

Министерство образования и науки 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
VII Международной научно-практической
интернет-конференции

(Пермь, февраль – март 2017 г.)

Выпуск 4

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2017

УДК 744.0
П78

Представлены материалы VII 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 2017 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*,
кандидат техн. наук, доцент *Е.С. Дударь*,
ведущий инженер *Л.А. Кузнецова*

СОДЕРЖАНИЕ

Решение конференции.....	8
--------------------------	---

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Горнов Александр Олегович, Лепаров Михаил Николаевич</i> Системные противоречия и предпосылки инженерной геометрии в образовательном аспекте.....	14
<i>Горнов Александр Олегович, Лепаров Михаил Николаевич</i> Функциональный подход к инженерной геометрии в образовательном аспекте.....	23
<i>Александрова Евгения Петровна, Носов Константин Григорьевич, Столбова Ирина Дмитриевна</i> Организация графической подготовки студентов на основе информационно-коммуникационных технологий	37
<i>Горнов Александр Олегович, Сергиевский Юрий Николаевич</i> Система технического регулирования (стандарты, технические регламенты, сертификаты).....	55
<i>Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич, Тозик Вячеслав Трофимович</i> Выбранные места из переписки с властями	67

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

<i>Бумага Алла Ивановна, Конопацкий Евгений Викторович, Крысько Александра Анатольевна, Чернышева Оксана Александровна</i> Введение в математический аппарат БН-исчисления	76
<i>Волошинов Денис Вячеславович</i> Геометрическая лаборатория. Закладываем основы	83
<i>Гайдарь Олег Георгиевич, Пастернак Дмитрий Николаевич</i> Классификация и структурирование линейчатых конструктивных задач применительно к компьютерному моделированию	100
<i>Конопацкий Евгений Викторович, Чернышева Оксана Александровна</i> Построение линий вероятного водотока на топографической поверхности в БН-исчислении	109
<i>Короткий Виктор Анатольевич</i> Вещественные конические сечения на комплексной плоскости	116

<i>Масленников Дмитрий Александрович</i>	
Графическое представление результатов исследований распыления топлива в задачах вычислительной гидродинамики	127
<i>Семёнов Виктор Алексеевич</i>	
Особенности проектирования воздухоопорных сооружений.....	133
<i>Соколова Людмила Сергеевна</i>	
О наглядности в инженерной геометрии.....	138
<i>Хейфец Александр Львович</i>	
Геометрически точная 3D-анимация кинематических поверхностей.....	148

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

<i>Абросимов Сергей Николаевич, Рыбин Борис Иванович</i>	
К вопросу о применении конструирования по принципиальной схеме в цикле геометро-графической подготовки	164
<i>Абросимов Сергей Николаевич, Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич</i>	
3D-печать как составляющая часть учебного процесса по геометро-графическим дисциплинам	169
<i>Александрова Евгения Петровна, Кочурова Людмила Владимировна, Носов Константин Григорьевич, Столбова Ирина Дмитриевна</i>	
Модель проектного обучения при выполнении практикума по графическим дисциплинам	176
<i>Верецагина Татьяна Анатольевна</i>	
Комплекс инженерных задач как основа профессионально направленной геометро-графической подготовки студентов горно-геологического профиля	183
<i>Вольхин Константин Анатольевич</i>	
Применение модульной объективно-ориентированной дистанционной системы обучения в инженерной графической подготовке студента	195
<i>Гайдарь Олег Георгиевич, Корецкая Ирина Николаевна</i>	
Применение деловых игр при изучении методики преподавания черчения преподавателями техникумов	203
<i>Головкина Валерия Борисовна</i>	
Об опыте профориентационной работы со школьниками в инженерных классах на основе метода проектов	211
<i>Головнин Алексей Алексеевич, Романов Юрий Михайлович, Козлов Сергей Павлович</i>	
Организация и первые результаты работы СКБ в Тверском коллеже им А.Н. Коняева	219

<i>Грошева Татьяна Владэлиновна, Шелякина Галина Геннадьевна</i> Историю помним	228
<i>Дмитриева Ильзина Михайловна, Иванов Геннадий Сергеевич</i> О профессиональных компетенциях в преподавании начертательной геометрии	237
<i>Дюмин Владимир Андреевич, Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич</i> Компетенция «умение работать в команде» в курсе «Инженерная и компьютерная графика»	243
<i>Карабчевский Виталий Владиславович</i> Опыт разработки и применения компьютерных технологий преподавания графических дисциплин	251
<i>Князева Елена Валерьевна</i> Геометро-графические методы: история и перспективы	259
<i>Короткий Виктор Анатольевич</i> Учебное задание «Динамическое сопряжение окружностей»	270
<i>Короткий Виктор Анатольевич</i> Учебное задание «Пространства различной размерности»	280
<i>Короткий Виктор Анатольевич, Попцова Татьяна Юрьевна</i> Учебное задание «Плоские обводы»	289
<i>Кочурова Людмила Владимировна, Кузнецова Людмила Александровна, Столбов Олег Валерьевич, Столбова Ирина Дмитриевна</i> Мониторинг качества графической подготовки на основе системы автоматизированного контроля	304
<i>Крайнова Марина Николаевна, Тарасова Любовь Сергеевна</i> Организация самоконтроля типовых графических задач	321
<i>Лызлов Александр Николаевич, Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич</i> То год грядущий нам готовит: прогноз уровня базовой подготовки абитуриентов (геометро-графический аспект)	329
<i>Ракитская Мария Валентиновна</i> Элементы триз в заданиях для студентов по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика»	339
<i>Селиверстов Александр Владиславович</i> Начертательная геометрия для преподавания математики.....	346
<i>Столер Владимир Алексеевич</i> Внедрение современной технологии трехмерной печати в учебный процесс	353
<i>Тен Марина Германовна</i> Графические редакторы как эффективный инструмент формирования профессиональных компетенций студентов технического вуза	357

<i>Токарев Владимир Адольфович</i> Творческое выполнение студентами комплексных конкурсных графических работ	363
<i>Усанова Елена Владимировна</i> О формировании системного инженерного мышления в базовой геометро-графической подготовке в контексте CE/PLM	371
<i>Федоренко Владимир Игоревич, Кучеров Кирилл Владимирович, Христофоров Павел Андреевич</i> Лента Федоренко – условная развертка сферы	379
<i>Халуева Вера Владиславовна, Хамитова Динара Вилевна</i> Дистанционный курс «Инженерное геометрическое моделирование» – взгляд в будущее	385

СЕКЦИЯ «ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА»

<i>Варушкин Владимир Петрович</i> О формировании профессиональных компетенций промышленного дизайна студентов вуза	390
<i>Власова Мария Владимировна, Мухаркина Анна Анатольевна</i> Проблемы пространственного восприятия у студентов при прохождении классического курса трехмерного моделирования персонажа	394
<i>Ефименко Светлана Михайловна, Лешевич Вера Владимировна</i> К вопросу об особенностях применения технологии «видеомэппинг»	400
<i>Ефименко Светлана Михайловна, Пасынков Даниил Александрович</i> Технология дополненной реальности как средство поддержки образовательного процесса	407
<i>Князева Елена Валерьевна</i> Метод проектов в организации художественно-графической подготовки при обучении дизайнеров	414
<i>Левченко Роман Васильевич, Мокрецова Людмила Олеговна, Науменко Ольга Михайловна</i> Опыт использования современных программных средств в курсовой научно-исследовательской работе студентов	422
<i>Пасынков Даниил Александрович</i> Разработка приложения дополненной реальности	429
<i>Пахомова Алина Владимировна</i> Цветотерапия как новая отрасль светодизайна	436

<i>Рыбацкий Павел Андреевич, Давыдова Евгения Михайловна</i> Применение и значение натуральных материалов в промышленном дизайне	441
<i>Васьков Андрей Игоревич, Гилев Николай Александрович</i> Поверхности класса «а» в условиях мелкосерийного производства.....	447
<i>Васьков Андрей Игоревич, Гилев Николай Александрович</i> Функции полигонального моделирования в промышленном дизайне	453

ПОРТРЕТЫ

<i>Головнин Алексей Алексеевич</i> Гаспар Монж – ученый-энциклопедист (некоторые грани научного наследия)	458
---	-----

Решение конференции

VII Международная научно-практическая
интернет-конференция КГП-2017
«Проблемы качества графической подготовки студентов
в техническом вузе: традиции и инновации»
Пермь, февраль-март 2017 г.

Очередная VII *Международная научно-практическая интернет-конференция КГП-2017 «Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации»* прошла в феврале-марте 2017 г. на базе Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ). Традиционно непосредственным организатором конференции является кафедра «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ПНИПУ.

Конференция такого масштаба по проблемам качества геометро-графической подготовки (ГГП) – единственный в России ежегодный научно-педагогический форум интернет-общения. Со времени первой конференции, положившей начало систематической работе, продолжается работа по организационному и содержательному развитию, вызывая неослабевающий интерес профессионального сообщества, ведущего образовательную деятельность и прикладные научные исследования в области геометро-графической подготовки.

