к корпусу, изменение системы уплотнения и т.д.);
- ◆ аналитическое обоснование предполагаемых усовершенствований (например, удешевление изготовления или увеличение ресурса эксплуатации изделия, использование более современных материалов и т.д.);
- ◆ выполнение комплекта проектно-конструкторской документации на сборочную единицу с использованием пакета САПР;
- ◆ выполнение эскизов деталей, входящих в сборочную единицу, с проверкой проставления размеров с учетом дальнейшей собираемости изделия;
- ◆ по выполненным эскизам создание параметрических 3D-моделей всех оригинальных деталей, входящих в сборочную единицу изделия (рис. 1);

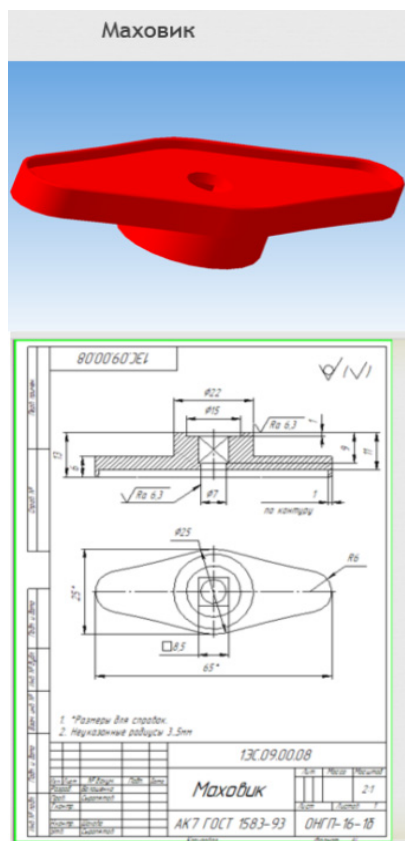


Рис. 1. 3D-модель и ассоциативный чертеж детали «Маховик», входящей в сборочную единицу

◆ создание 3D-модели сборочной единицы в целом, с подбором стандартных деталей из специализированных библиотек и банка имеющихся прототипов (рис. 2);

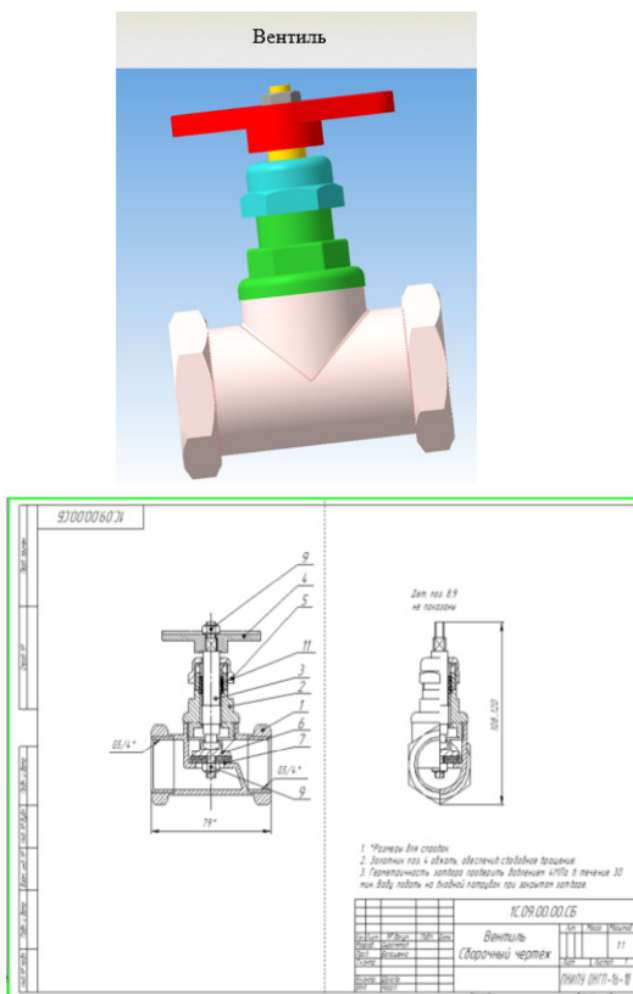


Рис. 2. 3D-модель и ассоциативный чертёж сборочной единицы

- ◆ подготовка основного комплекта конструкторской документации;
- ◆ оформление пояснительной записки с указанием области применения, назначения и принципа действия разрабатываемой сборочной единицы, ее технических характеристик;
- ◆ защита курсового проекта (презентация, доклад) (рис. 3).

## Типы клапанов (вентелей)

**Клапан** – устройство, устанавливаемое на трубопроводе или сосуде и предназначенное для открытия или закрытия при наступлении определенных условий (повышении давления в сосуде, изменении направления тока среды в трубопроводе). Изготавливаются – из стали, бронзы, чугуна, алюминия и т.д.



**Обратный клапан** – клапан, устанавливаемый на трубопроводе для исключения движения потока жидкости или газа в обратном, нормальному направлению, при отключении насоса или обрыва, или течи из трубопровода.



Рис. 3. Фрагмент презентации о типах трубопроводной арматуры

На начальном этапе студентам предлагается взять в качестве прототипа сборочной единицы любой из объектов запорной арматуры: вентиль, кран, задвижку и т.п., – и в соответствии с приведенными этапами разработать основной комплект конструкторской документации (согласно ГОСТ 2.102–2013).

Заключительным этапом является защита проекта, в ходе которой представляется электронная документация на разработанное или модернизированное изделие в виде ЭГМИ в целом и его составные части, а также их ассоциативные чертежи. При защите курсового проекта студент должен продемонстрировать знание конструкции изделия, показать понимание и широкую эрудицию по ряду технических вопросов, касающихся его разработки:

- ◆ технические характеристики изделия;
- ◆ конструктивные особенности;
- ◆ возможности использования разработанного изделия;



- ◆ подбор материалов;
- ◆ последовательность сборки;
- ◆ знание стандартов отрасли и ЕСКД;
- ◆ особенности компьютерных технологий, примененных в процессе проектирования.

Приобретение студентами опыта курсового проектирования в системе САПР и реальной проектно-конструкторской деятельности на начальном этапе обучения в рамках базовой геометро-графической подготовки позволит более успешно в дальнейшем, на старших курсах, выполнять курсовые и дипломные проекты, а также участвовать в проектно-конструкторских и исследовательских работах по заказу предприятий.

### **Курсовой проект глазами студентов**

В данной статье мы хотим объяснить простым, доступным языком, что такое курсовой проект по дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная графика и компьютерная графика». Данный текст основан на реальных событиях (со всем этим мы встретились в жизни).

*Все просто*

Поскольку курсовой проект по данной дисциплине выполняется точно не на первом курсе, то в вашей голове уже должны быть базовые знания, а именно:

- ◆ *Изображения* – виды, разрезы, сечения и т.д.
- ◆ *ПО КОМПАС-3D* – программа, с помощью которой вы можете создать 3D-модели деталей и сборочный единиц, а из 3D-моделей – ассоциативные чертежи.
- ◆ *Эскизирование* – выполнение эскизов основных деталей с технологическими и конструктивными элементами на линованном листе бумаги с простановкой всех необходимых размеров и другой необходимой информацией.

**Первый пункт:** перед вами появится кран, вентиль – сборочная единица, и первое, что вы должны сделать – изучить все его составляющие, т.е. полностью его разобрать и собрать.

Именно здесь вы можете встретить первую сложность. Кран легко разобрать, но сложно собрать в первый раз, но это дело практики и после многократного выполнения первого пункта вы хорошо научитесь с этим справляться.

**Второй пункт:** сфотографируйте каждую деталь со всех сторон на свой сотовый телефон, это намного облегчит выполнение следующих пунктов (наличие фотографий позволит дома неоднократно смотреть имеющуюся информацию и осознать каждую деталь в мелочах).

**Третий пункт:** приступайте к эскизированию каждой детали составляющей сборочной единицы. Создав эскиз на основе базовых знаний, вы должны научиться смотреть на него не как студент, а как рабочий, который с помощью этого эскиза будет изготавливать деталь. Это довольно непросто. Нужно понять, какую геометрию имеет заготовка (цилиндр, призма, конус и т.д.), каким способом (литье, механическая обработка и т.п.) будет изготовлена деталь. В конечном итоге на эскизе должна отобразиться деталь, которую вы держите в руках, со всеми необходимыми атрибутами рабочего чертежа.

**Четвертый пункт:** проверка основных размеров с учетом собираемости изделия. Проверьте все резьбовые соединения, с тем чтобы была обеспечена скручиваемость деталей в процессе сборки, т.е. резьбы должны иметь одинаковый диаметр и шаг. Проверьте размеры диаметров и длин сопрягаемых деталей и т.д.

**Пятый пункт:** создание 3D-моделей деталей и сборочной единицы. Любое 3D-моделирование деталей базируется на вычерчивании плоского контура с последующей его трансформацией: выдавливанием, вырезанием, вращением, движением по траектории и т.д. Основные навыки были освоены ранее с помощью лабораторных тренажеров и выполнения индивидуальных графических заданий. С помощью этих операций можно выполнить 60–70 % работы по созданию 3D-моделей деталей. Обратите внимание на рациональность выбора первоначального эскиза и первой операции выдавливания с тем, чтобы деталь была выполнена минимальным количеством операций.

С остальными 30–40 % вы познакомитесь в процессе работы в программе «КОМПАС-3D» (зеркальный массив, вращение, смещенные плоскости, ребро жесткости и т.п.). И так вы создаете каждую деталь, не забывая об атрибутах (свойства модели: обозначение, название и сохранение). Это в дальнейшем упростит грамотное создание сборочного чертежа и спецификации.

**Шестой пункт:** создание 3D-модели сборочной единицы. В программе «КОМПАС-3D» вы последовательно собираете 3D-модель в той же последовательности, что и в реальности. Чтобы проверить правильность вашей сборки, вы можете использовать команду «Диагностика

пересечений», она покажет вам несостыковки деталей или их пересечения. И если таковые имеются, то нужно искать ошибку в состыковке основных размеров и изменять 3D-модели, что не составит затруднений при условии грамотного использования возможностей параметризации.

**Седьмой пункт:** создание чертежей. Подходя к этому пункту, знайте, что в эскизировании вы уже сделали 80 % работы для создания чертежей. Чертеж создается из 3D-моделей специальной командой, называемой «Создать чертеж по модели», или комбинацией клавиш Ctrl + D. Затем вам нужно выбрать удобный масштаб и разместить виды. Далее создаем картину, аналогичную эскизированию: показываем нужные разрезы-сечения, выносные элементы (используя библиотеки «КОМПАС») и проставляем размеры.

**Восьмой пункт:** создание спецификации. Если вы грамотно задали все свойства моделей деталей и сборочной единицы, то спецификация создастся автоматически с помощью команды «Создать спецификацию по сборке».

**Итог:** Вы разработали комплект конструкторских документов на сборочную единицу: Вентиль, Кран, Задвижка и т.д.

**Девятый пункт:** написание пояснительной записки. Для этого выйдите в Интернет и посмотрите большое количество информации по интересующему нас вопросу, т.е. теме «Запорная арматура», «Регулирующая арматура» и т.д. Более необходимо систематизировать найденную информацию применительно к своей сборочной единице, отразить в пояснительной записке – описать свой «Кран» или «Вентиль».

**Десятый пункт:** создание презентации. В презентации вы отразите информацию по теме и результаты проектирования своего изделия.

**Все. Успешной защиты!**

### Список литературы

1. Современное состояние развития геометро-графической культуры и компетентности будущих специалистов // Вектор науки ТГУ. – 2015. – № 2–2. – С. 26–31.

2. Тихонов-Бугров Д.Е., Абросимов С.Н. Проектно-конструкторское обучение инженерной графике: вчера, сегодня, завтра // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3, № 3. – С. 47–57.

3. Гузненков В.Н. Преподавание информационных технологий в графических дисциплинах технического университета // Открытое образование. – 2013. – № 1. – С. 4–7.

4. Столбова И.Д. Компьютерная графика – основа графической подготовки студентов // ГРАФИКОН'2016: тр. 26-й Междунар. науч. конф. – 2016. – С. 342–346.

5. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Функционал информационных технологий в геометро-графической подготовке инженера // Открытое образование. – 2017. – № 1. – С. 59–67.

6. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Графическое образование как составляющая проектно-конструкторской подготовки специалиста // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2017. – № 3 (240). – С. 40–46.

7. Корнилкова Е.В., Шахова А.Б. Курсовое проектирование в курсе «Инженерная графика» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы V Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015.

8. Stolbova I.D., Shakhova A.B., Shirinkina M.A. Information Technologies Used for Geometro-grafical Training of Engineering Staff // Information Technologies in Engineering Education – INFORINO 2018: IV Intern. Conf., 23–26 Oct. 2018, Moscow, Russia / Moscow Power Engineering Inst. – Moscow, 2018. – P. 53–56. – 1 USB flash drive. – Title from screen. – DOI 10.1109/INFORINO.2018.8581807., Web of Science P. 268–279.

9. Столбова И.Д., Шахова А.Б., Ширинкина М.А. Информационные технологии в геометро-графическом образовании инженерных кадров // Информатизация инженерного образования – ИНФОРИНО-2018: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., 23–26 окт. 2018 г., г. Москва / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, М-во энергетики Рос. Федерации, Нац. исслед. ун-т МЭИ, Нац. фонд подготовки кадров, Фонд развития МЭИ. – М.: Изд-во МЭИ, 2018. – С. 202–205.

# **СЕКЦИЯ «ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА»**

---

## **О СОЗДАНИИ ФРАКТАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ ДЛЯ ДИЗАЙНА И ПОЛИГРАФИИ И НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБОБЩЕНИЯХ, СВЯЗАННЫХ С НИМИ**

**Бойков Алексей Александрович,  
Орлова Екатерина Витальевна,  
Чернова Анастасия Владимировна,  
Шкилевич Антон Александрович**

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва,  
Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина, Иваново

Рассматриваются модификации фракталов Мандельброта и Жулия. Предлагается интерпретация полученных алгоритмов создания фрактальных образов с позиций многомерной геометрии, что позволяет обобщить отдельные фракталы как сечения общего многомерного гиперфрактала. Предлагаются способы создания новых фрактальных образов как различных плоских и неплоских сечений гиперфрактала, а также на основе сложения гиперфракталов. Предложенные способы могут быть использованы для создания фрактальных образов (плоских и трехмерных) для дизайна и полиграфии.

**Ключевые слова:** алгебраические фракталы, множество Жулия, множество Мандельброта, многомерная геометрия, гиперфракталы.

## **CREATING FRACTAL IMAGES FOR DESIGN AND POLYGRAPHY AND SOME GEOMETRIC GENERALIZATIONS ASSOCIATED WITH THEM**

**Boykov Alexey Alexandrovich,  
Orlova Ekaterina Vitalyevna,  
Chernova Anastasia Vladimirovna,  
Shkilevich Anton Alexandrovich**

MIREA – Russian Technological University, Moscow  
Ivanovo State Power University, Ivanovo

The paper discusses modifications of the Mandelbrot and Julia fractals. An interpretation of the obtained algorithms for creating fractal images from the standpoint of multidimensional geometry is proposed, which allows us to consider individual fractals as sections of a multidimensional hyperfractal. Methods are proposed for creating new fractal images as

different flat and non-flat sections of the hyperfractal, as well as on the basis of the addition of hyperfractals. The proposed methods can be used to create fractal images (flat and three-dimensional) for design and printing.

**Ключевые слова:** algebraic fractals, Julia set, Mandelbrot set, multidimensional geometry, hyperfractals.

## Введение

В предисловии к книге [1], первое издание которой было выпущено в 1986 году, авторы с удивлением отмечали, что брошюра, в которую авторы включили каталог полученных ими фрактальных образов, «приобрела значительно большую популярность, чем любая из наших чисто научных публикаций». В настоящее время фрактальные образы находят самое широкое применение в различных областях промышленного дизайна, текстильной промышленности, строительной индустрии, полиграфии, пользуются популярностью выставки картин, фресок, витражей, созданных при помощи фрактальной графики [2–6]. Сказанное позволяет сделать вывод об актуальности разработки способов создания новых фрактальных образов, которые могли бы применяться в дизайне и полиграфии.

В настоящей работе предлагаются способы создания фрактальных образов на основе алгебраических фракталов.

## Алгебраические фрактальные алгоритмы

Понятие фрактал (дробный) введено Б. Мандельбротом в 1975 году как ключевое понятие новой геометрии, элементами которой являются самоподобные структуры. Фракталы принято разделять на геометрические, стохастические и алгебраические [7]. Алгебраические фракталы создаются на основе итерационного вычисления значения некоторой функции, как правило, комплексного переменного. Пусть задана функция комплексного переменного  $F(z)$  и рассматривается ее поведение в цепи последовательных итераций:  $F(\dots(F(F(z_0))))$ . Очевидно, результат вычислений полностью определяется начальным положением точки, т.е. значением  $z_0$ . Последовательность значений, которые принимает функция в этой цепи вычислений, называют орбитой точки  $z_0$ . Значение функции при бесконечном числе итераций может: а) стремиться к некоторому значению  $z_\infty$  (точка притяжения), б) стремиться к бесконечности, в) изменяться с некоторым периодом, г) изменяться случайным образом.