Цель конференции КГП-2017 – практическое взаимодействие научно-педагогических коллективов кафедр инженерной графики, родственных и специализированных кафедр, отдельных российских и зарубежных специалистов образовательных, проектных и производственных организаций для интеграции интеллектуального потенциала и практического опыта, укрепления позиций КГП как профессионального форума специалистов высшей школы, работающих для совершенствования ГГП и повышения качества инженерного образования в России.

Число зарегистрированных участников конференции составило 152 человека из 21 региона России, Беларуси, Болгарии, Германии. Представители 52 вузов России и зарубежья приняли участие в конференции, в том числе: Астраханского государственного технического университета, Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, Белгородского государственного тех-

нологического университета им. В.Г. Шухова, Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Губкинского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, Донецкого национального технического университета, Донского государственного технического университета, Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина, Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Казанского государственного энергетического университета, Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, компании АСКОН, Ленинградского областного института развития образования, Михайловской военной артиллерийской академии, Московского авиационного института (НИУ), Московского государственного академического художественного института им. В.И. Сурикова, Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики, Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Московского технологического университета (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова), Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», Национального исследовательского университета «МЭИ», Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева, Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, Новосибирского государственного технического университета, Пермского национального исследовательского политехнического университета, Российского государственного профессионально-педагогического университета, Российского государственного гуманитарного университета, Рыбинского государственного авиационного технического университета им. П.А. Соловьева, Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С.П. Королева, Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф.

М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, Сибирской автомобильно-дорожной академии, Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М.Ф. Решетнева, Сибирского государственного университета путей сообщения, Софийского технического университета, Тверского государственного технического университета, Томского политехнического университета, Тульского государственного университета, Университета г. Кассель, Университета Иннополис, Уральского государственного архитектурно-художественного университета, Харбургского технологического университета, Южно-уральского государственного университета (НИУ).

Тематика работы конференции определялась следующими секционными направлениями:

- ◆ Исследования в области прикладной геометрии и практического решения задач инженерной графики.
- ◆ Методика и практика современной геометро-графической подготовки студентов.
- ◆ Подготовка специалистов, теория и практика современного дизайна.

Традиционно сессионная работа интернет-конференции организована на сайте <http://dgng.pstu.ru/conf2017/>, где размещались поступившие материалы и комментарии к ним. Всего на конференции было представлено 105 докладов. За время работы на сайт конференции поступило около 800 комментариев, вопросов и сообщений участников конференции. Проведено интернет-голосование по принятию проекта решения конференции.

Отмечено широкое представительство на конференции коллективов кафедр ГПП «Военмех» им. Д.Ф. Устинова (зав. кафедрой проф. Д.Е. Тихонов-Бугров) и организатора конференции ПНИПУ (зав. кафедрой проф. И.Д. Столбова). Заметно увеличилось число участников из московских вузов. Проявили активность в процессе обсуждения актуальных проблем геометро-графической подготовки в высшей школе участники от таких университетов, как НИУ МЭИ, НГАСУ (СИБСТРИН), МГТУ им. Баумана, НИТУ «МИСиС», МГАХИ им. Сурикова, ДГТУ, ЮурГУ и др. Особо отмечена на конференции профессиональная активность представителей ДНР, работающих в трудных жизненных условиях, но продолжающих традиции известной научно-педагогической школы геометрии в Украине.

Выделяя главное в докладах и многочисленных комментариях к ним, а также учитывая результаты предыдущих конференций, необходимо особо отметить следующее:

1. Образовательная деятельность в сфере ГПП опирается на активную позицию преданных делу преподавательских кадров, которыми располагает большинство кафедр России. Однако сложившаяся в настоящее время политика органов образования мало стимулирует процесс омоложения кадров и тем самым порождает проблему сохранения качества геометро-графической подготовки в будущем.

2. Конференция благодарит за настойчивость коллег из Санкт-Петербурга (В.Т. Тозика, Д.Е. Тихонова-Бугрова) в информировании руководителей вышестоящих организаций о состоянии ГПП, её проблемах и необходимых, по мнению членов сообщества, организационных решениях.

3. Участники форума ожидают от нового руководства МОН большего доверия, учета позиции преподавательского сообщества относительно ГПП в средней и высшей школе, снижения объемов «отчетно-бухгалтерской» нагрузки, утверждения приоритетов по результатам творческого труда, а не по формам отчетности.

4. Участники конференции подчеркивают фундаментальную роль геометрии, геометрических характеристик и моделей, а также необходимость укрепления позиций ГПП в российском инженерном образовании. Одновременно отмечается, что во всех разделах ГПП технологии компьютерной графики стали преобладающими.

5. Обзор материалов последних лет позволяет говорить о том, что лучшее из опыта, излагаемого участниками конференции, постепенно распространяется и получает дальнейшее развитие, определяя эффективную роль КПП.

6. Для решения важнейшей задачи формирования инженерного менталитета студентов технических вузов и желательной модернизации образовательных программ участники конференции констатируют необходимость использования сквозного и фрагментарного проектно-деятельностного подхода при реализации ГПП.

7. Предметом постоянного интереса участников КПП стали материалы в области геометрической науки, приложения геометрических и графических методов к решению практических задач. Участники форума с интересом отнеслись к представленным научным результатам коллег из ДНР и поддержали намерения авторов отдельных исследований о последующей их подготовке к защите диссертации как завершеного научного исследования по специальности 05.01.01.

8. В целях устранения недостатков довузовской подготовки обучаемых появляется все больше примеров активной и продуктивной работы преподавателей кафедр графики на площадках колледжей и школ, организации конкурсов и олимпиад по геометрическому моделированию.

9. Несмотря на успешные показатели развития, поддержку и слова признательности членам редколлегии журнала «Геометрия и графика», высказанных участниками конференции, число подписчиков – основного фактора существования его полиграфической формы – не растет.

Подводя итоги работы данной конференции, подтверждая предыдущие рекомендации КГП, участники считают, что для повышения эффективности ГПП в современных условиях необходимо:

1) Просить руководство ПНИПУ и далее поддерживать коллектив кафедры ДГНГ в его усилиях по консолидации преподавательского сообщества в области геометро-графической подготовки на основе ежегодных форумов КГП, обсуждающих проблемы по повышению качества российского инженерного образования.

2) Сохранить формат данной научно-практической интернет-конференции и ее веб-платформы – основного инструментария взаимодействия и интеграции усилий преподавателей кафедр геометро-графической подготовки.

3) Ориентироваться на то, что технологии смешанного обучения (blending – learning) в современных условиях становятся приоритетными. Для этого неизбежно реформирование методических материалов при обеспечении образовательного процесса. Кроме того, требуется адекватное нормирование затрат преподавательского труда, иначе вся «эффективность» этой формы обеспечивается за счет голого энтузиазма.

4) Исходить из того, что повсеместное освоение технологий компьютерной графики и геометрического моделирования предполагает неперенное совершенствование методической, объектной и содержательной части ГПП на основе широкого применения проектно-деятельностного и практико-ориентированного подходов.

5) Рекомендовать участникам конференции направить ректорам университетов и в Ученые советы факультетов (институтов) по принадлежности им кафедр ГПП настоящие выводы и решение КГП-2017.

6) Обратить внимание вышестоящих инстанций на наличие положительного опыта по прикладной геометрической подготовке и элементам проектной деятельности в рамках профориентации школьников в очной и смешанной формах обучения на необходимость возвращения

в школу такого важного для технических специальностей предмета, как черчение.

7) Исходить из того, что утверждение технологии и методик, базирующихся на компьютерных технологиях и 3D-моделировании и соответствующих современной практике проектно-конструкторской деятельности, предполагает учет равноправия традиционной и электронной форм проектно-конструкторской документации и тенденции к быстрому переходу к безбумажным технологиям.

8) Поддержать предложение проф. С.И. Роткова по проведению подготовительных мероприятий с целью создания общественного органа, координирующего действия по разработке концепции ГТП, соответствующей современным условиям.

9) Обратить внимание зав. кафедрами ИГ и родственных им кафедр на неадекватное отношение к подписке на журнал «Геометрия и графика», одним из назначений которого является распространение передового опыта в области ГТП.

10) Поддерживать инициативы коллег по мониторингу и анализу различных исследований студенческих контингентов, связанных с влиянием процессов глобальной информатизации и оценкой студентами применяемых образовательных технологий, содержания и качества ГТП.

11) Для поддержания приобретенного статуса конференции просить ПНИПУ выпустить очередное издание материалов VII Международной научно-практической конференции КТП-2017 с размещением на платформе РИНЦ.

12) Программному и организационному комитетам конференции совместно с редколлегией журнала «Геометрия и графика» подготовить, для публикации статьи по материалам конференции.