Таким образом, алгебраические фракталы позволяют описывать нелинейные процессы с обратной связью [1, 7].

*Заполняющим множеством Жулиа* называют множество точек  $z_0$ , орбиты которых ограничены. Если ввести в функцию  $F$  кроме переменной  $z$  некоторую константу  $C$ , тогда результат вычислений окажется в зависимости также и от значения константы.

*Множеством Мандельброта* называют множество таких точек  $C_0$ , при которых орбиты нулевой точки ограничены.

Границы множеств Жулиа и Мандельброта сильно изрезаны, по мере увеличения выбранных фрагментов становятся видны новые детали и подробности, причем характерно появление повторяющихся структур (подобие частей целому). В математике представляют интерес свойства этих множеств, особенности орбит тех или иных точек и образуемые ими области, при этом требуются вычисления очень высокой точности и множества итераций. В задачах дизайна точность производимых вычислений определяется размерами создаваемого изображения в пикселах, каждому пикселу соответствует единственная точка комплексной плоскости.

*Дискретная (растровая) модель* алгебраического фрактала представляет собой двухмерную матрицу элементов, содержащих информацию о цвете пиксела, столбцы и строки которой соответствуют узлам дискретной сетки, с заданным шагом покрывающей выбранный отсек комплексной плоскости, а цвет пиксела некоторым образом кодирует результаты итерационного процесса. При этом растровая модель является всегда образом множества Жулиа или Мандельброта лишь «с некоторого отдаления», поскольку при увеличении областей вблизи границы этих множеств картина может самым неожиданным образом изменяться.

Известны следующие способы создания фрактальных образов, которые могут применяться в полиграфии и дизайне:

◆ поиск подходящего способа раскрашивания точек в зависимости от того, к какому классу они относятся, числа итераций до притяжения к точке или бесконечности и т.п. (рис. 1, а);

◆ поиск подходящей функции  $F$ , поскольку для каждой функции характерно свое множество Жулиа или Мандельброта и, соответственно, свои визуальные образы (рис. 1, б);

◆ выбор подходящего фрагмента множества, поскольку при увеличении отдельных фрагментов изображение заметно меняется, становятся доступны новые, ранее невидимые элементы (рис. 1, в).

Отметим, что между фракталами Мандельброта (ФМ) и Жулиа (ФЖ) для одного вида функции  $F(z)$  имеется тесная связь: каждая точка ФМ соответствует однократному запуску алгоритма ФЖ с заданной константой  $C_0$  для некоторой начальной точки  $z_0$ , а все точки в совокупности являются своеобразным «каталогом», дающим качественную оценку всех ФЖ для множества значений константы  $C_0$ . Это свойство хорошо известно и используется при исследовании фракталов [1, 7], но, на наш взгляд, недостаточно широко применяется при создании фрактальных изображений. В настоящей работе было рассмотрено множество различных функций  $F(z)$  (многие из связанных с ними фракталов часто встречаются в интернете под собственными названиями, например, – «паук», «горящий корабль»), в том числе ряд найденных авторами (например, на рис. 1, б); для каждой из них строилось изображение типа ФМ, а также совокупность миниатюр типа ФЖ для различных значений константы  $C_0$ , взятой с некоторым шагом). На рис. 2, а показаны примеры «каталогов» таких миниатюр (слева – фрактал «паук» и набор миниатюр, справа – миниатюры к фракталу «горящий корабль»). Наборы миниатюр позволяют бегло оценить образы, порождаемые данным видом функции, и выбрать какой-либо из вариантов для более детального анализа в ходе поиска подходящих изображений.

Кроме двух перечисленных фрактальных множеств, лежащих в основе соответствующих алгоритмов, был рассмотрен также **фрактал Ньютона** (ФН), который представляет собой фрактал Жулиа для особого вида функции:  $F(z) = z - f(z) / f'(z)$ , – итерационной формулы поиска корней уравнения методом Ньютона [1, 7]. Построение фрактала типа ФМ для таких функций авторам настоящей работы прежде не встречалось и впервые было предложено в [8]. Подход с совместным использованием алгоритмов ФМ и ФЖ был применен и к фракталам типа Ньютона. В то время как фракталы Ньютона для различных значений константы  $C_0$  весьма сходны между собой, обобщающий их ФМ оказывается довольно любопытным. На рис. 2, б показано изображение типа ФМ для множества фракталов Ньютона поиска корней функции  $f(z) = z^3 - C_0$  и набор миниатюр, на рис. 2, в – изображение типа ФМ для фракталов поиска корней функции  $f(z) = z^2 + pz + q$ , где значения действительных коэффициентов  $p/q$  задавались как действительная и мнимая части  $C_0$  (фрактал и миниатюры ранее были показаны в [8]).



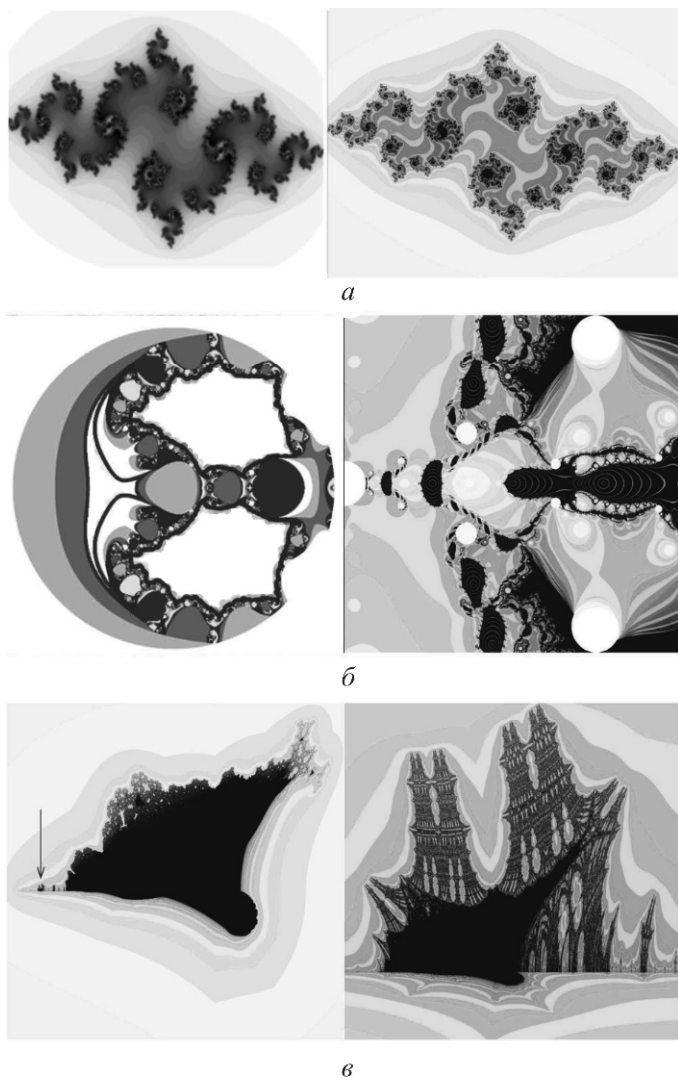


Рис. 1. Примеры фракталов: *a* – один из фракталов Жулиа ( $C_0 = -0,8 - 0,2i$ ) в двух цветовых вариантах; *б* – фракталы, найденные авторами ( $F(z) = z_k - (z_k^5 + C_0) / (5z_k^3)$  и  $F(z) = z_k - (z_k^4 + C_0) / (4z_k^2)$ ); *в* – фрактал «горящий корабль» ( $F(z) = |z_k|^2 + C_0$ ) и его увеличенный фрагмент

Рассмотренные фракталы позволили сделать вывод о целесообразности совместного использования ФМ и ФЖ, в том числе для фракталов типа Ньютона, для поиска подходящих визуальных образов. В качестве функций – источников фрактальных изображений могут использоваться функции комплексного переменного любого вида (для ФЖ и ФН) либо функции комплексного переменного вида  $F(z, C_0)$  и  $F(z, p_0, q_0)$ , где  $C_0$  –

комплексное число,  $p_0$  и  $q_0$  – действительные числа (для ФМ, где каждая пара  $p_0/q_0$  или значение  $C_0$  используется для запуска связанного алгоритма ФЖ). Выбирая функцию  $F(z)$ , содержащую только одну константу  $C_0$  ( $F(z, C_0)$  или  $F(z, p_0 + iq_0)$ ), мы получаем  $\infty^2$  различных фрактальных изображений (ФЖ), каждое из которых можно увеличивать, выбирая наиболее удачные фрагменты. Подставляя функцию  $F$  в формулу Ньютона в качестве  $f(z)$ , можно получить еще  $\infty^2$  новых изображений (итерационная формула –  $F^*(z, C_0) = z - F(z, C_0)/F'(z, C_0)$ ). При большем числе дополнительных параметров функции  $F$  (три и более действительных или два и более комплексных) дискретная модель ФМ требует трех- и более мерной матрицы, т.е. фрактальный образ оказывается более чем двухмерным, что непосредственно подводит нас к многомерному обобщению алгоритмов типа ФМ и ФЖ.

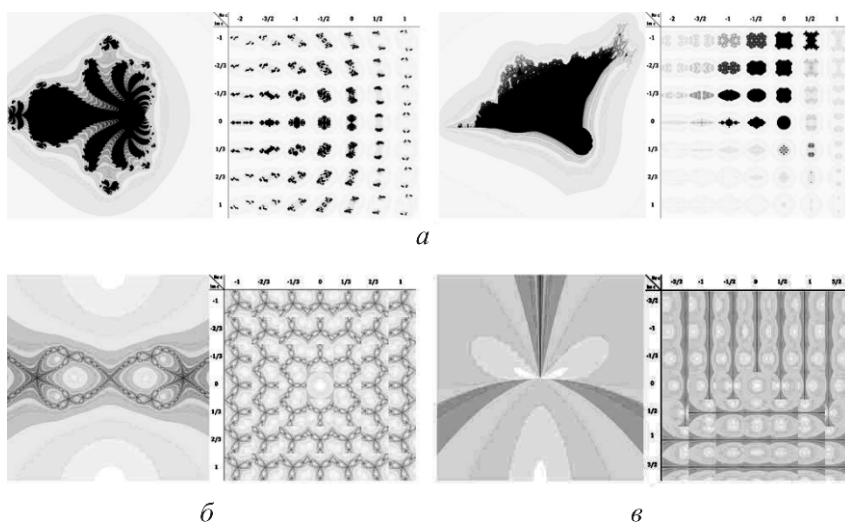


Рис. 2. Фракталы Мандельброта и наборы миниатюр фракталов Жулия:  $a$  – «паук» и «горящий корабль»;  $b$  – на основе итерационной формулы Ньютона для поиска корней функции  $f(z) = z^3 - C$ ;  $b$  – функции  $f(z) = z^2 + pz + q$

### Алгебраические фрактальные алгоритмы с позиций многомерной геометрии. Гиперфракталы

Несмотря на качественные различия фрактальных множеств Жулия и Мандельброта, вычислительные алгоритмы построения дискретных моделей соответствующих фракталов очень похожи. Приведем их:

*// общий // общий вид функции итерации для алгоритма построения  
фрактала Мандельброта*

*maxIterationsCount = 40; // максимальное число итераций*

*R<sub>max</sub> = 2; // максимальное значение модуля числа Z*

**функция** функция\_итерации (x, y): **цвет;**

**начало**

*Z = комплексное\_число (0, 0);*

*C = комплексное\_число (x, y);*

*Для k:= 0 до maxIterationsCount-1*

**Если**  $|Z| > R_{\max}^2$  **прервать**

*Z = F(Z, C)*

**Конец для**

**вернуть** цвет\_для\_итерации(k);

**конец;**

*// общий вид функции итерации для алгоритма построения фрактала  
Жулия*

*maxIterationsCount = 40; // максимальное число итераций*

*R<sub>max</sub> = 2; // максимальное значение модуля числа Z*

*C<sub>0</sub> = комплексное\_число (re<sub>0</sub>, im<sub>0</sub>); // константа функции итерации*

**функция** функция\_итерации (x, y): **цвет;**

**начало**

*Z = комплексное\_число (x, y);*

*Для k:= 0 до maxIterationsCount-1*

**Если**  $|Z| > R_{\max}^2$  **прервать**

*Z = F(Z, C<sub>0</sub>)*

**Конец для**

**вернуть** цвет\_для\_итерации(k);

**конец;**

В обоих случаях  $F(Z, C) = z^2 + C$ .

Различие алгоритмов состоит в интерпретации параметров  $x$ ,  $y$  (координат ячейки матрицы фрактала): в первом случае они используются для формирования константы  $C_0$ , во втором – начального значения  $z_0$ . Таким образом, значение цвета ячейки матрицы, фактически, при использовании одной и той же функции  $F$  определяется значениями двух комплексных параметров –  $C_0$ ,  $z_0$ . Считая компоненты комплексных значений независимыми действительными переменными, функцию определения цвета ячейки можно представить в виде

$$ЦВЕТ = Iterate (C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}),$$

– эта функция определяет некоторую гиперповерхность  $\Gamma$  пятимерного пространства с координатами  $(ЦВЕТ, C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im})$ , состоящую из  $\infty^4$  точек. Будем называть ее **гиперфракталом** размерности  $\infty^4$ . Применительно к такому пятимерному пространству уравнение  $\Phi (ЦВЕТ, C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}) = 0$  выделяет некоторое 4-мерное подпространство, пара уравнений:

$$\Phi_1 (ЦВЕТ, C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}) = 0$$

$$\Phi_2 (ЦВЕТ, C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}) = 0$$

– некоторое трехмерное подпространство, линейное или кривое, а тройка уравнений – поверхность из  $\infty^2$  точек. ФМ получается заданием соответствующего значения  $z_0$ , что равносильно системе уравнений:

$$ЦВЕТ = Iterate (C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}),$$

$$z_0^{re} = A,$$

$$z_0^{im} = B,$$

а любой из семейства ФЖ получается заданием начального значения  $C_0$ , что равносильно системе уравнений:

$$ЦВЕТ = Iterate (C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}),$$

$$C_0^{re} = A,$$

$$C_0^{im} = B,$$

– и в том, и в другом случае полученный фрактал представляет собой проекцию некоторой поверхности, которая является сечением гиперфрактала  $\Gamma$ . Эта проекция сходна с проекцией с числовыми отметками, где функцию числовой отметки выполняет цвет. Добавление еще одного уравнения, например  $ЦВЕТ = \text{const}$ , выделяет уже некоторые кривые типа эквипотенциальных (см. [9]), построение узора таких кривых может представлять самостоятельную дизайнерскую задачу.

Отметим, что функция *Iterate*, задающая гиперфрактал  $\Gamma$ , является однозначной, так что каждой четверке значений  $C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}$  соответствует ровно одно значение цвета. Это обстоятельство существенно, поскольку при визуализации позволяет работать с четырехмерным пространством  $(C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im})$ , заполняющим гиперповерхность  $\Gamma$  изнутри и целиком состоящим из разноцветных точек, его *дискретную модель* можно представить четырехмерной матрицей элементов, содер-

жащих информацию о цвете отдельных ячеек-вокселей. В таком пространстве уравнение  $\Phi(C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}) = 0$  выделяет трехмерное пространство цветных точек, а пара уравнений – поверхность из  $\infty^2$  цветных точек. ФМ и ФЖ, опять-таки, задают плоские сечения гиперфрактала как плоскости цветных точек, своеобразные «томограммы» гиперфрактала  $\Gamma$ . С этой точки зрения указание на ФМ некоторой точки равнозначно выбору *особой проецирующей плоскости* ([10, 11]), в которой лежит соответствующий ФЖ. Точно так же выбор некоторой точки на любом ФЖ равнозначен выбору плоскости, в которой лежит другое плоское сечение гиперфрактала типа ФМ, полученное для  $z_0 = \text{const}$  (в общем случае,  $z_0 \neq 0$ ). Вообще, при математическом исследовании множеств Мандельброта и Жулия выбор начального значения  $z_0$  строго определен и связан с обращением в 0 производной исследуемой функции  $F$ , однако в случае гиперфрактала такое ограничение соответствует выбору на гиперповерхности  $\Gamma$  некоторой особой двумерной поверхности (типа особой линии – окружности 0-го радиуса в вершине конической поверхности), в то время как остается еще множество неособых поверхностей. Каждая из них может представлять интерес в дизайне. На рис. 3, а показан набор миниатюр, представляющих собой ФМ для различных начальных значений  $z_0$ .