13) Признать работу конференции успешной, пользующейся нарастающим вниманием педагогической и научной общественности. Поблагодарить администрацию Пермского национального исследовательского политехнического университета, кафедру «Дизайн, графика и начертательная геометрия» (зав. кафедрой проф. И.Д. Столбова), персонально членов Организационного и Программного комитетов за большую работу по организации и проведению конференции.

Председатель оргкомитета КТП–2017
проректор ПНИПУ по науке и инновациям,
д-р техн. наук, профессор

В.Н. Коротаев

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

СИСТЕМНЫЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ И ПРЕДПОСЫЛКИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ АСПЕКТЕ

Горнов Александр Олегович

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

Лепаров Михаил Николаевич

Технический университет – София, София

Анализируются объективные противоречия начальной инженерной подготовки и её графо-геометрической составляющей, видение авторами предпосылок для подхода к инженерной геометрии, её сути и формирования содержания. Речь идет не о научном направлении и специальности 05.01.01, что и подчеркнута в названии, а о варианте трансформации основ ГГП в контексте понятия, уже давно используемого коллегами.

Ключевые слова: геометро-графическая подготовка, инженерная геометрия, функциональный подход.

SYSTEMIC CONTRADICTIONS AND THE PRECONDITIONS OF ENGINEERING GEOMETRY IN AN EDUCATIONAL CONTEXT

Gornov Alexander Olegovich

Moscow Power Engineering Institute (MPEI)

Leparov Mihail Nikolov

Technical University-Sofia

Analyzed the objective contradictions of the initial engineering training and its graph of the geometric component, the vision of the authors of the prerequisites for the engineering approach to the geometry of its essence and formation of content. It's not about scientific direction of the specialty 05.01.01, and emphasized in the title, but about the transformation of the foundations of GGP in the context of the concept, has long been used by colleagues.

Keywords: geometro-graphic training, engineering geometry, functional approach.

Информационные технологии, расширив возможности трансляции, хранения, преобразования и представления информации в электронной форме, поставили вопрос о необходимости осмысления, формах анализа, дифференциации, классификации, структурирования и обобщения в соз-

нении отдельного человека больших информационных потоков, разнообразных баз данных и технологий. В то же время при решении деятельностных, в частности, проектно-конструкторских и образовательных задач человеку необходимы структурирование и логическая интеграция элементов этих массивов информации, подчиненная методологии и логике процесса достижения соответствующих целей. Последние в соответствии с современными образовательными концепциями на всех уровнях инженерной подготовки уже практикуются в проектно-деятельностных формулировках, а не только для освоения обучающимися алгоритмических методов, приемов и процедур преобразования информации в рамках тех или иных классических дисциплин. Научные и образовательные сферы во многом пересекаются, но не совпадают ни по задачам, ни по методам. Не во всем совпадают цели, содержание и методика академического и инженерного образования. Поэтому мы сразу обозначили, о чем собираемся писать далее...

Относительно графо-геометрической подготовки в этом аспекте можно добавить следующее. Первое. Лимит времени на дисциплины ГП в целом неумолимо сокращается, поэтому уже почти нет прежних ресурсов на освоение моделей геометрии технических объектов и их преобразований сначала в среде её академических понятий и методов, а затем анализа и инженерных приложений. Лекция как академическая форма передачи знаний, учитывая современные возможности ИТ, практически потеряла свое значение и может быть эффективна для итоговых обобщений учебного материала.

Второе. Тезис о компетентностной парадигме инженерной подготовки предполагает, что каждый учебный фрагмент должен являться «наполнителем» той или иной группы компетенций. Правда, эта парадигма, лишь формально (указанием стрелочек и составлением таблиц) обеспечивает связи привычных «ЗУН» (не отрицавших и «В» – владения) с желаемыми профессиональными качествами инженера. Они и так всегда подразумевались при любых концепциях и парадигмах. Представляется, что «ЗУН и В» по отношению к инженерной подготовке должны предполагать явный, а не опосредованный или номинальный прикладной оттенок.

В некотором смысле все это условно, ибо вряд ли каждый раз можно говорить о вкладе в отдельную «компетентностную» коробочку, которая ляжет в нужное время в нужное место «образовательного пазла» обучающегося. Компетентность все-таки интегральна и формирует-

ся «ЗУН и В» по мере их востребованности в процессе самой деятельности или её образовательной модели. А учебные объекты и постановки задач, связанные с ними, являются объективными носителями элементов общетехнических, общенаучных и социокультурных компетенций, только если они соответствуют современному уровню развития технической сферы и технологий, определяющих их облик.

Инженерное, как таковое, предполагает целенаправленную прагматическую функциональность. В свою очередь, геометрия технических объектов (ТО) не только сама по себе обеспечивает их функциональность, но и является как быместилищем других физических характеристик, определяющих работоспособность ТО, формирует зрительный образ (дизайн здесь затрагивать не будем).

Такая точка зрения на цели и содержание учебных задач уже давно не является новой в практике инженерного образования вообще. Это реальность, связанная не только с реализацией «компетентных подходов» (КП). (Употребляем это понятие (КП) и другие однокоренные вынужденно – мода...) Лучше говорить о проектно-деятельностных подходах и методах, поскольку эта мода к сути дела ничего не добавляет и ее не меняет. Именно поэтому, когда предыдущие «компетентные цели» на почве российского ВТО не до конца реализованы, налицо признаки новых тезисов и тенденций, некогда сформулированных в рамках инициатив МТИ (Массачусетского ТИ). Они отражены в так называемых стандартах CDIO (замыслий, проектируй, реализуй, применяй), в соответствии с которыми все больше технических университетов строят учебный процесс, в том числе и в России [1]. Надо предполагать, что этот процесс будет стимулироваться и далее как альтернатива недостаточной эффективности предыдущих, практически формальных, но потребовавших немалых усилий и жертв реформаций. Более того, в Сколково уже готовы проекты новых рискованных моделей образования до 2030 г. с промежуточными этапами в 2020 и 2025 гг. [15]

Важной и одной из первичных составляющих образовательной цели начальной инженерной подготовки становится освоение методики целевого поиска и анализа исходной текстовой, символической и графической информации (баз данных и прототипов) с использованием современных программных и аппаратных средств. А в рамках последующих моделей проектно-деятельностных задач – освоение приемов синтеза на основе преобразования прототипов, вариантов новых моделей и последующего выбора лучших из них. Другими словами, освоение

методик и приемов проектной деятельности и эвристики на базе проектной дидактики. Это основа для овладения обучающимися соответствующими знаниями, умениями, навыками формирования инженерной ментальности. Она специфична и отличается от научно-академической, поскольку направлена на анализ объектов и процессов в техносфере и последующее их творческое преобразование. Это синтез новых структур и конструкций, оптимизация их параметров, в частности геометрии, как основы для обеспечения других физических характеристик техники. В методическом отношении для этого необходим фронтальный переход к проектным постановкам учебных задач и акцентам на проектной логике и дидактике, и эти составляющие можно увидеть, например в работах [2–8, 14].

Расширение этих подходов видится в более раннем переходе от академического языка отдельных дисциплин и их методических традиций к интегрирующим постановкам задач и методам на основе прикладного и функционального языка техники. Массивы знаний, методы представления и алгоритмического преобразования разных форм информации, необходимые для инженерной деятельности, во многом «упакованы» в программное обеспечение (SOFT) и базы данных. Эти разнообразные SOFT уже надо рассматривать как естественное дополнение к объемам памяти и возможностям человеческого биологического процессора. При этом «голова» обучающегося должна быть в основном направлена на освоение навыков более глубокого анализа проблемной ситуации, методики и практики анализа прототипов, правильных постановок целей, сугубо творческих учебных задач разного уровня, выбора лучших решений из альтернативных [2, 3, 6, 13]. Естественным образом это относится к геометрическому анализу технических объектов, процессов и состояний, так как пространственные характеристики и отношения наряду с временными и определяют все в этом мире с его естественной природной составляющей и искусственной – продуктами инженерии.

Всё более важными для обучающегося становятся знания, навыки и умения, необходимые для целеполагания на основе анализа конкретной системной ситуации, уверенная ориентация в среде алгоритмических возможностей желаемого преобразования информации (SOFT), сознательное и корректное представление исходных данных для этих систем. Цель в её неэлементарной формулировке «векторна» и предполагает указание как составляющих желаемого, так и ресурсов в виде ус-

ловий и ограничений. Формулировка предпочтений тех или иных показателей качества при выборе лучших решений тоже остается за человеком, пока он «проектирует для себя», в том числе в рамках учебной деятельности. Такое разделение функции между человеком и машиной в процессе алгоритмического преобразования информации не затрагивает ценностные человеческие категории и в этом смысле не должно вызывать опасений. Еще задолго до современного уровня развития информационных технологий Н. Винер предвидел такое разделение интеллектуальных функций, сформулировав тезис неизбежной перспективы: «Человеку “человеческое” – машине “машинное”» (цитируем [9] по памяти). По этому пути идет передовая проектно-конструкторская практика, располагая и современными средствами оперативного графического (визуального) программирования, которые позволяют практически на интуитивном уровне визуально формировать желаемые алгоритмы преобразования информации в рамках определенной области [10].