Из сказанного непосредственно вытекает способ создания новых фрактальных изображений как сечений гиперфрактала  $F$  плоскостями общего положения или кривыми поверхностями (сферами, цилиндрами). Для этого достаточно задать зависимость  $C_0$  от  $z_0$  (или наоборот) в виде уравнений:

$$\begin{aligned} C_0^{re} &= s_1(z_0^{re}, z_0^{re}), \\ C_0^{im} &= s_2(z_0^{re}, z_0^{re}). \end{aligned}$$

Рассмотрим построение сечений гиперфрактала связкой плоскостей, которую зададим следующим образом:

$$t \cdot (C_0 - A) + u \cdot (z_0 - B) = 0.$$

( $A, B, C_0, z_0$  – комплексные числа,  $u$  и  $t$  – действительные). Очевидно, при  $t = 0$  секущая плоскость оказывается плоскостью фрактала типа Мандельброта ( $z_0 = B$ ), при  $u = 0$  – плоскостью одного из фракталов Жулия ( $C_0 = A$ ). Если принять  $u = 1 - t$ , то связка превращается в пучок плоскостей, который позволяет получить последовательное превращение любого из вариантов ФЖ в ФМ:

$$t \cdot (C_0 - A) + (1 - t) \cdot (z_0 - B) = 0.$$

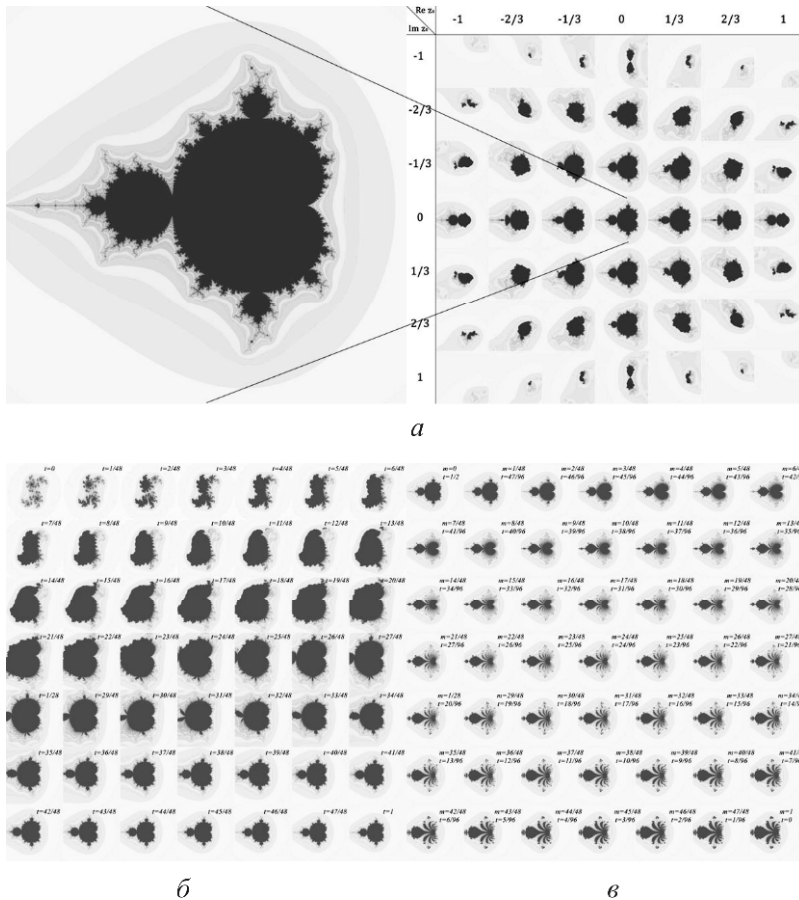


Рис. 3. Сечения гиперфракталов: *a* – фрактал Мандельброта для  $z_0 = 0$  и набор миниатюр для других значений  $z_0$ ; *б* – сечения гиперфрактала размерности  $\infty^4$  (превращение ФЖ в ФМ); *в* – сечения гиперфрактала размерности  $\infty^6$  (превращение фрактала «паук» в ФМ)

На рис. 3, *б* показан набор миниатюр для сечений плоскостями пучка, которые получаются при изменении  $t$  от 0 до 1.

Рассмотренный подход можно использовать и для дальнейших обобщений известных фрактальных формул. В частности, итерационные формулы ФМ и фрактала «паук» различаются тем, что значение константы  $C$  при построении ФМ не изменяется, а при построении фрактала «паук» меняет значение от итерации к итерации по формуле  $C_{i+1} = 0,5 \cdot C_i + Z_{i+1}$ .

Для ФМ:  $Z_{i+1} = Z_i^2 + C_i$ .  $C_{i+1} = C_i$ .

Для фрактала «паук»:  $Z_{i+1} = Z_i^2 + C_i$ .  $C_{i+1} = C_i/2 + Z_{i+1}$ .

Если сравнить итерационные формулы, легко заметить, что вторую из первой можно получить, введя две дополнительные действительные переменные –  $t$  и  $m$  таким образом, чтобы создать зависимость константы  $C$  от предыдущего значения и текущего положения точки  $Z_{i+1} : C_{i+1} = t \cdot C_i + m \cdot Z_{i+1}$ . Это позволяет задать итерационную функцию

$$ЦВЕТ = Iterate(t, m, C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}),$$

которая выделяет 6-мерную гиперповерхность  $\Gamma$  в 7-мерном пространстве  $(ЦВЕТ, t, m, C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im})$  или гиперфрактал размерности  $\infty^6$ . При  $t = 1, m = 0$  фрактал превращается в гиперфрактал размерности  $\infty^4$  классического ФМ, при  $t = 0,5, m = 1$  – в гиперфрактал «паука». Классические ФМ и «паук» являются его сечениями. Как и в предыдущем случае, несложно сконструировать связки или пучки плоскостей, которые позволяют превратить «паука» в ФМ. На рис. 3, б приведен набор миниатюр сечений таким пучком (значения  $t, m$  определяются номером шага перехода).

Таким образом, рассматривая алгебраические фракталы с позиций многомерной геометрии, можно получить множество новых фрактальных образов как сечений подходящего гиперфрактала плоскостями или кривыми поверхностями. Этот подход может применяться, в частности, для создания переходных вариантов фрактальных изображений, когда исходные изображения получены на основе единой итерационной формулы.

### **Создание фрактальных образов методом сложения итерационных формул**

Выше было показано, что переходные фрактальные образы могут быть получены, если исходные изображения создаются на основе единой итерационной формулы, задающей гиперфрактал, как плоские или неплоские сечения гиперфрактала. Однако итерационные формулы различных фракталов, как правило, сильно различаются. Для формирования переходных образов двух произвольных исходных итерационных формул можно использовать метод сложения функций, широко применяющийся в прикладной геометрии для конструирования кривых и поверхностей [10, 11]. Пусть первый фрактал получается на основе итерационной формулы  $F_1(x, y)$ , а второй – на основе формулы  $F_2(x, y)$ , тогда плавный переход между исходными образами можно выполнить при помощи следующей формулы:

$$t \cdot F_1(x, y) + (1 - t) \cdot F_2(x, y) = 0.$$

При  $t = 1$  будет получен первый образ, при  $t = 0$  – второй, при  $0 < t < 1$  различные переходные варианты, а при  $t < 0$  или  $t > 1$  – неизвестные. Сложение функций можно представить в более общем виде:

$$u \cdot F_1(x, y) + v \cdot F_1(x, y) = 0,$$

или в варианте сложения гиперфракталов:

$$ЦВЕТ = u \cdot Iterate_1(C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}) + v \cdot Iterate_1(C_0^{re}, C_0^{im}, z_0^{re}, z_0^{im}).$$

На рис. 4, *a* показаны примеры таких переходов. Дальнейшие исследования в указанной области позволяют строить фрактальные изображения, соединяющие по замыслу дизайнера требуемые элементы различных фракталов в едином изображении.

### Практическое применение фракталов

Выше были показаны способы создания различных новых фрактальных изображений на основе известных. Рассмотрим возможности их применения на практике. С точки зрения дизайнера интерес представляют (рис. 4, *b*):

*a* – фрактальные фоны, составляющие большую часть фрактального изображения, – получаются естественным образом в ходе его построения;

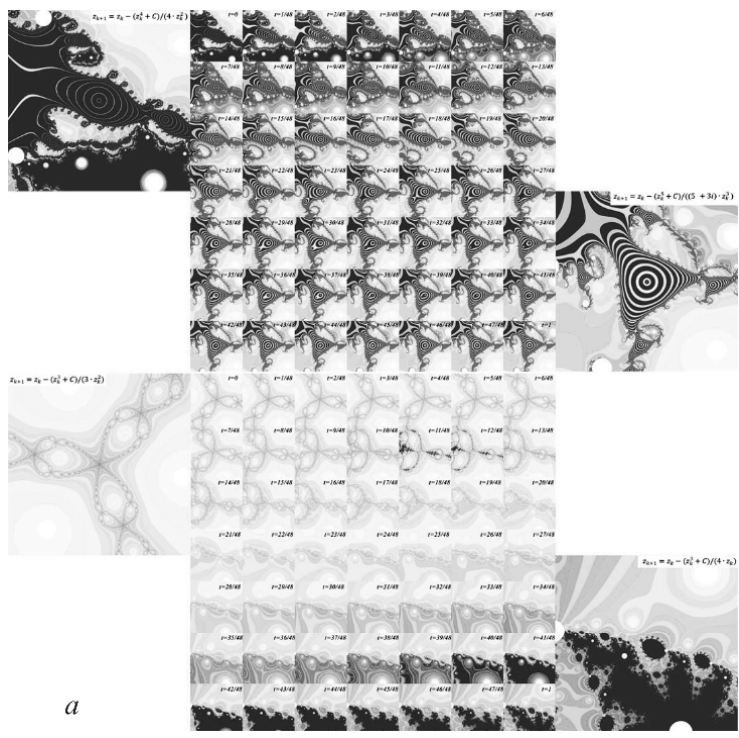
*b* – «кружки», образованные точками, в которых итерационный процесс сразу же прекращается, – их удобно использовать для размещения торговых марок, логотипов, эмблем и т.п.;

*c* – фрактальные границы, возникающие вокруг областей притяжения, являясь естественной частью фрактального узора, могут служить разделителями между текстовыми и графическими блоками, при этом фрактальные границы имеют неоднородную структуру и визуально более насыщены, чем обычные разделительные линии;

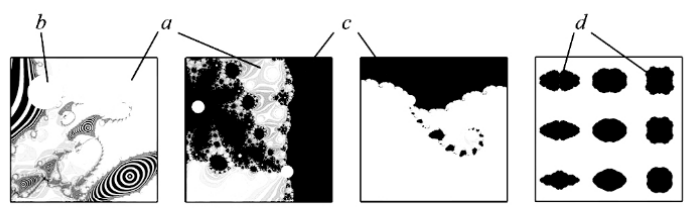
*d* – фрактальные острова – могут служить зонами для размещения заголовков и небольших текстовых фрагментов внутри области фрактального фона.

На рис. 4, *e* показаны проекты книжных обложек, при создании которых были использованы рассмотренные в настоящей работе способы получения новых фракталов. Фрактальные изображения подходят для создания рамок, паспарту, фонов, логотипов, монохромные – также для рельефных текстур.





a



б



в

Рис. 4. а – Варианты фракталов, полученные способом сложения итерационных формул (гиперфракталов); б, в – элементы фрактальных узоров и проекты книжных обложек с использованием полученных фракталов

## Основные результаты

В ходе работы были рассмотрены алгебраические фрактальные алгоритмы построения множеств Мандельброта и Жулия, в том числе варианты для различных итерационных формул, а также фракталы Ньютона. Для всех фракталов типа ФМ было рассмотрено построение также наборов миниатюр типа ФЖ. Предложено строить фракталы типа ФМ для итерационных формул Ньютона поиска корней. Фрактальные алгоритмы типа ФМ и ФЖ рассмотрены с позиций многомерной геометрии, как частные сечения одного гиперфрактала. Предложено строить новые фрактальные изображения как плоские и неплоские сечения гиперфрактала. Приведены примеры таких сечений. Показана возможность получения переходных вариантов фрактальных изображений между парой сечений. На примере ФМ и фрактала «паук» рассмотрено объединение двух фрактальных алгоритмов в рамках общего гиперфрактала более высокого порядка и возможность получения переходных фрактальных алгоритмов между двумя исходными, как сечениями такого гиперфрактала. Для построения переходных вариантов изображений для любой пары исходных фрактальных изображений предложено использовать сложение итерационных формул или гиперфракталов, показаны примеры таких переходов. Полученные фрактальные изображения использованы для создания проекта серии книжных обложек. Планируется создание редактора, позволяющего создавать фрактальные изображения способом сечений гиперфрактала и способом сложения гиперфракталов, для использования при решении задач дизайна и полиграфии. Представляет интерес дальнейшее исследование одномерных серий переходных фракталов, которые, если рассматривать их как плоские сечения некоторого предмета, можно использовать для формирования его трехмерной модели «по слоям» и последующей печати на 3D-принтере. Такие пространственные фрактальные формы могут найти применение в предметном дизайне или дизайне интерьеров.

## Список литературы

1. Пайтген Х., Рихтер П. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. – М.: Мир, 1993. – 176 с.
2. Бердичевский Е.Г. Фрактальные технологии в дизайне и технической эстетике // Гуманитарные технологии в современном мире: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Калининград, 2017. – С. 146–149.

3. Бердичевский Е.Г. Эстетика фракталов в искусстве и дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2016. – № 2. – С. 18–21.
4. Трубочкина Н.К. Новый промышленный дизайн и технологии, как результат математическо-компьютерных фрактальных исследований // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – Т. 84, № 5. – С. 76–82.
5. Николаева Е.В. Исследование фракталов в изобразительном искусстве [Электронный ресурс] // Художественная культура. – М.: Государственный институт искусствознания, 2012. – № 3 (4). – URL: <http://art-culturestudies.sias.ru/2012-3/istoriya-i-sovremennost/512.html>.
6. Шлык В.А. Фракталы в абстрактном искусстве и дизайне // Известия Челябинского научного центра. – Вып. 1 (22), 2004. – С. 231–244.
7. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. – М.; Ижевск, 2002. – 160 с.
8. Шкилевич А.А. Графическое исследование функций комплексного переменного // Энергия-2018: материалы 13-й междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Т. 5. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2018. – С. 135.
9. Милнор Дж. Голоморфная динамика. – Ижевск, 2000. – 320 с.
10. Филиппов П.В. Начертательная геометрия многомерного пространства и ее приложения. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 280 с.
11. Бойков А.А. О построении моделей объектов пространства четырех и более измерений в учебном процессе // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 54–71. – DOI: 10.12737/article\_5c21f96dce5de8.36096061 (Краткий вариант в виде доклада на КГП-2017 <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/57/>)
12. Обухова В.С., Василевский О.В. Применение метода сложения выпуклых кривых к конструированию каналовых поверхностей // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Киев: Будівельник, 1978. – Вып. 26. – С. 15–17.
13. Воробкевич Р.И. Конструирование поверхностей способом сложения функций, описывающих заданные сечения // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Киев: Будівельник, 1986. – Вып. 42. – С. 40–42.

## ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ РЕКЛАМНОГО РОЛИКА ДЛЯ КОМПАНИИ

**Вовас Евгений Леонидович,  
Головкина Валерия Борисовна**

Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС», Москва

Статья посвящена вопросам, касающимся практического применения знаний и умений, приобретенных студентами, обучающимися по направлению «Прикладная информатика в дизайне». Рассмотрены этапы создания рекламного ролика для компании, деятельностью которой является разработка курсов английского языка для корпоративных клиентов.

**Ключевые слова:** рекламный продукт, компьютерная графика, анимация, сценарий ролика.

## FROM THEORY TO PRACTICE ON THE EXAMPLE OF DEVELOPING A PROMOTIONAL VIDEO FOR THE COMPANY

**Vovas Evgeniy Leonidovich,  
Golovkina Valeriya Borisovna**

National University of Science and Technology

The article is devoted to issues relating to the practical application of knowledge and skills acquired by students that studying by specialty «Applied computer science in design». The stages of developing an advertising video for a company whose activity is the development of English language courses for corporate clients are considered.

**Keywords:** advertising product, computer graphics, animation, video script.

Сегодня дизайнер-информатик – это специалист в области сайтостроения и разработки веб-приложений, создающий компьютерные игры и визуализирующий электронный обучающий материал, разрабатывающий рекламные продукты и фирменный стиль различных компаний и организаций. Он уверенно владеет карандашом, кистью и компьютерной мышью для воплощения своих творческих идей, безошибочно выбирает цветовую палитру и шрифтовой ряд, придавая уникальность, наглядность и нарядность своей разработке.

Неоспорима первостепенная роль дизайнера-информатика в вопросах разработки рекламных роликов. Окончив бакалавриат и поступив в магистратуру, студент испытывает желание на практике закрепить тео-

ретические знания, приобретенные в процессе обучения в университете по таким дисциплинам, как: «Компьютерная анимация», «Инфографика», «Цветоведение и колористика», «Основы типографики», «Композиция», «Основы теории и методы дизайна».

Попыткой приобрести некоторый полезный опыт практической работы явилось сотрудничество с компанией, занимающейся разработкой курсов английского языка для корпоративных клиентов. В настоящее время компания запускает новый продукт, нуждающийся в рекламной поддержке, способной привлечь внимание потенциальных пользователей и обеспечить конкурентоспособность среди аналогичных разработок.

Курсы по освоению английского языка созданы в первую очередь для молодых людей, поэтому в процессе обсуждения принято решение о том, что рекламный ролик разрабатывается в мультипликационном стиле. При помощи мультипликации возможно оригинально представить аудитории новую информацию, привлечь потенциальных клиентов, эффектно вывести на рынок новый продукт. Положительная эмоциональная составляющая побуждает к подсознательному выбору рекламного продукта.

Разработанный мультипликационный ролик содержит яркие запоминающиеся персонажи, вызывающие у аудитории положительные ассоциации с самой компанией и ее продуктом, сценарий соответствует интересам целевой аудитории, а музыкальное оформление и дикторская озвучка являются «завершающим аккордом» общей разработки. Стоит отметить, что закадровый дикторский текст достаточно легок для восприятия, содержит элементы юмора и соответствует жанру разработки [1].

При написании сценария весь необходимый для демонстрации материал разделен на шесть блоков, в которых перечисляются недостатки традиционного обучения при отсутствии возможности дистанционной формы работы, говорится о преимуществах сервиса, о возможностях, которые будут иметь корпоративные клиенты и отдельные пользователи, если они примут решение заключить договор с компанией. Третий блок посвящен перечислению форматов контента, который доступен в сервисе, и демонстрации примеров реального контента, которые пользователи могут увидеть в сервисе. Также отмечается, что учиться с сервисом можно в любом месте без ограничений. Изображения из основных частей рекламного ролика показаны на рис. 1.

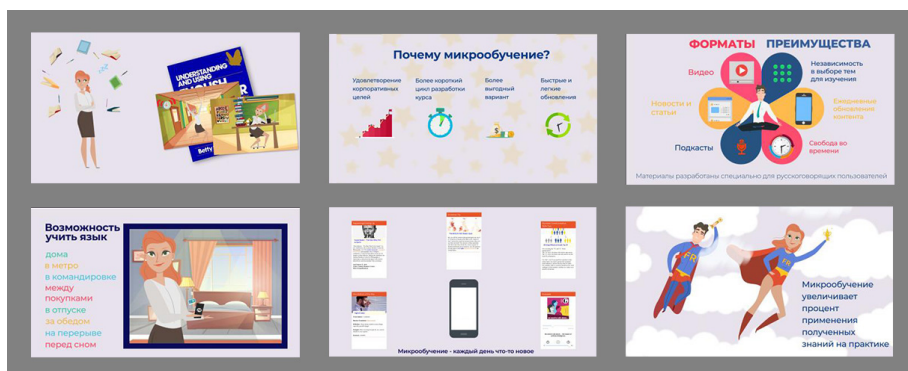


Рис. 1. Изображение шести блоков рекламного ролика

Все вышеперечисленные пункты отражены в сториборде или раскладовке, где указан хронометраж, схематические изображения происходящего на экране с тезисным изложением развития истории.

Направление флет, или плоский дизайн, с использованием простейших одноцветных элементов, в настоящее время все чаще встречается в разработке роликов, которые можно наблюдать по телевидению, в интернете, на световых панелях для рекламы. Считается, что это более привлекательный, изящный, в то же время менее трудозатратный вид изображения в отличие от 3D, которое требует больших вычислительных мощностей для рендера финальной версии.

Для разработки графических материалов видеоролика, исключая реальные скриншоты сервиса и фото учебника, использовались шаблоны флет-дизайна сайта Freerik, предоставляющего их для последующей обработки.



Рис. 2. Пример корректировки изображения персонажа для темы супергероя

Так, например, персонажами для разработанного рекламного ролика явились два офисных работника, парень и девушка, по возрасту примерно соответствующих целевой аудитории рекламы. Разберем на примере мужского персонажа, в чем заключается подготовка векторного файла к анимации. В результате поиска подходящего персонажа на вышеуказанном ресурсе имеется файл с персонажем в нескольких позах. По замыслу, в конце нужно показать, что с рекламируемым сервисом можно достичь неведанных высот, для этого используется тематика супергероев, а именно – «Супермена» и «Супергерл», но в файле нет офисного работника – парня в костюме супергероя, для этого используется поза «счастливого подпрыгивания». Данная поза копируется в новый файл в Adobe Illustrator, «отзеркаливается» по горизонтали и поворачивается по часовой стрелке (так как главные герои летят с левого нижнего угла экрана в правый верхний). Далее удаляются лишние элементы с рубашки так, чтобы брюки и рубашка выглядели как комбинезон – перекрашиваются в синий цвет, галстук в красный, дорисовываются шорты, плащ и ремень. На рис. 2 изображен персонаж до и после обработки. Он выглядит так, как должен выглядеть в видео, но все еще не готов к анимации, так как находится в одном слое. Для корректировки каждый элемент, который будет двигаться в ролике, независимо от других переносится в отдельные слои, а каждый слой именуется по названию элемента, для дальнейшего упрощения навигации по проекту в Adobe After Effects. В результате данный файл можно переносить в After Effects как композицию. На рис. 3 показаны отдельные слои, выделенные линиями разного цвета.



Рис. 3. Изображение персонажа, подготовленного к процессу анимирования

Современные технологии применения компьютерной графики позволяют использовать возможности рисованной анимации с целью создания динамичной и яркой рекламы [2]. Известно, что статическое изобра-

жение становится «ожившим», как только начинает двигаться, оживление графики средствами анимации называется моушн-дизайн [3].

В анимации применялись различные подходы к увеличению реалистичности происходящего на экране. Так, у каждой анимации изменялась функция плавности, которая определяет скорость течения анимации, делая ее более реалистичной. Как отмечается в работе, реальные вещи не начинают двигаться мгновенно и с постоянной скоростью [4]. Описанные ранее персонажи вначале должны подпрыгнуть, чтобы оторваться от земли, затем их движение ускоряется в процессе перемещения по заданной траектории. Для увеличения реалистичности проработано большое количество микроанимаций, не заметных глазу сразу, но делающих картинку не статичной, а «живой».

В качестве основного шрифта было выбрано популярное семейство геометрических гротесков «Монсеррат» (Montserrat). Это достаточно серьезный шрифт, не уводящий в детский «мультик» стиль, но одновременно и не нарочито официальный, что резонирует с мультипликационным стилем.

При разработке видеоряда учитывалось, что у потребителя не всегда будет возможность прослушать закадровый текст, поэтому для визуализации важной информации применялась инфографика, как графический способ быстрой и четкой передачи важной информации [5].

Таким образом, реализуя поставленную прикладную задачу, удалось разработать анимационный рекламный ролик, удовлетворяющий потребностям компании-заказчика. В процессе совместной работы компания-заказчик получила требуемый рекламный продукт, а будущий специалист – необходимый опыт практической работы в области дизайна.

### Список литературы

1. Поляков В.А., Романов А.А. Реклама: разработка и технологии производства: учебник и практикум для СПО. – М.: Юрайт, 2019. – 502 с.
2. Болкова Д.А. Современные технологии создания анимационного рекламного ролика // Альманах теоретических и прикладных исследований рекламы. – 2016. – № 1. – С. 86–90.
3. Кочнева А.В. Анимационный дизайн: социокультурная специфика // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2018. – № 1. – С. 92–95.
4. Шпаргалка функций плавности (easing) // Easings.net. – URL: <https://easings.net/ru> (дата обращения: 17.03.2019).
5. Крапивина Т.В. Инфографика как средство визуализации информации в рекламе // Альманах теоретических и прикладных исследований рекламы. – 2016. – № 1. – С. 82–86.



# **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КОМПАС-3D В КУРСЕ «МАКЕТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ» В ОБЛАСТИ ПРИКЛАДНОЙ ИНФОРМАТИКИ В ДИЗАЙНЕ**

**Лазаревич Вероника Вуядиновна,  
Мокрецова Людмила Олеговна,  
Науменко Ольга Михайловна**

Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС», Москва

Для студентов, обучающихся по направлению «Прикладная информатика в дизайне», было создано и внедрено в учебный процесс электронное пособие по курсу «Макетирование и моделирование», особенностями разработки которого явились проектно-ориентированный подход, расширенная навигация, система «лайфхаков» и ссылок, дружественный интерфейс, доступность через информационную систему НИТУ «МИСиС».

**Ключевые слова:** моделирование, макетирование, пособие, 3D, дизайн, КОМПАС-3D.

## **FEATURES THE DEVELOPMENT OF TRAINING MANUALS ON THE USE OF KOMPAS-3D IN THE COURSE «MODELING AND SIMULATION» IN THE FIELD OF APPLIED INFORMATICS IN DESIGN**

**Lazarevich Veronika Vujadinovna,  
Mokretsova Liudmila Olegovna,  
Naumenko Olga Mihaylovna**

National University of Science and Technology

For students enrolled in the direction of “Applied Informatics in design” was created and implemented in the educational process electronic manual for the course “Modeling and modeling”, the features of which were the design-oriented approach, advanced navigation, system “life hacks” and links, user-friendly interface, accessibility via computer, mobile phone and through the information system of nust “MISIS”.

**Keywords:** modeling, modeling, manual, 3D, design, Compass-3D.

В конце 90-х годов в программу по графическому обучению в высших учебных заведениях вошла работа в системах автоматизированного проектирования (САПР). Преподавание с использованием САПР КОМПАС-3D на кафедре АПД НИТУ «МИСиС» способствовало повышению интереса учащихся к обучению, что послужило внедрению

на кафедре направления обучения бакалавров и магистров «Прикладная информатика в дизайне». Образовательный стандарт НИТУ «МИСиС» позволяет разрабатывать свои образовательные программы, которые, в частности, включают дисциплину «Макетирование и моделирование». Век компьютерных технологий создает условия и делает для выпускников таких направлений обучения необходимым приобретение качественных практических навыков компьютерной графической подготовки, помимо высокого уровня теоретических знаний. В условиях информатизации общества сам процесс освоения графических и дизайнерских дисциплин требует от студента большей степени самостоятельности в изучении, что свидетельствует об актуальности разработки электронного учебного пособия.

Целями освоения дисциплины «Макетирование и моделирование» являются подготовка студентов к решению объемно-пространственных задач в проектировании, формирование у обучающихся образно-конструктивного мышления, формирование специальных профессиональных навыков в области макетирования и моделирования в дизайнерской практике. Это позволяет студентам: овладевать методами пластического макетирования и моделирования; активизировать и совершенствовать творческие способности; применять на практике полученные теоретические знания. Дисциплина «Макетирование и моделирование» преподается на 3-м курсе бакалавриата после освоения дисциплин «Рисунок», «Живопись», «Композиция», а ранее – дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», которая изучается на основе САПР «КОМПАС-3D». Кроме того, дисциплина «Макетирование и моделирование» обладает логическими и содержательно-методологическими взаимосвязями с параллельно преподающимися дисциплинами: «Теория и технология дизайн-проектирования» и «Теория дизайна».

Для успешного обучения в данном направлении студенты должны активно работать над курсовыми работами, участвовать в НИР и проходить практику на предприятиях, заинтересованных в компетентной профессиональной деятельности наших выпускников. На лабораторных занятиях студенты обеспечиваются необходимой информацией и методиками решения проектных задач различной степени сложности. Помимо ручного макетирования, студенты применяют и компьютерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D» для успешного освоения таких тем, как: разработка дизайна с помощью макетирования и последующего компьютерного моделирования интерьера и экстерьера коттеджей, тор-

говых центров, промышленных объектов и множества других объектов. В результате, студенты приобретают такие компетенции, как: понимание методов и приемов макетирования и моделирования, изучение этапов макетирования и моделирования, умение применять методы и приемы графической и пластической визуализации моделей с использованием художественных форм для формирования пространственных структур, ориентироваться в мировых тенденциях дизайн-проектирования, а также получают навыки макетирования и моделирования, необходимые для дальнейшей профессиональной деятельности.

Сегодня, в связи с ежегодным обновлением ПО и расширением возможностей для работы в различных системах САПР, а зачастую еще и смены пользовательского интерфейса, учебные пособия быстро устаревают и со временем становятся полностью бесполезными. В пособиях по инженерной компьютерной графике для студентов первого курса показано создание моделей тел, деталей, сборок и документации машиностроительной направленности. Но для дизайнеров информационной среды возникла необходимость создания пособия для моделирования дизайнерских творческих работ, которое бы сделало систему «КОМПАС-3D» основой для их дизайнерских разработок, что позволило бы активнее использовать это программное обеспечение в курсовых работах, НИР и выпускных квалификационных проектах студентов.

Авторами была поставлена цель разработки и внедрения в учебный процесс электронного пособия для студентов института ИТАСУ НИТУ «МИСИС» по направлению обучения «Прикладная информатика в дизайне», а также доказать эффективность использования студентами САПР «КОМПАС-3D» и создания с помощью данного ПО творческих работ, что позволяет еще больше развить их пространственное мышление.

Нами были поставлены и последовательно решены следующие задачи: анализ и исследование аналогичных разработок и специальной литературы, разработка дизайна и последующее создание страниц пособия, удобной системы навигации, наглядных иллюстраций, примеров и задач, видеоуроков, дополняющих каждую из страниц пособия, наполнение пособия современным и актуальным контентом для обучения навыкам работы в «КОМПАС-3D», а также объяснения основ инженерного и промышленного дизайна. На стадиях разработки, внедрения и финальной адаптации были проведены опросы среди учащихся и преподавателей с целью корректировки подачи материала и выявления результативности работы с этим электронным пособием.

При разработке и создании этого пособия нами были достигнуты следующие результаты:

1. Пособие позволяет повысить самостоятельность при освоении учебного курса, так как содержит в себе все необходимые материалы: обучающий блок, блок практических заданий для самостоятельного выполнения, а также творческие задания.

2. Для более увлекательного и легкого обучения все пособие насыщено изображениями и рисунками, помогающими визуализации, а также интересными фактами на каждую из тем и информацией об исторических событиях и личностях, относящихся к тому или иному материалу.

3. Пошаговое знакомство с каждым из разделов: на каждую из тем приведены объяснения разного уровня сложности. Обучающийся может сам выбрать, с какого уровня ему требуется помощь в освоении материала, или пройти весь путь для тех, кому сложно освоить тему. Такой подход делает пособие подходящим для студентов разного уровня подготовки и служит идее индивидуализации подготовки.

4. Простота и удобство навигации. Пособие включает интегрированный курс: модули, разделенные на отдельные темы, по каждой из которых есть видеуроки, состоящие из роликов длительностью 1–2 мин, краткое текстовое описание с основной информацией, а также примеров и заданий. Навигация осуществляется через главную страницу с оглавлением, позволяющим перейти сразу на нужный раздел, представленный на рис. 1.

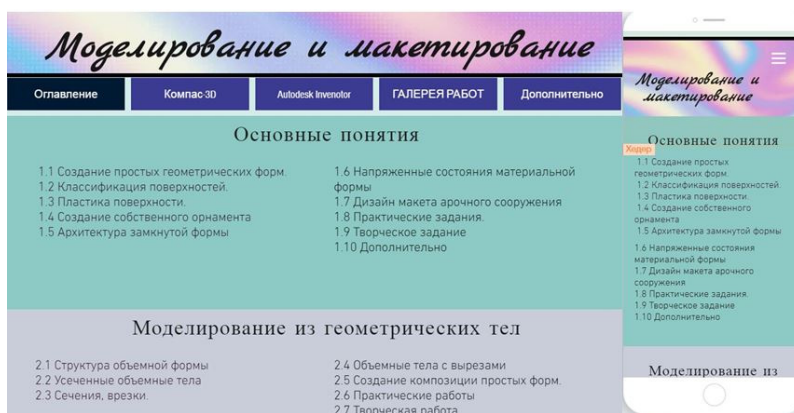


Рис. 1. Оглавление сайта (компьютерная и мобильная версия)

В результате нами было создано пособие по разработке творческих проектов в системе «КОМПАС-3D» для студентов направления «Прикладная информатика в дизайне», которое раскрывает особенности

некоторых вопросов компьютерного 2D-черчения и 3D-моделирования; приобретение навыков работы в системе «КОМПАС-3D» при создании творческих заданий макетирования, ознакомление с технологией разработки компьютерных чертежей отдельных деталей и сборочных чертежей, создание конструкторской документации, дополненной анимацией, применение полученных знаний в курсовой, научной и дипломной деятельности, развитие пространственного мышления и визуализации.

Особенностями разработки созданного нами пособия явились: проектно-ориентированный подход, расширенная навигация, система «лайфхаков» и ссылок, дружественный интерфейс, творческие примеры и задания, доступность через компьютер, мобильный телефон и через информационную систему НИТУ «МИСиС». Наличием бонусов является то, что все приведенные примеры объектов можно реально воплотить в жизнь, если следовать пошаговым указаниям, и получаем: реальный настольный органайзер, подставку под монитор или вазу для цветов. В заданиях приведено подробное руководство по переводу файлов моделей в нужные форматы для печати на 3D-принтере и для изготовления на станках с ЧПУ.