Приведем в этом аспекте авторитетное мнение известного специалиста и педагога в области прикладной математики [11]: «Методика и практика применения математических методов на базе информационных технологий постепенно смещает акценты с использования инструментальных навыков человека (решения алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений, неравенств и т.п.) к овладению искусством корректного составления математических моделей на основе вышеуказанных математических соотношений и последующего получения решений существующими программными средствами». Пример реализации этих тезисов изложен в [12].

Инерция традиционной роли человека в процессе решения проектных и образовательных задач позволяет предложить такую аналогию. Никогда же не было тревог об угрозе потери творческих способностей обучающимися как будущими специалистами, если они пользуются справочником, аппаратным или программным анализатором спектра кривой, а не ищут коэффициенты ряда Фурье «вручную».

Процесс изменения технологий и техносферы стремителен. И если учебный процесс вначале предполагает компактное изучение комплекса неких базовых дисциплин, а потом их синтетическое приложение для инженерной практики, то ко времени завершения образовательного процесса немало методов, конструктивных принципов, технологий, материалов изменяется, а системная ситуация становится иной. Поэтому учебная парадигма инженерного образования и должна базироваться на

деятельностной методологии и дидактике, что позволит будущему специалисту естественно и постоянно формировать инженерный менталитет. Последовательное привлечение отдельных дисциплинарных знаний будет эффективнее по мере их востребованности. Это обеспечит быструю адаптацию выпускника к инженерной практике в её разных формах и сферах. При этом развитие содержания и методов самих классических дисциплин и различных ветвей геометрии как разделов математики, естественно, идет в рамках их внутренней научной логики и понятий.

Фундаментальность инженерной подготовки, необходимая для профессиональной мобильности, более надежно и эффективно обеспечивается на её завершающей стадии за счет емких «академических» обобщений, в том числе и в абстрактных формах, которые должны логично завершать образовательный процесс в высшей технической школе [13]. Повод для таких обобщений на завершающей стадии будет и в рамках ГТП. За примерами далеко ходить не надо, имея в виду, например, исследования коллег по прикладной и фундаментальной геометрии, представленных на КТП.

Раннее «академическое общеобразовательное начало», что хорошо известно преподавателям общетехнических и специальных дисциплин, приводит к необходимости повторных обращений к нему (а не опоре), так как оно не имело под собой прикладной основы как естественной мотивации к освоению. Например, одинаковые по структуре уравнения (любого типа), но записанные на основе разных систем символов переменных или форм записи, как правило, воспринимаются обучаемыми как разные и... «всё потом повторится сначала».

Эти проблемы в той или иной степени характерны практически для всех инженерных школ. Общеизвестно, что повышению эффективности, в частности российского инженерного образования, главным образом препятствует, кроме вышеуказанных факторов, все еще традиционная дискретно-дисциплинарная структура основных образовательных программ. Там, где созданы условия, этот недостаток несколько нивелируется с помощью так называемых индивидуальных образовательных траекторий. Но при этом, так или иначе, знания остаются структурированными на основе отдельных учебных дисциплин, связи между которыми номинальны и опосредованы, поскольку базируются на «знаниевой» парадигме.

Полагаем, что технологии, доступные для начальной инженерной, в том числе геометро-графической подготовки, в целом опережают ка-

чество предметного и методического содержания. Это снижает эффективность процесса формирования компетентного инженера. На стадии обучения он получает дисциплинарные знания в несистематизированном для деятельности виде, а последующая необходимая в процессе деятельности реструктуризация и интеграция как бы поручаются ему самому. Процесс профессиональной адаптации выпускника проходит, как правило, уже за пределами вуза.

Основой для консолидации элементов дисциплинарных языков, понятий и методов могут быть деятельностные и функциональные подходы, в которых, в свою очередь, естественную роль может сыграть унифицированная структура деятельности, обеспечивающая фрактальность основной образовательной программы [13].

В рамках каждого направления подготовки на объектном уровне и уровне их разнообразных моделей желательна инвариантная трактовка минимальных функционально-смысловых единиц любого языка – слов (терминов). Чем раньше будущий инженер начнет говорить на функциональном языке своей будущей деятельности, тем раньше формируются профессиональная лексика и словарь, его инженерная ментальность. Геометрия детали как минимальной целостной функциональной единицы СЕ может рассматриваться как конструктивное слово – носитель функционального смысла, аналогично слову – основному носителю смысла естественного языка. Формообразующие поверхности – как аналоги букв, а их визуальные отображения – графемы. И эти «конструктивно-функциональные слова и буквы» должны, на наш взгляд, и составлять основу языка «инженерной геометрии»... Её предметом в видится освоение методов систематического функционально-геометрического анализа технических объектов (прототипов) и их моделей на основе обобщенных (или простых типовых) функций, а также их моделирование и отображение, преобразование этих геометрических моделей с заданной целью и последующий анализ, и выбор лучших вариантов по заданным геометрическим критериям.

Хотели ли мы этого или нет, современные студенты выросли в сплошь информатизированной среде. С малых лет они находятся в игровой, жизненной обстановке и ситуациях, когда разнообразные информационные компоненты играют значительную роль в анализе обстановки, оценке ситуации, коммуникациях, формировании целей, развлечений, как источник информации для принятия и реализации решений. Нравится нам это или нет, их окружают высококачественная полиграфия и графика (ко-

нечно, не всегда качественная по содержанию), электронные средства коммуникаций, электронные изображения и анимации, объемные модели. Поэтому, если их встречает сугубо консервативный подход к ГПП, то это не оправдывает их ожиданий о её современном содержании и, как минимум, не мотивирует. А мотивация, заинтересованность учащегося – один из главных факторов продуктивного образовательного процесса. Кроме того, возникает как бы относительная методическая ретроспектива, если не используются современные возможности изучения геометрических моделей технических объектов и отображения их моделей. Их изучение естественно (имеем в виду цикл: анализ – синтез), если идет в порядке простоты (!) восприятия, учета инструментальных возможностей преобразования моделей, естественной потребности и органической связи между ними, а также роли в современной практике синтеза графической и зрительной информации.

Если постоянно не анализировать и не осмысливать эти объективные процессы и современную системную ситуацию, трудно аргументированно обосновывать цели и средства любых изменений, на реализацию которых нужны время и силы и немалые. Без этого, как полусутья – полусерьёзно говорят англичане, «нельзя даже заблудиться, если не знаешь куда идешь». Активный обмен мнениями и разными точками зрения на нашем форуме, как минимум, отвечает тезису: «Идти, но не стоять...»

Список литературы

1. Официальный сайт Всемирной инициативы CDIO в России. – URL: <http://cdiorussia.ru>.
2. Половинкин А.И. Инженерное проектирование. – СПб.: Лань, 2007. – 364 с.
3. Взятыхшев В.Ф. Введение в методологию инновационной деятельности: учеб. пособие. – М.: Изд-во «Европейский центр по качеству», 2002. – 82 с.
4. Столбова И.Д., Носов К.Г., Столбова И.Д. Метод проектов в организации графической подготовки // Высшее образование в России. – 2015. – № 8–9. – С. 22–36.
5. Горнов А.О., Губарев А.Ю., Захарова Л.В. Практическая часть модифицированного курса «Теория построения чертежа» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях перехода на образовательные стандарты нового поколения: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. интернет-конференции. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – С. 139–148.

6. Лепаров М.Н., Вичева М.Д., Георгиев М.Т. Основы инженерного проектирования. – София: СОФТРЕЙД, 2015. – 360 с.

7. Горнов А.О., Миронова Н.Г. Элементы логики деятельности и проектирования в методике дисциплины инженерная графика // Информационные средства и технологии: труды междунар. науч.-техн. конф. – М., 1999. – Т. 2. – С. 86–89.

8. Демин В.А., Тихонов-Бугров Д.Е. Хорошо не забытое старое или проектно- конструкторское обучение инженерной графике // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. ст. V Междунар. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – С. 563–479.

9. Винер Н. Творец и робот. – М.: Прогресс, 1966. – 104 с.

10. Климентьев К.Е. Основы графического программирования в среде LabVIEW: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 69 с.

11. Ижуткин В.С. Методические традиции и тенденции преподавания математики с использованием информационных технологий // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. ст. VI Междунар. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – С. 31–47.

12. Ижуткин В.С. Применение информационных технологий в инженерном образовании // ИнфоРИНО 2012: тр. междунар. науч.-метод. конф. – М.: Изд. дом МЭИ, 2012. – С. 57–58.

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

14. Ракитская М.В. Элементы ТРИЗ в заданиях для студентов по дисциплине «инженерная и компьютерная графика» // Материалы КГП 2017. – URL: conf2017/papars/25/.