Особое внимание уделено заданиями для проверки знаний обучающихся. Были разработаны интерактивные задания, такие как кроссворды, викторины, составлены тесты по каждому из модулей.

Для использования пособия разработан современный дизайн страниц: цвета, подобранные по цветовому кругу Иттена и цветовой системе Манселла, продуманный композиционный центр, динамичная композиция расположения иллюстраций и текста, облегчающая восприятие, были подобраны шрифты без засечек для заголовков и основного текста, облегчающие визуальное восприятие и читабельность страниц в целом.

Все пособие размещается в Интернете на сервере бесплатного хостинга. Это дает возможность в любой момент обратиться к нужным материалам, а также скачать их на компьютер или телефон. Возможность отслеживать посещаемость страниц дает возможность судить о более востребованных студентами разделах и далее развивать их. Развитием этого пособия будет разработка курса в системе Autodesk Inventor, позволяющего легко создавать анимацию.

Данное пособие прошло апробацию для групп студентов, обучающихся на кафедре автоматизированного проектирования и дизайна НИТУ «МИСиС». Среди 100 студентов был проведен опрос о результативности использования данного учебного пособия. Учащиеся ответили на следующие вопросы:

1. Помогает ли использование данного пособия при изучении дисциплины «Макетирование и моделирование»?

2. Упрощает ли процесс создания курсовой работы по дисциплине «Макетирование и моделирование» использование данного пособия? Результаты опроса приведены на рис. 2.

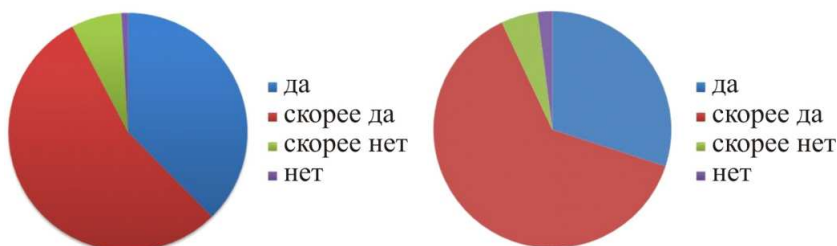


Рис. 2. Результаты опроса

Таким образом, разработанное учебное пособие позволяет усовершенствовать процесс обучения студентов путем наиболее полного изучения программы САПР «КОМПАС-3D». Оно позволяет использовать в курсе макетирования моделирование 3D-сборок и создание отдельных деталей, визуализацию творческих образов, а также создавать документацию и презентации. Пособие оформлено современно, учтены необходимые требования для удобства навигации по сайту, а разработанный и реализованный дизайн страниц облегчает восприятие информации.

Результаты проведенных опросов свидетельствуют о необходимости и важности внедрения данного пособия в курс обучения дисциплине «Макетирование и моделирование» как при использовании разработанных материалов в информационной системе НИТУ «МИСиС», так и при выполнении студентами направления «Прикладная информатика в дизайне» курсовых, научно-исследовательских и выпускных квалификационных работ.

### Список литературы

1. Большаков В.П. В мир оптических иллюзий и невозможных объектов с КОМПАС-3D // Компьютерные инструменты в образовании. – 2005. – № 2. – С. 87–92.

2. Большаков В., Бочков А., Сергеев А. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex. – М.: Книга по требованию, 2010. – 336 с.

3. Смирнов В.А. Профессиональное макетирование и техническое моделирование. Краткий курс. – М.: Проспект, 2017. – 160 с.
4. Мазурина Т.А., Халиуллина О.Р. Макетирование в графическом дизайне: учеб. пособие. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2015. – 144 с.
5. Сотников Б.Е. Объемно-пространственная композиция: учеб. пособие. – Ульяновск: УГТУ, 2009. – 68 с.
6. Калмыкова Н.В., Максимова И.А. Дизайн поверхности: композиция, пластика, графика, колористика: учеб. пособие. – М.: Кн. дом «Университет», 2010. – 153 с.
7. Иттен И. Искусство формы. Мой форкурс в Баухаузе и других школах. – Издатель: Д. Аронов, 2009. – 138 с.
8. Степанов А.В. Объемно-пространственная композиция / под ред. А.В. Степанова. – М.: Стройиздат, 1993. – 193 с.

## ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ДЕКОРАТИВНОГО ПАННО

**Мухаркина Анна Анатольевна**

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, Екатеринбург

Описывается опыт преподавания информационных технологий для будущих бакалавров декоративно-прикладного искусства. Представлены возможности многократного использования эскиза изделия в качестве цифровой модели.

**Ключевые слова:** декоративно-прикладное искусство, цифровая модель, графическая работа, описание курса.

## DIGITAL MODEL OF DECORATIVE PANEL

**Mukharkina Anna Anatolievna**

Ural State University of Architecture and Art

The article describes the experience of teaching information computer technologies for future bachelors of arts and crafts. Presents the possibility of reusable product sketch as a digital model.

**Keywords:** arts and crafts, digital model, graphic work, course description.

Процессы глобализации, интернационализации экономических, финансовых, политических и общественных отношений постепенно приводят к тому, что специалисты художественных направлений подготовки выходят за рамки обычных материалов и компетенций в своей профессиональной сфере: керамисты проектируют 3D-модели объектов, ювелиры разрабатывают макеты текстильных украшений или «принты» для оформления стены, мастера текстиля воплощают свои эскизы в керамограните. Информационные технологии позволяют расширить возможности будущего бакалавра искусства, добиться того, что хорошо проработанный эскиз будущего изделия мог бы быть выполнен в различных материалах, а сам являлся цифровым продуктом, готовым к многократному использованию. В таком случае мы можем говорить о том, что будущий бакалавр искусства имеет основание избрать своим видом деятельности «цифровое ремесло».

Возможность расширения сфер деятельности художника декоративно-прикладного искусства возникла в результате появления новых технологий, таких как аддитивное производство, лазерная резка материалов, цифровое фрезерное оборудование. Поэтому в настоящий мо-



мент предъявляются требования к уровню образованности специалиста – не только знание возможностей обработки материалов, но и знание современных сред разработки и аддитивных технологий проектирования и конструирования художественных объектов.

Современное декоративно-прикладное искусство – это многоплановая проектная деятельность. Однако в каждом из профилей существуют свои художественные традиции и свои технические особенности. Обучение по направлениям «Керамика», «Текстиль», «Ювелирное искусство» проходит в рамках специальных проектных заданий, формирующих у обучаемого профессиональные компетенции по использованию методик проектирования и технологий обработки материала. Только мастер своего дела способен по достоинству оценить преимущества и недостатки цифровых технологий и разумно сочетать традиции и инновации.

Первые компьютерные технологии в графике, как правило, были направлены на перевод визуальных изображений в цифровую форму и позволяли искать форму художественного образа, используя математические уравнения. Ранние цифровые изображения имели много ограничений и отличались от представления нашего восприятия.

Создание современных цифровых моделей также базируется на основе перевода визуальных изображений в цифровую форму, но с использованием уже современного инструментария графических программ и математических и технических алгоритмов, связанных с промышленными технологиями. С одной стороны, технологии также ограничивают визуальные образы, но с другой стороны создать технологический образ без конкретного инструментария и технологий невозможно. Современное цифровое ремесло комбинирует в себе набор различных проектных инструментов и технологий создания визуальных образов в конкретных материалах. Комбинации этих инструментов и технологий будут зависеть от области применения и задач воплощения художественного образа в различных материалах.

Художественно-эстетические компетенции очень важны для будущих бакалавров декоративно-прикладного искусства, но и информационно-технические компетенции важны не меньше.

В программе Правительства РФ «Цифровая экономика Российской Федерации» отмечено, что в системе образования расширяется применение цифровых технологий. Образовательные организации имеют выход в Интернет и представлены там на своих сайтах в соответствии с государственными требованиями. Нормативно, технологически и со-

держательно обеспечен курс информатики и информационно-коммуникационных технологий в программах общего образования, ведется подготовка кадров для цифровой экономики. Однако численность подготовки кадров недостаточна, наблюдается несоответствие образовательных программ нуждам цифровой экономики. Имеется серьезный дефицит кадров в образовательном процессе всех уровней образования. В процедурах итоговой аттестации недостаточно применяются цифровые инструменты учебной деятельности, процесс не включен целостно в цифровую информационную среду [1].

На первый взгляд кажется, что в компьютерной подготовке бакалавров в области искусства доля развития аналитического мышления незначительна, ведь компьютерные дисциплины подразумевают изучение технологических аспектов и готовых алгоритмов. Однако содержательно многие проекты предполагают этапы анализа и синтеза художественного образа. Кроме того, каждый новый художественный цифровой продукт может потребовать пересмотра базовых алгоритмов создания работы, изучения нового, более удобного инструментария или его нестандартного использования. Необходимо также отметить, что цифровые технологии очень быстро изменяются и становятся неактуальными уже к моменту защиты дипломной работы бакалавра, поэтому у обучающихся необходимо развивать способность самостоятельно изучать новые возможности в области цифровых технологий, связанных с профессиональной деятельностью.

Дисциплина «Современные информационные технологии» должна помочь будущему бакалавру в области декоративно-прикладного искусства (54.03.02 ДПИ и НП) войти в мир компьютерных технологий, научить пользоваться средствами компьютерной графики. ФГОС ВО указанного направления предполагает развитие следующих компетенций в рамках дисциплины:

ОК-1 – Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ОПК-4 – Способность владеть современной шрифтовой культурой и компьютерными технологиями, применяемыми в дизайн-проектировании [2].

Указанные компетенции мотивируют педагога на поиск таких проектных заданий, которые бы позволили объединить аналитическую, компьютерную и технологическую составляющую профессиональной деятельности. Одна из таких проектных работ – графическая работа «Построение цифровой модели декоративного панно». Графическая ра-

бота имеет множество целей: дидактические, экспериментальные и исследовательские – и должна формировать у обучающихся следующие навыки:

- ◆ ведение аналитической работы по сбору материалов для проекта;
- ◆ обретение компьютерной грамотности и оптимального использования информационных технологий в будущей профессиональной деятельности;
- ◆ владение различными техниками создания и обработки изображений на компьютере;
- ◆ развитие у будущих бакалавров искусства навыков самообразования;
- ◆ выполнение поисковых эскизов, композиционных решений и создание пластических образов средствами компьютерной графики;
- ◆ владение языком искусства на основе взаимосвязи между информационными технологиями и формирующегося опыта творческой деятельности.

Лист рабочей тетради графической работы представлен на рис. 1.

#### **ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ «ДЕКОРАТИВНОЕ ПАННО»**

##### **Исходные данные**

Для выполнения графической работы разработать карандашный эскиз декоративной композиции со следующими требованиями:

1. Общее изображение должно легко считываться.
2. Композиция должна быть составлена из чётких цветовых пятен, которые имеют конкретный абрис (контур).
3. Композиция состоит из 30 и более отдельных элементов.
4. Элементы композиции не покрыты текстурой.
5. В композиции не должно быть тонких или мелких деталей, если же такие имеются, то они обобщаются в более крупные объекты.

##### **Формулировка графической работы**

Средствами векторного графического редактора разработать цифровую модель «Декоративное панно», включающую в себя:

1. контурную сетку панно (линейный контур из кривых);
2. замкнутые сегменты панно;
3. цветовое решение панно без ограничения цветов, 1 шт;
4. цветовое решение с ограничением (5-6 цветов), 3-4 шт;
5. трафаретное решение на основе контурной сетки панно;
6. пронумерованную модель лекальных элементов панно;
7. раскладку лекальных элементов панно одинакового цвета.

##### **Требования к результатам выполнения графической работы**

Цифровая модель панно в векторном формате.

##### **Цели графической работы**

1. Научиться разрабатывать цифровую модель.
2. Отработать навыки работы с кривыми Безье.

Рис. 1. Лист рабочей тетради

Работа предполагает выполнение цифровой модели декоративного панно средствами векторного графического редактора. Модель включает в себя контурную сетку, цветовое решение без ограничения цветов, цветовое решение с ограничением в 5–6 цветов, трафаретное решение на основе контурной сетки панно, пронумерованную схему элементов панно, раскладку на материале.

На рис. 2 представлен пример выполнения работы студентами 2 курса направления «Декоративно-прикладное искусство». Выполнены контурная сетка композиции, разбиение на элементы, представлено цветовое решение, сделано преобразование абриса в объект с последующей заливкой всей композиции градиентом, подобраны 5 цветов и выполнено цветовое решение с ограничением. В дальнейшем любая из этих моделей может быть использована для воплощения в материале.

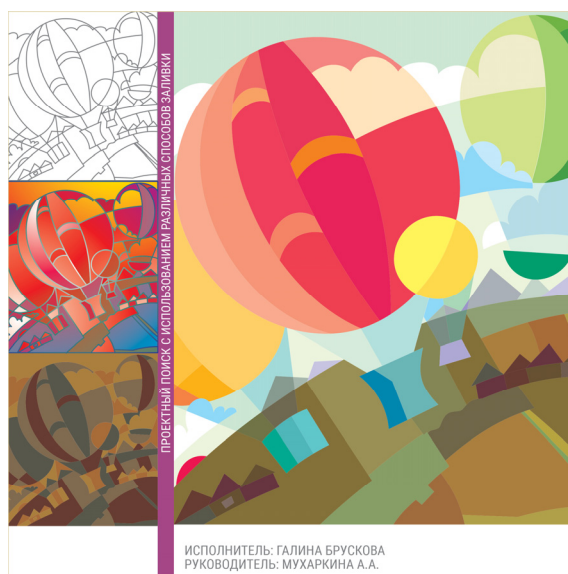


Рис. 2. Графическая работа «Декоративное панно»

Графическая работа позволяет студентам проанализировать многогранность использования модели для различных техник и материалов, аналитически подсчитать количество материала, которое необходимо для выполнения проекта.

Выполнение таких графических работ с разработкой цифровых моделей объектов позволит подготовить бакалавров к цифровому ремесленничеству в будущей профессиональной деятельности.

Развитие высшего образования в искусстве должно происходить в тесной связи с веяниями времени и отвечать характеру и уровню раз-

вития педагогики искусства. Недопустимо неоправданное затягивание процессов цифровизации ремесленничества. В то же время необходимо учитывать и поддерживать традиционные методы обработки материалов, для того чтобы не потерять культурную и историческую традицию, на основе которой должно развиваться цифровое ремесло.

### Список литературы

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. – URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 16.03.2019).

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Бакалавриат. Направление подготовки 54.03.02 «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы» [Электронный ресурс]: Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 января 2016 г. № 10. – URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/54030pdf> (дата обращения: 16.03.2019).

3. Кутузова А.А., Мухаркина А.А. Прототипирование комплекта декоративных блюд и адаптация художественного проекта под различные технологические процессы, Кограф-2018: сб. материалов 28-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – С. 17–21.

4. Мухаркина А.А., Власова М.В. Роль высшего и дополнительного образования при подготовке классического и «цифрового» художника декоративно-прикладного искусства // Непрерывное образование: теория и практика реализации: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2018. – С. 227–229.

5. Мухаркина А.А., Кутузова А.А., Власова М.В. Подготовка студентов художественных специальностей к расширению сфер использования декоративной композиции // Наука. Информатизация. Технологии. Образование: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2018. – С. 363–370.

6. Турлюн Л.Н. Компьютерная графика как средство обучения студентов по направлению «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы» // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2016. – № 10. – С. 67–70.

7. Цифровое искусство: история, теория, практика: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программам магистерской подготовки по направлению «Дизайн» / А.Н. Лаврентьев [и др.]; под ред. А.Н. Лаврентьева. – М.: Московская гос. художественно-промышленная акад. им. С.Г. Строганова, 2016. – 279 с.

# ДИЗАЙН ЭКРАНОПЛАНА: КУРСОВОЙ ПРОЕКТ В ВЕРСИИ САМОГО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

**Наместников Алексей Юрьевич**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь

Рассмотрен экраноплан как тема курсового дизайн-проектирования в предпоследнем семестре. Представлены вариант решения планировки, компоновки, конструкции и художественной формы экраноплана речного на 480 пассажиров (грузового на 60 т), технические характеристики. Даны примечания об учебных эффектах. Автор имеет опыт художественного конструирования с 1976 года и преподавания дизайна – с 1998.

**Ключевые слова:** экраноплан, Сибирь, учебный проект, дизайн, компоновка, параметры.

## THE DESIGN OF THE EKRAANOPLAN: A STUDENT'S EDUCATIONAL PROJECT IN THE VERSION OF THE TEACHER

**Namestnikov Alexey Yur`evitch**

Perm National Research Polytechnic University

The flying ship as the theme of the course design in the penultimate semester. The solution of layout, frame, structure and external form of the river winged liner to 480 passengers (cargo variant: 60 ton); technical parameters. Remarks about educational effects are given. The author has experience in industrial design since 1976 and teaching design since 1998.