15. Образование 2030. – URL: <http://www.docme.ru/doc/7589/fore-sight-edu2030-vdec6>.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ КОНТЕКСТЕ

Горнов Александр Олегович

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

Лепаров Михаил Николаевич

Технический университет – София, София

В рамках авторского видения сути и содержания инженерной геометрии как составляющей начальной инженерной подготовки и ГПП дан обзор её основных фрагментов в этом контексте. В частности, предлагается методически опираться на аналогию детали в качестве функционального «конструктивного слова» и слова как первичного носителя смысла естественного языка.

Ключевые слова: геометро-графическая подготовка, инженерная геометрия, функциональный подход.

FUNCTIONAL APPROACH TO ENGINEERING GEOMETRY IN AN EDUCATIONAL CONTEXT

Gornov Alexander Olegovich

Moscow Power Engineering Institute (MPEI)

Leparov Mihail Nikolov

Technical University – Sofia

In the framework of the author's vision of the essence of engineering geometry as a component of initial engineering training and GGP provides an overview of its main fragments in this context; in particular, proposes methodically to rely on the analogy of the part as a functional of the “positive words” and words as the primary carrier of meaning in natural language.

Keywords: *geometro-graphic training, engineering geometry, functional approach.*

Продолжая тему первой публикации, постараемся подкрепить свою точку зрения дополнительными аргументами. При этом позволим себе небольшие повторения ради непрерывности изложения и чтобы не затруднять чтение ссылками.

...Одним из направлений предлагаемой адаптации традиционного содержания курсов ГПП к современным реалиям являются ранее сформулированные коллегами предложения о коррекции части традиционных положений и методов ГПП, в том числе в рамках НГ, условно в ви-

де курса инженерной геометрии. Естественно, что содержание, скорректированное и обогащенное теми или иными инженерными акцентами, не все видят одинаково. Можно рассматривать и более кардинальные перспективы [1]. Суть и содержание корректировок могут трактоваться с разных точек зрения. Например, опираясь на фундаментальную роль математики в инженерии, есть предложения и конкретные разработки по переходу на позиции инженерной геометрии, соединяя географический анализ и аналитические описания геометрических и псевдогеометрических образов, на основе символических методов, корректируя, в частности, и содержание НГ [2, 3, 4]

Мы же вкладываем в понимания сути и содержания «инженерной геометрии» другое. Действительно, какое бы прилагательное не предшествовало существительному геометрия, она в любом случае остается в первую очередь геометрией. Подразумеваем здесь только «евклидову», в рамках ГПП, и её отображения в декартовой системе. Та или иная специфика изложения геометрии, её связи с определенными объектами, целями, задачами, методами отображения и т.д. определяются уточняющими прилагательными. Содержание и методы именно «инженерной геометрии» в образовательном контексте, как полагаем, должны быть направлены на приобретение знаний, навыков и умений для описания и преобразования геометрических характеристик объектов и их моделей, которые по определению функциональны. Именно этим они непосредственно связаны с искусственными объектами «инженерного происхождения». Аналогично как специфическая сфера приложения геометрического анализа в [5] рассматривается «геометрия живого», которую можно было бы назвать и геометрией живой природы, или инженерной геометрией.

Трактовка инженерной геометрии как «геометрии для инженера» в указанном контексте ничего не меняет. Аналогично можно говорить и о геометрии в рамках академической математической подготовки, что определяет специфические подходы к ней. Там, конечно, область и её специальных приложений, в том числе в рамках начертательной геометрии.

Когда мы говорим студентам о сути начертательной геометрии, имеем в виду не «другую» геометрию, а совокупность положений и методов графического описания геометрических объектов и отношений между ними на основе проекционных изображений и их систем. Устойчивое сочетание «аналитическая геометрия», по сути, выделяет в аналитических методах и формах математических уравнений те, которые опи-

сывают геометрические образы. Начертательная геометрия и аналитическая геометрия, конечно, не отдельные геометрии, а теории отображения геометрических объектов и отношений между ними – отображения соответственно на основе «начертания» проекций и их систем или в виде тех или иных аналитических уравнений для последующего анализа и (или) синтеза путем их преобразований. Их методы при решении конкретно поставленных задач могут применяться отдельно или совместно.

В свою очередь, «многомерная геометрия», образно говоря, взаимный «геометрический реверанс» аналитике, который позволяет распространить геометрические образы и термины по отношению к реальному пространству на структурно подобные уравнения аналитической геометрии с переменными более трех, а при понижении их мерности – вернуться на «круги своя», например, от гиперсферы к «привычной и понятной» сфере, знакомой по визуализации в декартовых координатах. Только зачем и ради чего сначала ненаглядная гипер? Но привлечение «понятных, осязаемых и наблюдаемых» двух, одно- и нульмерных пространств методически удобно для пояснения логики простановки размеров с геометрических позиций, в частности, при пояснении отсутствия ряда размеров по умолчанию [14].

Многомерные «пространства» – подобные терминологические и геометрические аналогии для описания зависимостей, в которых часть или даже все переменные (которых более 3) могут иметь размерности, не связанные с пространственной протяженностью (при этом они, как правило, нормализуются). И, например, «точка» как одно из геометрических понятий в этом «многомерном пространстве состояний» есть терминологическая фиксация некоего набора значений этих переменных.

Или еще в порядке аналогии пример. Известна научно-прикладная область «статистическая радиотехника». Объекты и процессы этой инженерной области те же – радиотехнические. А вот аппарат математического анализа и синтеза этих устройств и процессов при этом специфичен. Это теория вероятностей и математическая статистика, описывающие на своем красивом и емком языке стохастические процессы в радиосистемах.

...Современные средства отображения информации о технических объектах, в частности, их геометрии, – основном «вместилище» функциональных характеристик деталей, сборочных единиц и их параметров – не вчера поставили вопрос о дальнейшей роли и месте традиционных технологий и средств инженерной графики. Главное – цифровые

компьютерные геометрические 3D-модели гибки и динамичны, так же, как и их «проекционная» визуализация на мониторе. И, несмотря на пока двумерное представление, позволяют сделать заметно более эффективным процесс всестороннего геометрического анализа и преобразования моделей прототипов технических объектов, причем в «реальном времени». Другими словами, они более эффективное и естественное средство для первичного анализа геометрии ТО на основе ЭМИ. По отношению к ним система 2D-изображений (тоже 3D-модель) для отображения трехмерных объектов как на твердых носителях, так и в электронном виде менее гибка. Её разрешающая способность в целом ниже, а адекватное восприятие дается непросто. Об этом упоминал и сам Г. Монж, и это не надо забывать, цитируя классика. Твердотельные модели на основе 3D-принтеров для широкого применения пока еще дороги и не так мобильны, голографические представления не до конца отработаны для массового применения. Уже реальна графика на «электронной бумаге», как на мониторе, триплексные прозрачные панели с жидкокристаллической матрицей, позволяющей реализовать тактильный интерфейс при формировании изображений.

Собственно научное содержание и значение НГ вообще не могут быть предметом обсуждения, особенно в контексте «быть или не быть». Проекционные методы, их роль сохраняются, в том числе в образовательном аспекте. Они – элемент формирования зрительных представлений, сопровождают визуальный обзор и анализ окружающей среды со множеством технических объектов, входят в состав других технологий представления зрительной информации. Её анализ во многих случаях более продуктивен на основе необходимых представлений о закономерностях проекционных изображений и их систем. В составе конструкторской документации проекционные чертежи еще не потеряли, но постепенно теряют свое значение. Вышеизложенное актуально не для задач синтеза, а по отношению к задачам анализа. Например, «театр теней» на поверхностях окружающей среды является и всегда будет являться информационным дополнением к непосредственно наблюдаемым объектам. Благодаря этим естественным проекциям существенно дополняется восприятие геометрической формы и её положения в пространстве как в статике, так и динамике. Отображение пространственных объектов и их отношений методами классической начертательной геометрии предполагает непростые модели. У них есть своя ниша в общей иерархии моделей отображения. Эти модели и методы, конечно, развивают пространственные представления, но разве только они

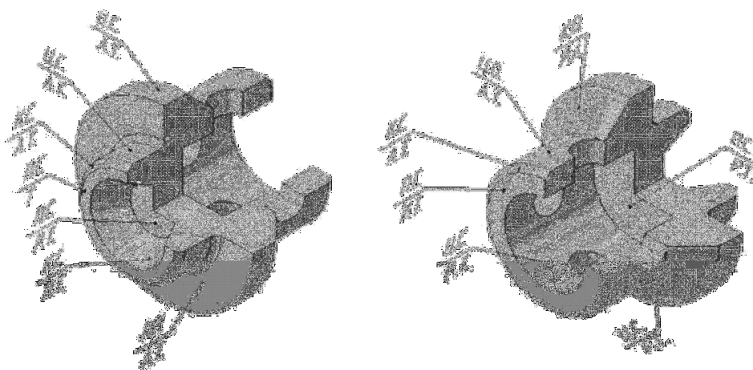
и лучшим ли образом? 3D-модели развивают его не хуже. Это ведь, как ставить задачу. Допустим, надо описать геометрию объекта вербально, а затем синтезировать его образ в виде 3D электронной модели. Чем это хуже для развития пространственных представлений?

Процесс адаптации к новым условиям традиционных курсов графо-геометрической подготовки в России непрост. Это определяется наличием большого количества отработанных методик, учебной и методической литературы на основе традиционной парадигмы, естественной инерции позиций части преподавателей. Но медленнее, чем необходимо, реализуются не столько технологические, сколько новые содержательные возможности ГП на основе КГ и других информационных технологий.

Геометрическая форма как одна из основных характеристик технических объектов (деталей и сборочных единиц) исходно функциональна. И её функцию можно трактовать как совокупность типовых инвариантных составляющих, которые определяют её в разной степени в целом и в разной степени определяют состав и параметры отдельных поверхностей. Эти обобщенные составляющие такие: рабочая (инструментальная; адаптивная (приспособления к другим деталям и среде, в том числе человеку); технологическая (как «ответ» на технологию формообразования); интегрирующая (связанная с учетом требований унификации, конструкторских традиций и т.п.). Пример такого функционально-геометрического анализа с позиций инженерной геометрии показан на рис. 1. Кроме этих обобщений рационально привлекать и элементарные функции (операции) Коллера [6, 8].

Можно говорить, что деталь и её геометрия являются минимальными носителями функционально-конструктивного «смысла», аналогично тому, как слово естественного языка есть его основная смысловая единица. Эта аналогия позволяет подчеркнуть методологически и методически противоречивое обстоятельство. Словарь и другие составляющие естественного устного и письменного языка обучаемого изучались и совершенствуются на сугубо смысловом (функциональном) начале слова в отличие от традиционной методики изучения геометрической основы начальной инженерной подготовки, оперирующей отвлеченными геометрическими образами.

И на этом пути после «функционального начала» естественна методика анализа сборочных единиц как высказываний и текстов и на этой основе – формирование представлений о специфическом функциональном геометрическом языке и его категориях: алфавите, словаре, грамматике, синтаксисе и т.д.



<u>Поверхность</u>	<u>Положение</u>	<u>Какой функцией обусловлена</u>
П – Плоскость	С – Свободное	Р – Непосредственно рабочей
Ц – Цилиндрическая	П – Привалочное	А – Адаптивной
К – Коническая	О – Охватываемое	И – Интегральной
		или Т – Технологией

Рис. 1. Пример функционально-геометрического анализа клапана на основе инвариантных составляющих функций поверхностей деталей

Несколько утрируя, заметим, что с этих позиций традиционный – нефункциональный подход к геометрии технических объектов на начальной стадии инженерной подготовки аналогичен чтению или сочинению «бессодержательных» текстов при изучении родного языка общения. Анализ морфологической аналогии детали и слова как минимальных функционально-содержательных единиц, высказываний, текстов на конструктивном и естественном языке и более глубоких аналогий в этой плоскости предполагает отдельное рассмотрение.

При отвлеченном геометрическом анализе форма остается как бы функционально «пустой», и это не помогает в таком подходе полноте восприятия и самой геометрии модели. Понимаем, что это некий анти-тезис традиционным постулатам ГПП – чисто геометрическому анализу и последующему отображению геометрии технических объектов. Но ведь современная системная ситуация, трансформированная парадигма инженерного образования, доступные технологии моделирования и графики тоже другие, о чем мы уже упоминали ранее. Сразу заметим, что не имеем в виду на начальной стадии ГПП подробный конструктивный или технологический анализ геометрии детали или её моделей. Имеется в виду уровень функциональной пропедевтики, когда геометрия объекта может быть связана с простыми или обобщенными функ-

циями, утвердившимися за деталями простой формы и их несложными комбинациями.

Ниже покажем, что имеем в виду под переходом с геометрического языка (который остается первичным, иначе это геометрия) на функциональный при описании геометрических задач прикладного характера. Речь идет не об обычных эпизодических иллюстрациях, а методическом подходе, предполагающем опору на устойчивые связи данной геометрической поверхности с её конструктивными функциями, определяющими образ детали, выделяющей её по этому признаку среди других. В чистом виде геометрическая поверхность как таковая физическую функцию выполнять не может. Поэтому речь может идти о геометрической форме, в которой данная поверхность определяет главную функцию (определяет главный признак) детали, не исключая других поверхностей для образования замкнутого объема детали и выполняющих вторичную роль (функцию).

Не имея здесь цели провести исчерпывающий анализ устойчивых связей геометрических поверхностей и их композиций с их конструктивными функциями, ограничимся короткой иллюстрацией на примере цилиндрической поверхности и плоскостей. В составе слова базовую смысловую нагрузку несет корень слова. Как и слово естественного языка, геометрическая форма детали имеет основную функционально-конструктивную геометрическую составляющую, – аналог корня в слове. Более конкретный смысл слова определяется текстом и контекстом и аналогично функция детали – в составе сборочной единицы.

На рис. 2 приведены эскизы простейших деталей, для которых устойчивый функциональный образ определяется базовой цилиндрической поверхностью (для деталей вращения) и плоскостями, и только плоскостями для гранных форм. Кроме характера поверхности функциональный образ этих деталей определяется и отношением параметров формы поверхности и размеров их отсеков. Заметим, что здесь функциональные наименования даны вне конструктивного текста (т.е. вне сборочной единицы). Как и в естественном языке, смысл слова уточняется контекстом и прилагательным, так и функция детали на основе данной поверхности уточняется в контексте СЕ. При этом первичная форма детали обогащается геометрическими элементами, образуя аналоги морфем слова «приставки», «суффиксы» и «окончания». Так, уточняющей функцией валика могут быть «прижимной» или «опорный», при этом в детали появятся и вторичные геометрические элемен-

ты. Как и смыслы слов естественного языка, нюансы функционального геометрического образа детали зависят не только от параметров формы, но и от взаимного положения по отношению к другим «конструктивным словам» и их положения в пространстве.

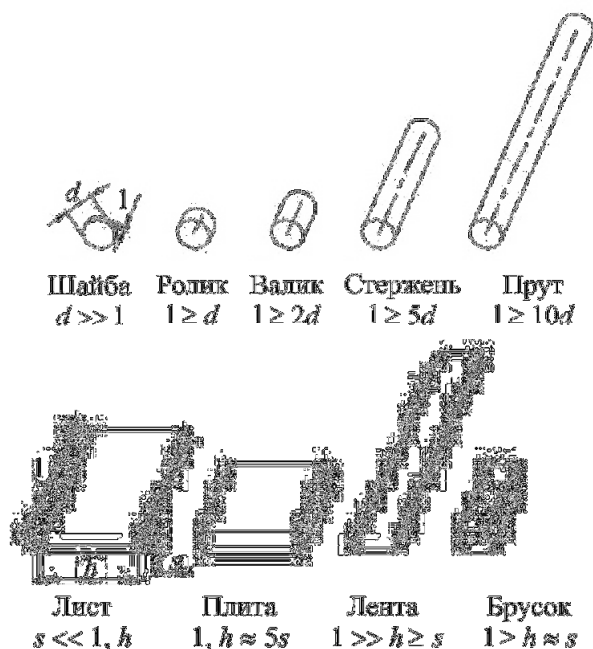


Рис. 2. Эскизы простейших деталей-заготовок и их функциональные названия в зависимости от соотношения параметров

Изменение функционального содержания геометрии детали или её модели при изменении отношений параметров формы и параметров их взаимного положения её составляющих предполагает совместный анализ и последующий синтез этих описательных признаков (формы и параметров). Это хорошо согласуется с практикой определения достаточной совокупности видов модели (например, на чертеже), на которую влияет состав размерной категории, содержащей условные обозначения ряда поверхностей.

Если элементный состав геометрии детали и отношение параметров определяют её функциональный образ, то абсолютные размеры важны для формирования у обучаемых правильных масштабных представлений между моделью и моделируемым объектом. Масштабные категории непременно должны сопутствовать любым отображениям модели и акцентироваться.

Ненатуральный масштаб изображения искажает представления студента о «значимости» геометрии и функциональной нагрузке изображаемого узла. Изображение отображается и остается в его сознании без масштабной коррекции. Часто ценность собственно изображения, выполненного студентом, не так уж невелика. Оно может быть почерпнуто из соответствующих баз данных, а вот представленный в системной форме фрагмент имеет уже гораздо большее образовательное значение в рамках инженерной геометрии.