**Keywords:** ekranoplan, Siberia, training project, design, layout, parameters.

### Предисловие

Дореволюционная традиция академического художественного образования России имела практику выполнения учебного задания ассистентом преподавателя или самим преподавателем на глазах учащихся: «... ученики видели, как должен протекать процесс ... и какого качества нужно добиваться. Это был прекрасный метод работы с учениками, и очень жаль, что в дальнейшем он не получил своего развития» [1]. Будучи студентом САИ, автор такого не видел, учился у старших одноклассников. За 15 лет преподавания индустриального дизайн-проектирования автор опробовал все четыре типовых способа работы со студентами: 1) критические просмотры [2, с. 120–152]; 2) конструктивное консультирование (деликатные подсказки о неочевидных возможностях технологии, техники [2, с. 355, 360, 361 – консультации с преподавателем

лями-дизайнерами как с инженерами и технологами] и художественной композиции); 3) параллельное конструирование («глянь, как можно было сделать» или «а мастер сделал вот как»); 4) совместное конструирование по реальному заказу (самый действенный способ!). Третий способ применен в описываемом проекте.

Предпоследний курсовой дизайн-проект в Пермском Политехе много лет посвящался «транспортному средству со сложными процессами, в увязке экстерьера и интерьера». Тема «Экраноплан» стала выглядеть совсем органично, когда кафедру дизайна перевели на аэрокосмический факультет. Студенты-дизайнеры узнавали азы аэродинамики и теории жесткости, запускали с катапульты вдоль по коридору свои небольшие модели из реек и ватмана (у кого дальше?), считали технические характеристики, тренировались рационально компоновать никак не вмещающееся... Это комплексное задание затрагивало параллельные дисциплины: Эргономика, Технические основы дизайна, Теория и методология дизайна. К сожалению, ничего этого больше не будет. «Дизайн – это искусство, а не техника», – решили доктора технических наук и в 2012 году объявили о ликвидации специальности «Промышленный дизайн». Автор напоследок (в марте–мае 2018) разработал образцовый дизайн-проект и применил его как учебно-методическое пособие типа «Сделай лучше». Проект представлен в пояснительной записке (тексты, чертежи А4 М1: 200 и М1: 20, две цветные визуализации), без планшетной подачи. Плагиата из студенческих проектов прошлых лет нет. Проект приводится весьма фрагментарно.

*Курсивом прописаны замечания об учебных эффектах.*

## **1. Введение в проект**

Огромные территории России заставляют думать о транспорте будущего страны. Прогрессивным видом речного и морского транспорта специалисты называют экраноплан – летящее низко над водой и отмелями судно. В настоящее время активно ведутся работы по созданию экранопланов как в России, так и в Австралии, Великобритании, США, Иране и Китае [6]. Целью настоящего учебно-методического проекта является исследование возможности создания большого (500 мест) и скоростного (500 км/ч) экраноплана для развития Сибири. В качестве ситуации выбрана река Енисей: от Красноярска до Дудинки 2000 км ...

## 2. Исследование проектной ситуации

### История экранопланов

..., пока за дело не принялся ... Ростислав Алексеев в городе Горьком ...

### Удачные решения Ростислава Алексеева

...В реальных и успешных военных экранопланах Алексеева применен поддув под крылья при разгоне, взлете и разворотах на суше; отдельный маршевый двигатель – толкающий (сзади), с номинальной тягой вчетверо меньше, чем у самолета равной массы в горизонтальном полете...

### Выводы последователей Алексеева

...«В диапазоне скоростей 200–500 км/ч эффективность экраноплана как транспортного средства, определяемая произведением скорости транспортирования на массу груза по отношению к затратам энергии, значительно выше, чем у других современных транспортных средств» [4].

«Тактико-технические данные проектов экранопланов, разработанных нами (авторами [4]), обеспечивают при скоростях движения до 400 км/ч дальность хода до 6000 км, амфибийность, мореходность до 5 баллов и расход топлива 30–40 г на перевозку одного пассажира на один километр» [4]. (То есть 3–4 кг на 100 км.) «Экранопланы способны не только в любое время года обеспечивать полет на весьма низких высотах над водой, снегом, льдом, землей на высоких скоростях, но и двигаться в амфибийном режиме по снегу, льду, земле, преодолевая препятствия высотой до 1,5 м» [4].

### Актуальность разработки экраноплана для Севера России

«Северные регионы России занимают почти 70 % ее территории. Здесь в настоящее время добывается более 90 % природного газа, меди и никеля, 80 % золота и алмазов ... Большие трудности с доставкой грузов живущим и работающим на Севере. Северный Морской Путь уже не обеспечивает современные потребности Севера России ...» [4].

### Целеполагание

Главная цель проекта – обеспечение ... (см. ТЗ ниже).

Научно-методические задачи: проверка ...; гармония ... (см. ТЗ).

В учебном дизайн-проекте решено игнорировать сомнения относительно шумности экранопланов на реке, плохой горизонтальной управляемости в пределах долины, опасности полетов на скорости 500 км/ч (140 м/с) при наличии на пути других судов и мостов с высотой пролета 20–30 м, птиц, тумана. Прогресс в области средств навига-



ции и компьютерных средств пилотирования позволяет надеяться, что эти проблемы разрешимы.

В связи с климатическими особенностями Сибири решено не предусматривать средств спасения на воде ни индивидуальных, ни коллективных, а уповать на непотопляемость судна на поплавках, заполненных невпитывающим воду пенопластом. (*Этот вопрос прорабатывался в учебных проектах прошлых лет и давал со шлюпками и ковчегами весьма неуклюжие результаты.*)

### **Требования к дизайну исходя из ситуации использования экраноплана**

*... (выявленные в предпроектном исследовании требования вошли в ТЗ)*

#### **Данные для технических расчетов**

В литературе по экранопланам и авиации [3–5 и др.] найдены полезные для эскизного проекта расчетные данные и зависимости, а также рекомендации. ...

#### **Техническое задание**

*Техническое задание (ТЗ) разрабатывает дизайнер совместно с заказчиком (преподавателем) на основе знаний, добытых в предпроектном исследовании, и утверждает заказчик-преподаватель. Добытые данные унифицировались, цели проекта и задачи дизайнера у разных студентов могли отличаться.*

*Структура ТЗ, приведенного ниже, является плодом многолетней отработки автором, она универсальна для любого проекта, легко усваивается. (Есть вариация для системного объекта, например, «фирменного стиля».)*

**Утверждаю** – заказчик (за него преподаватель А.Ю.Н., подпись)

### **Техническое задание на художественно-конструкторскую разработку экраноплана пассажирского речного**

1. Объект разработки: речной пассажирский экраноплан на 360–500 пасс.

2. Особенности проектной ситуации, объекта.

Инициативная разработка. Экономичное и неприхотливое к инфраструктуре новое средство ... Взлет и посадка на воду и лед-снег, маневрирование на ровной площадке суши для загрузки-высадки пассажиров.

3. Цель проекта

Обеспечение экономичных пассажирских перевозок на пространствах Сибири с почти авиационной скоростью 500 км/ч. (*Это формули-*

*ровка автора; студенты же поначалу, как правило, необдуманно пишут: спроектировать или создать экраноплан такой-то.)*

Главная задача проекта: гармония технических, функциональных и эстетических качеств машины.

Научно-методические задачи: проверить выполнимость всех требований ТЗ; дать образец выполнения курсового проекта.

#### 4. Требования и ограничения к объекту

##### 4.1. Функциональные требования

Дизайнерское решение экраноплана должно обеспечивать выполнение следующих функций:

– посадка и высадка....,

– досуг, питание, прогулки и туалет в полете; ... .

##### 4.2. Технические требования

Планер экраноплана должен быть рационально составлен из следующих обязательных частей: – салон с ... туалетами (1 на 50 пассажиров [5, с. 248]); пандусы до  $15^\circ$  ... – кабина пилотов ... площадь остекления не более  $2 \text{ м}^2$  на обоих пилотов (*это требование оказалось чрезмерно трудным для многих студентов-формотворцев: огромные окна нарисовать легче*); – отсек для стюардов «буфет» ... (*в первые годы разработки темы летающих кораблей некоторые студенты рисовали бары с фужерами и залы с винтовыми лестницами*).

##### 4.3. Аэродинамические требования

Площадь крыльев сделать исходя из нагрузки  $0,7 \text{ Т}$  на  $1 \text{ м}^2$  крыла для скорости  $500 \text{ км/ч}$ . Толщину крыла взять не более  $0,16$  хорды. Угол атаки  $2^\circ$ .

Номинальную высоту полета над экраном принять  $1 \text{ м}$ , высоту крыла над экраном в полете принять  $2,5 \text{ м}$ , хорду –  $12,5 \text{ м}$ , аэродинамическое качество –  $40$ .

Стремиться к минимальному общему объему планера, минимальной площади поперечного сечения и плавному нарастанию ее спереди и уменьшению кзади, к минимальной площади внешних поверхностей планера, порождающих трение и, значит, расход топлива. ... Центр тяжести ... расположить ...

##### 4.4. Технологические требования

Конструкция и формы должны соответствовать технологическим возможностям современного авиастроительного производства.

Поверхности планера в основном выполнить одинарной кривизны для экономичности производства.

#### 4.5. Эстетические требования

Дизайнерское решение экраноплана должно обладать функциональной выразительностью, гармоничным единством всех частей внешнего вида и стилевым соответствием современности, порождать ощущения надежности, силы, способности хорошо летать вдоль большой реки.

#### 4.6. Эргономические требования

– обеспечить пространство и досягаемость для 96 % пассажиров-россиян;

– обеспечить удобство работы пилотов и стюардов.

#### 4.7. Требования безопасности

– обеспечить безопасность посадки и высадки, пребывания на борту.

*Экономические требования конкретно не ставились, но учитывались.*

#### 5. Требования к проектной документации

– соматографические схемы компоновки мест деятельности М1:10 или М1:20;

– чертеж компоновки с показом каркаса ...;

– ортогонали внешнего вида ...;

– технический рисунок (визуализация) внешнего вида ...;

– расчеты площадей ...; объемов ...; взлетного веса.

Разработал дизайнер / подпись / А.Ю.Н.

### 3. Эскизный поиск

Поиск шел по принципу «изнутри – наружу – опять внутрь – опять наружу». Сразу же решались вопросы оптимизации. ... За основу общей морфологии взят «Орленок» Алексеева. Трудно далась передняя зона фюзеляжа с кабиной пилотов.

Объемная композиция корабля моделировалась средствами пропорций, пластики, повторов, осей, линий обводов.

### 4. Описание и обоснование проектных решений

...Все требования и ограничения ТЗ выполнены. ... Компоновка фюзеляжа и решение его каркаса предусматривают возможность грузовой (неф шириной 3,3 м, въезд высотой 3,3 м), грузопассажирской, спасательной и научно-исследовательской модификаций. ... Двухпалубная планировка ... Обеспечены ... Всего поверхностей двойкой кривизны 6,5 %. ... Давление лыж на снег получилось 0,12 кГ/см<sup>2</sup> (снегоход «Буран» в 3 раза меньше давит). ...

## 5. Основные рассчитанные технические характеристики спроектированного экраноплана

Примечание: «На стадии технического предложения достаточной точностью расчета массы самолета считается 6–10 %» [3, с. 153]. ...

**Площадь внешних** поверхностей планера, м<sup>2</sup>:

... Всего внешних поверхностей = = 2333 (4,9 м<sup>2</sup>/пасс.)

**Площадь внутренних** несущих диафрагм м<sup>2</sup>:

... Всего внутренних диафрагм = = 1130

Всего несущих оболочек внешних и внутренних = = 3463 м<sup>2</sup>

Вес планера из площади несущих оболочек  $3463 \cdot 0,014 = 48,5$  т (0,014 т/м<sup>2</sup> получено студентами семь лет назад из анализа широкофюзеляжных самолетов Boeing и Airbus, выполненного по заданию автора).

Вес пассажиров и экипажа = 48,9 Т ... двигателей  $4 \cdot 3 = 12$  Т ... шасси, бортовой техники = 5,6 Т ... топлива в начале + запас 5 Т = 29 Т (1,62 л/пасс. на 100 км).

**Взлетный вес** в начале = = 144 Т (0,3 т/пасс.)

Площадь всех помещений для пассажиров = 490 м<sup>2</sup> (1,02 м<sup>2</sup>/пасс.).

Объем помещений для пассажиров ( $h = 2,2$  м) = 1078 м<sup>3</sup> (2,25 м<sup>3</sup>/пасс.).

## 6. Примечания

Лучшие характеристики обещает однопалубный вариант «летающее крыло» с активной стабилизацией маршевым двигателем (вес фюзеляжа 22 т, взлетный вес 110 т, поверхность трения 1600 м<sup>2</sup>), но это уже будет другой проект.

*Уральская школа дизайна (САИ–УралГАХА–УралГАХУ) знаменита высоким уровнем инженерной подготовки художников-конструкторов для промышленности, так что у автора, выпускника 1974 года, никогда не было страха перед техническими сложностями любого проекта, квадратным уравнением, логарифмической линейкой. И в годы 2003–2013 «бюджетный» костяк студенческой группы обычно показывал энтузиазм, изобретательность, смелость. А вот нынешние студенты, пришедшие учиться «дизайну» за деньги, почему-то робеют перед механикой и формулами, будто в школе обожглись о них. Наверно, еще в детстве решили быть не «технарем», а «гуманитарием». Или так называемым «потребителем».*

## Заключение

На рис. 1 и 2 приведены чертеж общего вида и визуализация описанного проекта. Автор посвятил свой проект завершению подготовки

промышленных дизайнеров в государственном политехническом вузе промышленного города – миллионника Перми, известного своими авиадвигателями, ракетами, пушками, приборами электроники и гироскопами, а с недавних пор и развлекательными роботами.

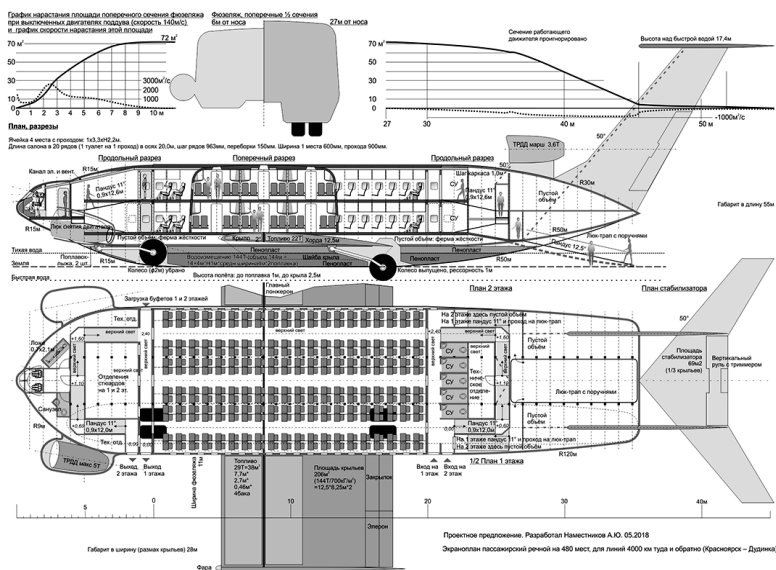


Рис. 1. Чертежи общего вида



Рис. 2. Визуализация «Приглашаем на посадку» («13» – в честь группы 13, СвердлАрХИ, 1969–1974, в которой учился автор)

Автор надеется, что найденная им совокупность дизайнерских решений пригодится строителям экранопланов.

Или лучше не шуметь в Сибири?

## Список литературы

1. URL: <https://studbooks.net/567110/kulturologiya/metodika>.
2. Строгановка: 190 лет русского дизайна: монография / науч. ред. А.Н. Лаврентьев. – М.: Русский Мирь, 2015.
3. Белавин Н.И. Экранопланы. – Л.: Судостроение, 1977.
4. Маскалик А.И., Нагапетян и др. «Экранопланы – транспортные суда XXI века». – СПб.: Судостроение, 2005.
5. Проектирование самолетов / под ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983.
6. Регентов Д. Вновь о китайских экранопланах. XXI век [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.abirus.ru/content/564/623/631/736.html>.

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ АЙДЕНТИКИ И БРЕНДБУКА  
В РАМКАХ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ЦВЕТОВЕДЕНИЕ И КОЛОРИСТИКА» ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
«ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА В ДИЗАЙНЕ»**

**Науменко Ольга Михайловна,  
Фалкенберг Клим Леонидович**

Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС», Москва

В современном обществе необходим практико-ориентированный подход к подготовке будущих специалистов по информатике в дизайне. Опыт создания айдентики и брендбука в рамках курсовой работы выявил взаимную заинтересованность пары «студент – заказчик» и способность к их дальнейшему сотрудничеству с прицелом на профессиональную ориентацию, рост мотивации к углубленному изучению дисциплины «Цветоведение и колористика», стремление к использованию полученных знаний и навыков на практике.