....Надо стимулировать обучающихся постоянно наблюдать, анализировать и систематизировать геометрию механизмов, машин и сооружений в бытовой, открытой пространственной и производственной средах и затем ставить перед ними задачу её устного, текстового описания, а затем графического, в виде наброска, рисунка. Даже держа в руках учебную модель, студент должен иметь привычку тактильно оценивать макро и микрогеометрию её поверхностей, зафиксировать и оценить её вес в некой связи с геометрическим объемом и т.д.

Это основа для иллюстрации и освоения первичных навыков и сути важнейшего в инженерной и научной деятельности процесса моделирования, в частности геометрической формы. Геометрическое моделирование мысленного или реального объекта в своей первичной цели и главном содержании означает описание его геометрии с заданной целью при заданных ограничениях и условиях. Именно переход от реальной или мысленной формы к геометрической модели (в любой форме) с данной целью при данных условиях и ограничениях есть важнейший элемент инженерного искусства и, естественно, в рамках геометро-геометрической подготовки. В зависимости от постановки задачи привлекается та или иная модель геометрии и отображается тем или иным способом (текстом, рисунком, чертежом, ЭМИ, скульптурно..). Для примера реализации задания собственно на моделирование внешней формы шуруповерта (рис. 3, *а*) её модель в рамках условий и ограничений (модель должна быть гранной) представлена 3D-моделью (рис. 3, *в*) и проекционным чертежом (рис. 3, *б*).

Для сравнительной оценки разрешающей способности такого представления, надо оценить проблемы, которые возникнут, если надо приблизить форму этой модели как первичного замысла к форме на рис 3, *а*, сохраняя проекционный чертеж для отображения её внешней поверхности и задания параметров...

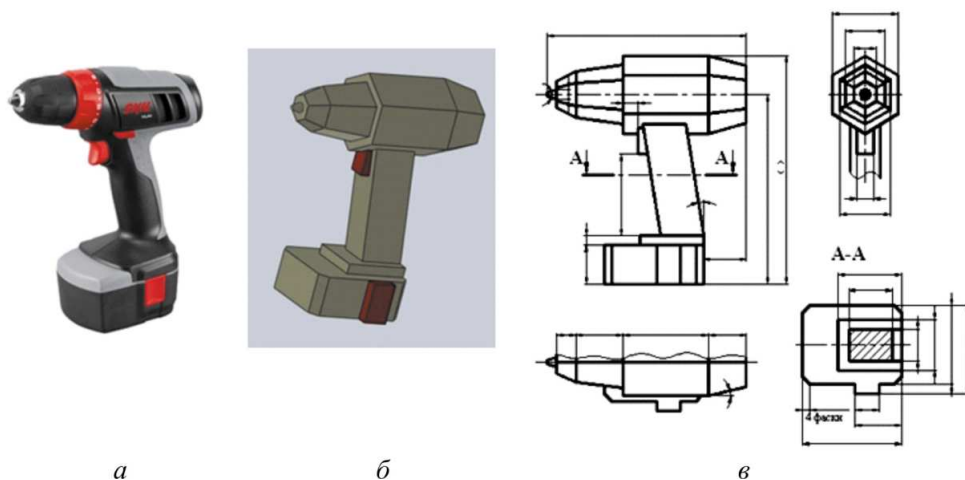


Рис. 3. Пример моделирования внешней формы технического объекта при заданных условиях и проекционный чертеж модели

Даже в рамках традиционных сочетаний простых геометрических форм в задачах на пересечение поверхностей полезно трактовать их, пусть как грубые, но модели, оболочек, корпусов и т.д., указывая это в основной надписи по «форме 1», снабжая квалификационной характеристикой и указанием модельного материала. С позиций инженерной геометрии и отображения её объектов нецелесообразны практически ничего не дающие упрощения в виде учебных основных надписей, расположенные на одном формате или файле, задач относительно разных объектов. В порядке элементов инженерной культуры здесь должна соблюдаться простая формула: один объект (достаточные изображения и параметры) – один формат или файл, – одна основная надпись, – соответствующие атрибуты, предусмотренные для указания в спецификациях. Эти же требования относятся к заданиям, которые должны быть параметрически определены как соответствующие модели, а не «размерами для вычерчивания».

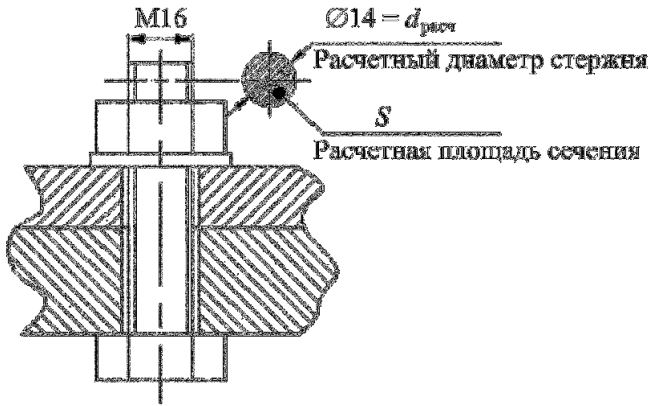
«Инженерную геометрию» мы рассматриваем как составляющую начальной стадии инженерной подготовки, оперирующую метрически определенными функциональными прообразами совокупностей геометрических поверхностей, образами деталей и сборочных единиц технических объектов, их соответствующими моделями и различными отображениями. Эти отображения по форме могут быть устными, письменными, графическими – на твердых или электронных носителях, в скульптурной форме. При этом формулировка геометрических задач в связи с их функ-

циональным содержанием предполагается в прикладных формулировках. Такой подход естественным образом стимулирует выделение практически значимых задач, непосредственно направленных на формирование деятельностных инженерных компетенций. При этом интегрируются элементы графо-геометрической и проектно-конструкторской подготовки и первичные знания предметной области будущего специалиста. Конечно, прикладные формулировки геометрических задач не являются каким-то откровением в разнообразной методической практике ГПП. Мы хотим сделать акцент на продуктивность такого подхода как систематического на начальных стадиях инженерной подготовки и обратить внимание на возможность обобщения понятий и методов в рамках информационных языков, одним из которых является геометрический.

Предвидим вопрос, связанный с необходимостью анализа и решения собственно геометрических задач как отдельной дисциплины в их академических постановках, в частности, для развития методов НГ и алгоритмов КГ. Такие задачи естественны для творческой работы преподавателей в исследовательском и методическом аспектах. А новые результаты такой работы в прикладных формулировках могут пополнить учебную практику.

Важнейшим в инженерном аспекте является формирование представлений о связи геометрических параметров и нагрузочных способностях элементов деталей. При этом геометрия детали и её параметры приобретают функциональный смысл в контексте его реализуемости, а не как номинальной формы. Геометрия, никак не привязанная к физическим ощущениям или характеристикам, их уровню и масштабу, остается у обучаемого абстракцией, плохо закрепленной в сознании.

...Например, известна классическая учебная работа выполнения фрагментов сборочных чертежей или электронных моделей резьбовых соединений с помощью стандартных крепежных деталей. По опыту знаем, что если попросить студенческую аудиторию оценить усилие сжатия деталей, которое можно обеспечить до разрыва стержня, если стержень (болта, винта, шпильки) по заданию, например $D = 16$ мм, то оценки будут в десятки раз занижены по отношению к допустимым усилиям. Достаточно трех минут (оценка элементарна), чтобы закрепить образное представление о масштабах геометрических величин, определяющих её работоспособность (рис. 4). Все приведенные фрагменты и точки зрения реализуются в преподавательской практике авторов, к сожалению, не всегда системно и частично излагались ранее [1, 8, 9, 12, 13].



$$F_{\text{дем.расч}} = \sigma_p S [\text{Н}]$$

пусть $\sigma_p = 500$ МПа (допустимое расчетное напряжение на разрыв)

$$S = \pi \frac{d_{\text{расч}}^2}{4} [\text{м}^2]$$

$$F_{\text{дем.расч}} = \sigma_p \pi \frac{d_{\text{расч}}^2}{4} = 500 \frac{\pi \cdot 14^2}{4 \cdot 10^6} \cdot 10^6 \approx 77\,000 [\text{Н}] \approx 7,7 [\text{тонн}]$$

Рис. 4. Пример элементарной оценки характеристики работоспособности стержня болта, связанной с параметром геометрии

Функциональные подходы на начальных стадиях ГПП могут поддержать потребность в ней как отдельной области подготовки и как фактор формирования инженерной ментальности. Но в практике ведущих технических университетов мира таковой уже практически нет... Она интегрирована с задачами других дисциплин и решается на их основе.

Представляется, что в контексте изложенной здесь трактовки инженерной геометрии продуктивны заданные параметрически или геометрическими условиями постановки и решения геометрических задач в среде AUTOCAD, представляемые А.Л. Хейфецем [10]. Критика его авторской позиции, на наш взгляд, связана не столько с её сутью, сколько в сравнении с другими постановками (формулировками) задач, а именно задачами поиска геометрических закономерностей, что не одно и то же [11, 2]. При поиске геометрических закономерностей первична логика, а точность графической интерпретации вторична. При индуктивном пути к истине точность реализации геометрических условий первична и при определенных условиях позволяет делать логические выводы и выдвигать гипотезы. Кроме того, в арсенале доказательных научных методов, как известно, дедуктивные и индуктивные методы равноправны. И каждые основаны на своей логике, предполагая её кор-

ректное применение. Поэтому противопоставления в этой плоскости, особенно с позиций перехода к инженерной геометрии, вряд ли логичны и продуктивны.