**Ключевые слова:** цветоведение, колористика, дизайн, информатика в дизайне, курсовая работа, практико-ориентированный подход, айдентика, фирменный стиль, брендбук, палитра.

**THE EXPERIENCE OF CREATING AN IDENTITY  
AND BRAND BOOK IN THE COURSE WORK ON THE DISCIPLINE  
“COLOR SCIENCE AND COLORING” IN THE DIRECTION  
OF “APPLIED INFORMATICS IN DESIGN”**

**Naumenko Olga Mihaylovna,  
Falkenberg Klim Leonidovich**

National University of Science and Technology

In modern society, a practice-oriented approach to the training of future specialists in computer science in design is needed. The experience of creating an identity and a brand book in the course of the course work revealed the mutual interest of the student-customer pair and the ability for their further cooperation with a view to professional orientation, increased motivation for in-depth study of the discipline “Color Science and Coloring”, the desire to use the knowledge and skills gained in practice.

**Keywords:** color science, coloristics, design, computer science in design, term paper, practice-oriented approach, identity, corporate identity, brand book, palette.

В связи с повышением информатизации общества и ростом конкуренции в экономике в настоящее время становится все более актуальным предлагать темы курсовых работ по курсу «Цветоведение и коло-

ристика» для будущих информатиков в дизайне максимально приближенными к реальности и предоставлять для их реализации современное программное обеспечение.

Успешно и качественно выполненная практико-ориентированная курсовая работа может стать для студента одной из важных ступеней в совершенствовании его практических навыков и профессиональных компетенций. Для этого будущим информатикам в дизайне необходимо развивать цветовое зрение, навыки колористического мышления, воображение, глазомер, использовать знания о воздействии цветов и цветовой символике, знания о красителях и пигментах, используемых в дизайнерских работах, учитывать особенности цветопередачи на таких различных типах цифровых и печатных носителей, как монитор, жидкокристаллический дисплей, буклет, бланк, визитка и другая фирменная продукция.

Именно эти знания, навыки, умения и компетенции студенты приобретают в рамках дисциплины «Цветоведение и колористика», которая преподается на 3 курсе бакалавриата по направлению «Прикладная информатика в дизайне» и представляет собой основу для курсовых и научно-исследовательских работ студентов. Одной из важнейших целей преподавания этой дисциплины является овладение методами работы с цветом на основе знаний о его свойствах, цветовой гармонии, видах цветовых контрастов и умение грамотно применять полученные знания на практике в рамках своей специальности.

В современном мире особенно важен внешний образ фирмы в глазах общественности, заказчиков и сотрудников, корпоративный стиль, который и характеризуется понятием *айдентика*. Визуальный образ – одна из главных составляющих айдентики, которая обеспечивается различными средствами, включая характерный дизайн, брендинг и использование товарных знаков. Корпоративная идентичность выражается в атрибутах корпоративного стиля.

В рамках курса «Теория и методы дизайна», взаимосвязанного с дисциплиной «Цветоведение и колористика», студентами изучались понятия *фирменный стиль*, *айдентика*, *брендинг*. Во время практических занятий по цветоведению и колористике осуществлялись подбор фирменных цветов и цветовой палитры логотипа, а также создание графических форм для построения визуальной коммуникации, объединенных одной идеей, основная задача которых – выделить компанию среди себе подобных и создать узнаваемый образ в глазах потребителей.

При выполнении курсовой работы по теме «Создание айдентики и брендбука для компании DAP» были применены знания по гармониза-



ции цветовой палитры, цветовых контрастов и особенности их применения, которые преподаются в курсе «Цветоведение и колористика». В начале работы над курсовой была изучена сфера деятельности фирмы и было выявлено, что DAP занимается разработкой мобильных приложений, корпоративных сайтов, интернет-магазинов, порталов и сервисов, автоматизирует бизнес-процессы и выпускает продукты под нужды клиентов. На всех этапах эскизирования и реализации работы осуществлялось согласование с заказчиком и корректировка создаваемых образцов. В основе метафоры логотипа были использованы блоки, ассоциированные по предложению заказчика с визуальным рядом тетриса в связи с тем, что они символизируют части единого целого, которые нужно правильно установить, аналогично и DAP «занимается сборкой» нестандартных решений.

При создании палитры были использованы знания, полученные на занятиях по дисциплине «Цветоведение и колористика». С применением цветового круга Иттена и последовательной модели построения цветовой палитры были получены базовые цвета. При этом цвет Gold взят отдельно-комплементарным способом. Далее каждый базовый цвет был преобразован в градиент с переходом из одного цвета в другой, два необходимых цвета получаются путем взятия соседних оттенков. Палитра состоит из 6 градиентов, отлично сочетающимися друг с другом. В сочетании с глубоким черным фоном превосходно передают контраст. Известно, что холодные цвета вызывают ассоциацию со спокойствием, традиционностью, а теплые цвета повышают «активность». Красный цвет ассоциируется с созиданием, уверенностью в себе и творческим возбуждением. Желтый – с солнечным цветом, богатством золота, зеленый ассоциируется со спокойствием и умиротворенностью, а синий характеризуется постоянством и духовным началом. Именно такие свойства очень важны для характеристики бренда этой фирмы. Для текста использован глубокий черный на белом фоне и белый на черном. Данная палитра используется в созданном логотипе, иконках, фирменном паттерне и в качестве фона для отдельных блоков.

Для курсовой было использовано программное обеспечение Sketch, обладающее возможностью одновременного редактирования неограниченного количества рабочих пространств в режиме векторной графики. Это позволяет наиболее эффективно работать над созданием айдентики, так как в данном случае требуется создание и частое сравнение множества вариантов. Лицензия была приобретена персонально, со студенческой скидкой в размере 50 %.

Точность подбора цветовой палитры сыграла важную роль при продумывании составляющей визуальной коммуникации бренда. В итоге – гармонично сочетающиеся яркие и сочные цвета привлекают внимание, а выстроенная динамическая айдентика теперь выделяет DAP среди других компаний, при этом сохраняя узнаваемость бренда.

Результаты данной курсовой работы, представленные на рис. 1–4, были успешно внедрены в производство. В качестве способа представления айдентики был создан брендбук, в котором описаны правила использования логотипа, фирменных цветов и шрифтов. От фирмы-заказчика по результатам внедрения были получены благодарственные отзывы и предложения дальнейшего сотрудничества.

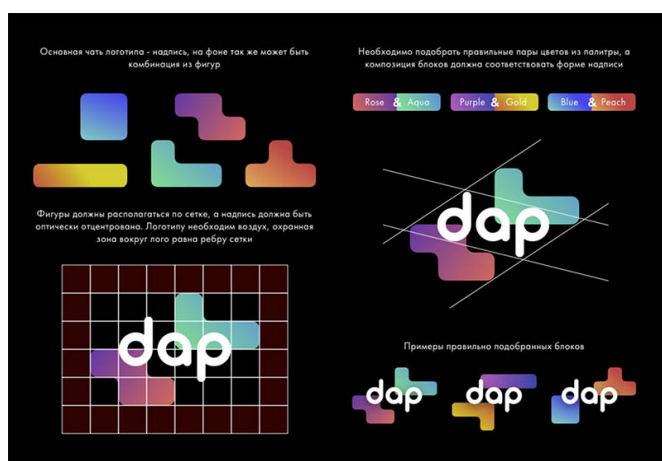


Рис. 1. Разворот брендбука с правилами использования логотипа

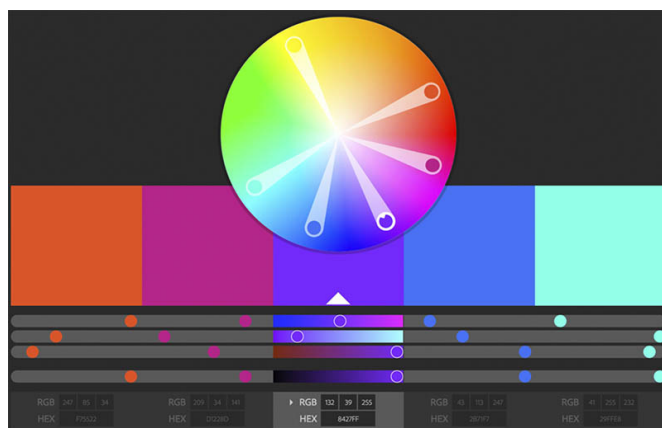


Рис. 2. Получение базовых цветов



Рис. 3. Палитра состоит из 6 градиентов, отлично сочетающихся друг с другом (в сочетании с глубоким черным фоном превосходно передают контраст)



Рис. 4. Печатная продукция, созданная с использованием фирменного стиля на примере визиток

Таким образом, опыт создания айдентики и брендбука в рамках курсовой работы выявил: взаимную заинтересованность пары «студент – заказчик» и способность к их дальнейшему сотрудничеству с прицелом на профессиональную ориентацию будущего информатика в дизайне, рост мотивации к углубленному изучению дисциплины «Цветоведение и колористика», стремление к использованию полученных знаний и навыков на практике. Способность применять теоретические знания и практические навыки по предмету «Цветоведение и колористика» играет важную роль во время выполнения курсовых работ, а в дальнейшем и КНИР, связанных с реальными проектами. Практико-ориентированный подход к подготовке будущих специалистов по информатике в дизайне необходим в сфере развития дизайна в современном обществе.

### Список литературы

1. Иттен И. Искусство цвета. – Издатель: Д. Аронов. 2018. – 96 с.
2. Уильямс Р. Дизайн для недизайнеров: пер. В. Овчинникова. – Изд-во: Символ-Плюс, 2016. – 192 с.
3. Чихольд Я. Новая типографика. Руководство дизайнера. – М.: Изд-во: Студия Артемия Лебедева, 2018. – 248 с.
4. Кимберли Э. Графический дизайн. Принцип сетки / пер. А. Литвинова. – СПб.: Изд-во: Питер, 2014. – 120 с.
5. Мартин Б., Ханингтон Б. Универсальные методы дизайна. – СПб.: Изд-во: Питер, 2014. – 120 с.
6. Цапф Г. Философия дизайна Германа Цапфа. – М.: Изд-во: Студия Артемия Лебедева, 2014. – 260 с.
7. Луптон Э. Графический дизайн от идеи до воплощения. – СПб.: Изд-во: Питер, 2014. – 184 с.
8. Глейзер Дж., Найт К. Дизайн. Разработка проектов. Разбуди свое вдохновение! – СПб.: Изд-во: Питер, 2014. – 248 с.

## ПОРТРЕТЫ

---

### **ПРОФЕССОР ФРОЛОВ СЕРГЕЙ АРКАДЬЕВИЧ: К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ**

**Гузненков Владимир Николаевич,  
Покровская Марина Владимировна**

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Москва

Статья посвящена памяти заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Сергея Аркадьевича Фролова. Сергей Аркадьевич – участник Великой Отечественной войны, награжден орденами и медалями. С 1950 года Сергей Аркадьевич работал на кафедре «Инженерная графика» МВТУ им. Н.Э. Баумана: ассистент, профессор, заведующий кафедрой. С.А. Фролов является автором ряда работ по начертательной геометрии, машиностроительному черчению, автоматизации выполнения графических работ. Имя Фролова Сергея Аркадьевича внесено в книгу Почета МВТУ им. Н.Э. Баумана.

**Ключевые слова:** высшее образование, научно-методический совет, начертательная геометрия, инженерная графика.

### **PROFESSOR FROLOV SERGEY ARKADYEVICH: TO THE 100TH ANNIVERSARY OF THE BIRTHDAY**

**Guznenkov Vladimir Nikolaevich,  
Pokrovskaya Marina Vladimirovna**

Bauman Moscow State Technical University

The article is dedicated to the memory of the Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor Sergey Arkadyevich Frolov. Sergey Arkadyevich participant of the Great Patriotic War, was awarded orders and medals. Since 1950, Sergey Arkadyevich worked at the Department of Engineering Graphics of the Bauman Moscow State Technical University: Assistant, Professor, Head of Department. Frolov S.A. is the author of a number of works on descriptive geometry, engineering drawing, automating the execution of graphic works. The name of Frolov Sergey Arkadyevich is included in the book of Honor of BMSTU.

**Keywords:** higher education, scientific and methodical advice, descriptive geometry, engineering graphics.

## К 100-летию со дня рождения профессора Сергея Аркадьевича Фролова



Доктор технических наук, профессор Фролов Сергей Аркадьевич родился 28 апреля 1919 года в г. Двинске (ныне г. Даугавпилс, Латвия).

Отец Сергея Аркадьевича, Аркадий Фролович, происходил из рода донских казаков, воевал в Первую Мировую войну, был награжден орденами Св. Анны 4-й степени и Св. Станислава 3-й степени. После 1917 года стал командиром Красной армии, женился на Зинаиде Владимировне Кауц. Будучи беременной первенцем, она была взята в заложницы с другими членами семей комсостава Красной армии, где ее продержали в заключении несколько недель.

После рождения сына Фроловы переехали в Москву.

По окончании 10 классов 12-й средней школы г. Москвы Сергей Фролов поступил в Московский инженерно-строительный институт им. В.В. Куйбышева на факультет гидротехнического строительства, где проучился с сентября 1937 г. по июль 1941 г. С пятого курса института он был направлен на строительство военных заводов и оборонительных сооружений в Рязани, Ульяновске, Сызрани. Затем, с 1941 по 1943 год, обучался на аэродромном факультете в Ленинградской военно-воздушной академии, которую окончил с отличием.

Сергей Аркадьевич – участник Великой Отечественной войны. С 1943 г. по 1945 г. служил в действующей Красной Армии на Карельском и 1-м Украинском фронтах в должности техника-строителя отдела аэродромного строительства. Награжден двумя орденами – «Красная звезда», орденом «Отечественной войны II степени», медалями «За бое-

вые заслуги», «За победу над Германией», «За взятие Берлина», «За освобождение Праги».

По окончании Великой Отечественной войны с 1946 по 1949 год Сергей Аркадьевич работал инженером-экспертом в экономическом совете при Союзнической контрольной комиссии по Австрии и в других международных организациях. Будучи в заграникомандировке в Австрии от Главного управления загранимущества при Совете Министров СССР, владея немецким языком, он исполнял обязанности генерального директора Мосбрунского стеклянного завода, производившего художественное стекло и хрусталь. Большая часть продукции поставлялась в СССР в соответствии с договором о репарации.

В феврале 1949 года в связи с окончанием срока заграникомандировки он был отозван в Москву. С апреля по ноябрь 1949 года работал начальником учебной части альплагеря «Торпедо», а с ноября 1949 года по апрель 1950 года – главным инженером контрольно-инспекторского отдела Минтяжстроя СССР.

В сентябре 1950 года он был зачислен ассистентом кафедры «Начертательная геометрия и черчение» Московского высшего технического училища имени Н.Э. Баумана (МВТУ им. Н.Э. Баумана). Научно-исследовательской работой занимался с 1953 года на кафедре «Сварочное производство», на которой выполнил ряд исследовательских работ. В 1956 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Прочность сварных соединений арматуры из бессемеровской стали».

Работа на кафедре «Начертательная геометрия и черчение» изменила тематику научно-педагогической работы С.А. Фролова. В 1964 году он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Автоматизация процесса графического решения задач». В 1966 году Фролов стал профессором кафедры «Начертательная геометрия и черчение». В 1973 году он был избран заведующим этой кафедрой и возглавлял ее до 1989 года.

Кафедра «Инженерная графика» МВТУ им. Н.Э. Баумана – одна из старейших среди родственных кафедр в России. Начертательная геометрия, черчение и техническое рисование были введены как фундаментальные дисциплины в курс обучения с самого начала основания Императорского Московского технического училища, в котором закладывались основы графической и конструкторской подготовки у всего инженерного корпуса своих выпускников. К середине 60-х годов про-

шлого века, когда в нашей стране было открыто много высших технических учебных заведений и возникла необходимость в подготовке и повышении квалификации педагогических кадров, эта работа была поручена кафедре «Инженерная графика» МВТУ им. Н.Э. Баумана.

Профессорско-преподавательским составом кафедры, на которой работали видные ученые – В.О. Гордон, Х.А. Арустамов, М.А. Семенов-Огиевский, Б.А. Иванов, разработано большое количество учебно-методических материалов, написаны и изданы учебники, задачки, учебные и методические пособия, научно-популярные книги. В течение многих лет студенты МВТУ им. Н.Э. Баумана становились победителями московских и всероссийских олимпиад по начертательной геометрии и инженерной графике.

Сергей Аркадьевич много сделал для дальнейшего развития преподавания начертательной геометрии и инженерной графики. Он был родоначальником научного направления по автоматизации процессов графического решения инженерных задач. Годы его работы были отмечены внедрением в учебный процесс новых компьютерных технологий, которые изменяют идеологию учебно-методической работы в соответствии с изменением идеологии современного проектирования.

С.А. Фролов является автором многих печатных работ в области начертательной геометрии [1, 2] и машиностроительного черчения [3]. С 1983 года преподавание начертательной геометрии в МВТУ им. Н.Э. Баумана стали вести по учебнику С.А. Фролова «Начертательная геометрия» [4]. Учебник отличался новизной, четкостью изложения, красочностью и наглядностью чертежей, алгоритмическим подходом к изложению теоретических оснований дисциплины. Новаторски воспринимался его сборник задач по начертательной геометрии [5], и преподавание дисциплины, основы которой заложил Х.А. Арустамов, получило плодотворное развитие. Учебник по начертательной геометрии и сборник задач Сергея Аркадьевича переиздавались много раз и до сих пор являются актуальными и используются как базовые во многих вузах России.

Книги «Автоматизация процесса графического решения задач» [6], «Кибернетика и инженерная графика» [7] положили начало научному обоснованию современного подхода к компьютерной визуализации графической информации и автоматизации проектно-конструкторской деятельности.

Следует отметить издание двух научно-популярных книг профессора С.А. Фролова в соавторстве с доцентом М.В. Покровской «В поис-



ках начала» [8] и «Начертательная геометрия: Что это такое?» [9]. Высочайшую оценку этим книгам дали известные ученые геометры А.В. Бубенников, В.Е. Михайленко, Б.Ф. Тарасов, отметившие, что авторы впервые в отечественной литературе сумели в увлекательной, доступной широкому кругу читателей форме осветить сложные разделы дисциплины, нигде не принося в жертву занимательности математическую строгость и последовательность в изложении материала.

В МВТУ им. Н.Э. Баумана наряду с педагогической, научной и учебной деятельностью Сергей Аркадьевич проявил себя как опытный руководитель и организатор, будучи деканом общетехнического факультета с 1956 года, а с 1967 года деканом факультета повышения квалификации для профессорско-преподавательского состава вузов и военных училищ СССР.

Много сил и внимания Сергей Аркадьевич отдавал подготовке молодых ученых. Под его руководством выполняли свои научные работы и защитили кандидатские диссертации многие аспиранты и соискатели из разных вузов Советского Союза.

В 1963 году впервые в СССР был создан Объединенный ученый совет по прикладной геометрии и инженерной графике при Московском технологическом институте пищевой промышленности под председательством Н.Ф. Четверухина, в состав которого вошел и Сергей Аркадьевич.

Много лет профессор Фролов С.А. возглавлял Научно-методический совет по проблемам начертательной геометрии и инженерной графики при Министерстве высшего и среднего специального образования СССР (Минвуз СССР).

В 1979 году Сергею Аркадьевичу присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР». За трудовые заслуги он был награжден орденом «Знак Почета».

В 1983 году имя Фролова Сергея Аркадьевича внесено в книгу Почета МВТУ им. Н.Э. Баумана.

В 1998 году Фролов С.А. был избран академиком Российской академии проблем качества.

Сергей Аркадьевич был очень разносторонним, неординарным, весьма эрудированным человеком. Его жизнь была богата удивительными событиями, счастливыми случайностями, невероятными поворотами судьбы. В молодые годы заядлый спортсмен, мастер спорта по альпинизму, лыжник. Нормативы мастера спорта по альпинизму Сергей Аркадьевич

вич сдал еще накануне войны в 1941 году, а удостоверение получил в 1943 году, когда возобновили присвоение спортивных квалификаций. Альпинизмом он занимался и в Австрийских Альпах, и в 50–60-е годы на Кавказе. Он оставил серьезные занятия альпинизмом после тяжелой травмы руки, но продолжал ездить в горы в качестве начальника альпинистского лагеря.

Спортсмен, автомобилист и путешественник, он побывал в Швейцарии, Италии, Финляндии, Чехии, Польше, Турции, Таиланде. Был даже в экваториальной Африке, в Уганде. Увлекался фотографией и о своих путешествиях создавал целые произведения искусства: клеивал в альбомы снимки, оригинально расцветчивая их и сопровождая забавными комментариями и остроумными подписями.

В начале 1980-х семья Фроловых приобрела деревенский домик в Тверской области в четырехстах километрах от Москвы в деревне Золотилово на берегу живописной речки Торопы. Сергей Аркадьевич собственноручно оформил дом в экостиле: деревянные карнизы и люстры, украшенные шишками, торшеры из бересты и еще множество интерьерных изделий, выполненных из подручных природных материалов. Обустроив дом, он со страстью увлекся огородом и добился впечатляющих результатов. На его идеальные, обильно урожайные грядки без единого сорняка, лозы винограда и даже маленькие арбузы приходили смотреть все соседи. На рассвете уходил на рыбалку или в лес за грибами. Он умел слушать и слышать природу, умел в привычном видеть что-то новое и интересное, с увлечением заниматься казалось бы обыденными вещами. Он всегда умел наслаждаться жизнью!

Любимым числом Сергея Аркадьевича было «2» – «двойка», которая, по его мнению, систематизирует и наводит строгий порядок в природе, в человеческом бытии и во всем курсе начертательной геометрии.

Сергей Аркадьевич Фролов ушел из жизни, оставив нам загадку-палиндром, дату своей смерти – 20.02.2002.

### Список литературы

1. Фролов С.А. Начертательная геометрия. Способы преобразования ортогональных проекций. – М.: Высшая школа, 2002. – 160 с.
2. Фролов С.А. Методы преобразования ортогональных проекций. – М.: Машгиз, 1963. – 142 с.

3. Фролов С.А., Воинов А.В., Феоктистова Е.Д. Машиностроительное черчение: учеб. пособие для втузов. – М.: Машиностроение, 1981. – 303 с.
4. Фролов С.А. Начертательная геометрия: учебник для студентов втузов. – М.: Машиностроение, 1978. – 238 с.
5. Фролов С.А. Сборник задач по начертательной геометрии: учеб. пособие для студентов втузов. – М.: Машиностроение, 1980. – 141 с.
6. Фролов С.А. Автоматизация процесса графического решения задач. – Минск: Вышэйшая школа, 1980. – 254 с.
7. Фролов С.А. Кибернетика и инженерная графика. – М.: Машиностроение, 1967. – 199 с.
8. Фролов С.А., Покровская М.В. В поисках начала: рассказы о начертательной геометрии. – Минск: Вышэйшая школа, 1985. – 187 с.
9. Фролов С.А., Покровская М.В. Начертательная геометрия: Что это такое? – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 206 с.

**ПАМЯТИ ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ НАУКИ УКРАИНЫ,  
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРА  
ВСЕВОЛОДА ЕВДОКИМОВИЧА МИХАЙЛЕНКО**

**Панчук Константин Леонидович**

Омский государственный технический университет, Омск

**Ротков Сергей Игоревич**

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,  
Нижний Новгород

**Толок Алексей Вячеславович**

Московский государственный технологический  
университет «СТАНКИН», Москва

**Сазонов Константин Александрович**

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Статья посвящена 100-летию юбилею со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники Украины, доктора технических наук, профессора Всеволоду Евдокимовичу Михайленко. Описаны жизненный путь, трудовые и научные достижения, общественные дела и личные увлечения.

**Ключевые слова:** научная школа, геометрическое моделирование, начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика.

**IN MEMORY OF THE HONORED SCIENTIST OF UKRAINE,  
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES, PROFESSOR  
VSEVOLOD YEVDOKIMOVICH MIKHAYLENKO**

**Panchuk Konstantin Leonidovich**

Omsk State Technical University

**Rotkov Sergey Igorevich**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

**Tolok Alexey Vyacheslavovich**

Moscow State Technological University "STANKIN"

**Sazonov Konstantin Alexandrovich**

Kyiv National University of Construction and Architecture

The article is devoted to the 100th anniversary of the Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor Vsevolod Evdokimovich

Mikhailenko. The way of life, labor and scientific achievements, public affairs and personal trainings are presented.

**Keywords:** scientific school, geometric modeling, descriptive geometry, engineering and computer graphics.



Всеволод Евдокимович Михайленко родился 16 мая 1927 года в семье преподавателей в поселке Старый Мерчик Харьковской области. В 1934 году пошел в первый класс в городе Житомире, где его отец работал доцентом, а позже профессором, доктором сельскохозяйственных наук, заведующим кафедрой механизации сельского хозяйства Житомирского сельскохозяйственного института.

Когда началась война с фашистами, вся семья эвакуировалась в Казахстан – г. Джамбул, где он продолжал учиться в школе. В 1943 году, параллельно с обучением в средней школе, закончил школу механизации сельского хозяйства и получил квалификацию комбайнера, летом работал помощником комбайнера на уборке урожая, что определило его нынешний статус участника Отечественной войны.

Среднюю школу с аттестатом отличника закончил в 1944 году в г. Житомире. В том же году поступил на архитектурный факультет Киевского инженерно-строительного института, ныне Национального университета строительства и архитектуры, в котором работал до последнего дня жизни.

После окончания института (в 1949 году) учился в аспирантуре. Его научным руководителем был основатель украинской школы прикладной геометрии – выдающийся ученый профессор Степан Митрофа-

нович Колотов. Кандидатскую диссертацию на тему «Изображение светотени в архитектуре» Всеволод Евдокимович защитил в феврале 1953 года. С сентября 1952 работал ассистентом, доцентом, а с 1965 года, после смерти профессора С.М. Колотова, стал его преемником – заведующим кафедрой до 2003 года.

В 1972 году в Москве защитил докторскую диссертацию на тему «Прикладная геометрия архитектурных оболочек». Научным консультантом был московский профессор М.М. Рыжов. В диссертации на основе геометрического анализа нескольких сотен оболочек, построенных или спроектированных в СССР и за рубежом, были выявлены и геометрически смоделированы основные требования, которые влияют на формирование оболочки, позволяют учитывать их при ее геометрическом конструировании.

Профессор В.Е. Михайленко развил научную школу, созданную профессором С.М. Колотовым. Области его основных научных интересов: геометрическое моделирование и оптимизация поверхностей применительно к конструированию тонкостенных покрытий в архитектуре, компьютерная графика и САПР в строительстве, архитектурная бионика и биодизайн, исследования теоретических проблем технической эстетики.

С 1964 года Всеволод Евдокимович начал руководить аспирантами. Тематика кандидатских работ достаточно широка. Это решение некоторых обратных метрических задач начертательной геометрии, решение специальных задач на поверхностях, конструирование и оптимизация архитектурных оболочек-покрытий, пневмокаркасных конструкций, складчатых поверхностей, трансформируемых структур, висячих или тентовых покрытий, тонкостенных оболочек из разных материалов. Несколько диссертаций было посвящено теории перспективы и теней. В трех диссертациях были использованы номограммы для решения задач прикладной геометрии.

С 1975 по 1986 год В.Е. Михайленко работал проректором по научной работе КИСИ.

С 1990 года В.Е. Михайленко стал научным консультантом и по докторским диссертациям. Тематика докторских диссертаций также достаточно разнообразна. Это организация визуального комфорта оператора транспортных средств по геометрическим параметрам, геометрическое моделирование и автоматизация эргономических систем на основе теории самоорганизации С-пространства, инвариантные геомет-

рические модули идентификации и анализа проектных изображений, геометрический инструментарий синтеза среды виртуальной реальности применительно к тренажерам, геометрическое моделирование лопастных аппаратов нагнетательных и расширительных турбомашин различного конструктивного оформления, теория топографических поверхностей и ее использование, геометрическое моделирование и оптимизация процесса тепловой лучевой обработки пищевых продуктов. Почти все вышеприведенные диссертации были выполнены по специальности 05.01.01. «Прикладная геометрия, инженерная графика», и две диссертации выполнены по специальности 05.01.03. «Техническая эстетика». Всего под руководством профессора В.Е. Михайленко защитили диссертации 12 докторов и 66 кандидатов наук Украины, России, Узбекистана, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, Туркменистана, Таджикистана, Бурятии и Ливана.

Всеволод Евдокимович являлся автором 440 печатных научных и методических трудов, написанных как единолично, так и в соавторстве, опубликованных в Украине и за рубежом, в том числе 6 изобретений. Среди его работ 32 книги: учебники, учебные пособия, монографии, справочники и методические рекомендации. Это монографии: «Формообразование оболочек в архитектуре», «Конструирование форм современных архитектурных сооружений», «Природа – геометрия – архитектура» (которая была переиздана в Берлине на немецком языке), «Формообразование большепролетных покрытий в архитектуре»; учебники: «Курс начертательной геометрии», «Техническое черчение», «Геометрическое моделирование и машинная графика в САПР», «Инженерная графика», «Инженерная и компьютерная графика», «Начертательная геометрия»; учебные пособия: «Инженерная графика: чертежи, компьютерная графика», «Основы композиции», «Прикладная геометрия и инженерная графика. Специальные разделы», «Толкование терминов по прикладной геометрии, инженерной и компьютерной графике», «Справочник по машинной графике в проектировании», «Сборник задач по инженерной и компьютерной графике» и др.

Приведенными изданиями широко пользуются не только в Украине, но и в других странах – республиках бывшего СССР. Он является одним из авторов программ «Инженерная и компьютерная графика» для инженерных специальностей высших учебных заведений Украины.

С научными и научно-методическими докладами Всеволод Евдокимович выступал в учебных заведениях Москвы, С.-Петербурга, Па-

рижа, Вены, Праги, Братиславы, Будапешта, Дебрецена, Веймара, Дрездена, Кракова, Лодзи, Санта-Клары (Куба), столицах всех республик бывшего Советского Союза.

Профессор Михайленко отличался ведением большой общественной работы. В 1994 году он был избран академиком АН высшей школы и академиком Академии строительства Украины. Два года был вице-президентом АН высшей школы Украины. Он был председателем учебно-методической подкомиссии по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики Минобразования и науки Украины, председателем докторского специализированного совета по специальностям 05.01.01 и 05.01.03, ответственным редактором межведомственного научно-технического сборника «Прикладная геометрия и инженерная графика», с 1999 года – президентом Украинской ассоциации по прикладной геометрии, в том числе председательствовал в оргкомитете X Всемирной конференции геометров и графиков ICGG-2002.

За свои достижения в 1982 году он удостоен почетного звания Заслуженного деятеля науки Украины, с 1996 года – Лауреат премии Ярослава Мудрого (АН высшей школы Украины). В связи с 75-летием со дня основания КНУСА был награжден знаком «Петр Могила» (МОН Украины). С 2001 года он – стипендиат Президента Украины. Награжден также орденом «Знак Почета», пятью медалями, знаком Минвуза СССР «За отличные успехи в работе». В связи с 80-летием в 2007 году удостоен награды Академии высшего образования – Святого Владимира, к 90-летию награжден орденом Святого Владимира и Золотой медалью от Академии художеств.

В.Е. Михайленко являлся для коллег и студентов примером равнодушия к интересам. Параллельно с обучением в институте он учился на вокальном отделении вечерней музыкальной школы, которую окончил в 1949 году. 10 лет пел в вокальной студии Дома ученых, а начиная с 1959 года, на протяжении около 40 лет, был активным участником оперной студии при КИСИ, где были поставлены и несколько отрывков из украинских и русских опер. Всеволод Евдокимович в паре с сопрано и тенором часто исполнял дуэты. На всеукраинском конкурсе-смотре художественной самодеятельности в 2003 году был отмечен дипломом второй степени.

Другим увлечением профессора В.Е. Михайленка был туризм и живопись масляными красками. С этюдником он побывал в Подмосковье и на Волге, в Пскове и Новгороде, в Карелии и на Соловках, в Самаркан-



де и Бухаре, на озерах Севан и Иссык-Куль, на Черном и Азовском морях, а также в Болгарии, Венгрии, Израиле, Польше, на Кубе, в США и Канаде. Но больше всего он рисовал в любимой Украине, Карпатах и Крыму, куда на протяжении многих лет в зимние каникулы уезжала профессорская команда университета с лыжами. Многие свои работы он подарил друзьям, коллегам, поклонникам.

В течение года регулярно уделял внимание спорту (лыжи, плавание, бадминтон). Как энтузиаст и увлеченный коллекционер был награжден медалями филателистических выставок.

В мае 2017 года исполнилось 65 лет счастливой семейной жизни. Вместе с женой Еленой Георгиевной они вырастили и воспитали двух сыновей, имеющих трех внучек и одну правнучку.

10 августа 2018 на 92-м году В.Е. Михайленко трагически ушел из жизни, оставив о себе светлую память.

Коллеги всех вузов Российской Федерации, кто знал, работал и взаимодействовал с Всеволодом Евдокимовичем Михайленко, сохраняют память об этом выдающемся специалисте, оставившем заметный след в деле развития геометро-графической науки в СССР, странах СНГ, России и Украины.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА  
ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ  
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ:  
ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ**

Материалы  
VIII Международной научно-практической  
интернет-конференции

(Пермь, февраль – март 2019 г.)

Выпуск 5

Корректор *Е.И. Герман*

---

Подписано в печать 11.09.2019. Формат 70×100/16.  
Усл. печ. л. 31. Тираж 20 экз. Заказ № 147/2019.

---

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета.  
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.  
Тел. (342) 219-80-33.