Можно говорить шире о необходимости модернизации и моделях содержания начальной стадии инженерной подготовки вообще. Информационные технологии позволяют ставить вопрос о консолидации актуальных элементов традиционного содержания ГПП и возможностей усиления междисциплинарного взаимодействия в рамках инженерной пропедевтики. Варианты такой пропедевтики на основе базовых понятий, умений и навыков могут составить следующие инвариантные для направлений подготовки разделы:

1. История техники (логика развития техносферы).
2. Технические объекты и процессы. Инвариантная структура описания.
3. Современные технологии формообразования (обзор).
4. Проектирование и конструирование: суть и методология.
5. Специфика дизайн-проектирования.
6. Иллюстративная и когнитивная функции ГСПИ.
7. Инженерная геометрия. Современные технологии инженерной графики.

При этом графические средства будут сначала выступать как эффективные носители информации, а затем как предмет освоения их технологий.

Список литературы

1. Лепаров М.Н., Попов М.Х. Инженерная графика: To be or not to be? // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: сб. ст. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 85–93.
2. Иванов Г.С. Предыстория и предпосылки трансформации начертательной геометрии в инженерную // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, вып. 2. – С. 29–36.
3. Кайгородцева Н.В. Инновационная методология начертательной геометрии. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – 184 с.
4. Соколова Л.С. Геометрическая подготовка бакалавров в современных условиях // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. ст. VI Междунар. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – С. 326–333.

5. Иваницкий Г.Р., Гартштейн В.П. Геометрия живого. – М.: Знание, 1971. – 32 с.
6. Половинкин А.И. Инженерное проектирование. – М.: Машиностроение; СПб.: Лань, 2017. – С. 364
7. Взятыхшев В.Ф. Введение в методологию инновационной деятельности: учеб. пособие. – М.: Изд-во «Европейский центр по качеству», 2002. – 82 с.
8. Лепаров М.Н., Вичева М.Д., Георгиев М.Т. Основы инженерного проектирования. – София: СОФТРЕЙД, 2008. – 356 с.
9. Горнов А.О., Козырев А.Д. От 3D-модели сборочной единицы к чертежу детали // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. ст. VI Междунар. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – С. 476–490.
10. Хейфец А.Л. Геометрическая точность компьютерных алгоритмов конструктивных задач // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. ст. VI Междунар. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – С. 367–388.
11. Сальков Н.А. Начертательная геометрия – база для компьютерной графики // Геометрия и графика: научно-методический журнал. – 2016. – Т. 4, вып. 2. – С. 37–47.
12. Горнов А.О., Губарев А.Ю., Захарова Л.В. Практическая часть модифицированного курса «Теория построения чертежа» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях перехода на образовательные стандарты нового поколения: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 139–148.
13. Горнов А.О., Логинова Е.М. Пример междисциплинарной интеграции курса инженерной графики // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: материалы IV Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – С. 199–209.
14. Горнов А.О., Губарев А.Ю., Захарова Л.В. Основания для алгоритмизации простановки размеров на чертежах // Информационные средства и технологии: материалы конф. – М.: Изд-во МЭИ, 2008. – 230 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Александрова Евгения Петровна,
Носов Константин Григорьевич,
Столбова Ирина Дмитриевна**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Подчеркивается необходимость поиска новых технологий обучения, соответствующих уровню развития информационно-коммуникационных технологий и отвечающих требованиям современных проектных и производственных технологий. Проведен анализ функциональных возможностей информационных технологий при формировании геометро-графических компетенций, происходящем в ходе базовой графической подготовки студентов технического университета. Описано системное использование комплекса информационных технологий при различных формах учебных занятий. Показаны варианты интеграции этих технологий в содержание разделов графической подготовки студентов, и обоснована эффективность их использования.

Ключевые слова: информационные технологии, геометро-графическая компетентность, компьютерная графика, технологии обучения и контроля, информационная среда обучения.

ORGANIZING OF STUDENT'S GRAPHIC TRAINING BASED ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

**Aleksandrova Evgeniy Petrovna,
Nosov Konstantin Grigor'evich,
Stolbova Irina Dmitrievna**

Perm National Research Polytechnic University

Focused the need to search for new training technologies corresponding to the level of development of information and communication technologies and meeting the requirements of modern design and production technologies is underlined. The analysis made of the functional capabilities of information technology in the forming of geometric-graphic competencies. It occurs during the technical university student's basic graphic training. A systematic use of the complex of information technologies for various forms of training is described. The variants of integration of these technologies in the content of the graphic design sections of students are shown and the effectiveness of their use is justified.

Keywords: *Information technologies, geometric-graphic competence, computer graphics, teaching and control technologies, information learning environment*

Современное производство характеризуется высоким уровнем автоматизации деятельности инженера, смещением грани между проектированием и производством. Сегодня на первый план выступает компьютерное моделирование, которое сопровождает весь производственный процесс, начиная с расчетов параметров и характеристик изделия и заканчивая технологическими процессами изготовления продукции [1].

Интенсивный процесс обновления техники и технологии производственной сферы, в свою очередь, требует совершенствования системы подготовки будущих специалистов инженерного профиля. При этом одной из основных задач формирования компетенций проектно-конструкторской деятельности является формирование у обучающихся тотальной готовности к использованию современных информационных технологий и компьютерных средств [2].

В инженерном образовании необходимой составляющей является базовая графическая подготовка студентов технических университетов, формирующая геометро-графическую компетентность будущих выпускников. Такая подготовка предполагает уровень осознанного применения графических знаний и умений, практический опыт изучения функциональных и конструктивных особенностей технических объектов и практику их конструирования, а также свободное владение навыками работы в современных графических средах проектирования и разработки технической документации [3, 4]. В настоящее время в высшем техническом профессиональном образовании реализуется инновационная стратегия комплексной информатизации геометро-графической подготовки, направленной на развитие у студентов актуальных навыков проектирования и конструирования с получением электронных 2- или 3-мерных изображений объекта, а также их преобразования (при необходимости) друг в друга [2]. Заметим, что на современном этапе проектирования предпочтение отдается объемному моделированию. Модель 3d значительно повышает производительность и качество результатов моделирования, его вариативность и наглядность. Информационные модели, в число которых входят и 3d геометрические модели, присутствуют практически на всех стадиях создания изделия, но именно электронная модель играет роль первоисточника для его полного жизненного цикла. Такая модель хранится в базе данных проекта и обеспечивает решение инженерных задач при проектировании, производстве, эксплуатации и модернизации объекта.

В этом русле существенно меняется и роль компьютерной графики в процессе геометро-графического образования [5]. Она становится не

только предметом изучения как основного инструмента разработки конструкторской документации, но и средством обучения, ядром базовой графической подготовки студентов, позволяющим при дефиците учебного времени интенсифицировать процесс обучения, а также учесть индивидуальные особенности студентов для понимания сложной к усвоению графической информации.

В работе представлена модель базовой графической подготовки студентов ПНИПУ, опирающейся на современные возможности информационных технологий и, в первую очередь, компьютерной графики, а также обсуждаются организационно-методические условия ее реализации.

Модель геометро-графической подготовки и функционал информационных технологий

Задача совершенствования технологий обучения студентов технических вузов инженерно-графическим дисциплинам с использованием компьютерных средств является актуальной и своевременной. В [6] подчеркивается, что цель подготовки специалиста в техническом вузе – «добиться требуемого производством уровня готовности выпускника к проектно-конструкторской деятельности за счет оптимального сочетания геометрической, инженерной и информационно-технологической подготовки».

В силу вышеизложенного согласно ФГОС ВО и степени развития производственной сферы 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 [7].

Как уже было отмечено, основная цель базовой геометро-графической подготовки студентов технических вузов – формирование способностей осуществлять проектно-конструкторскую деятельность в соответствии с запросами сегодняшнего дня. В организации учебной деятельности студентов основной акцент необходимо сделать на использование потенциала современных информационно-коммуникационных технологий, на основе которых должна быть разработана информационная среда обучения для поддержки и контроля качества учебного процесса. Особое внимание необходимо обратить на инструментальную подготовку обучаемых, направленную на широкое использование САД-систем при решении учебных задач и выполнении проектных заданий. Также необхо-

димо задействовать возможности современной компьютерной графики, которая является эффективным механизмом развития пространственного мышления у обучаемых. Использование компьютерной графики в качестве иллюстративного механизма осваиваемой базы знаний позволяет при дефиците учебного времени интенсифицировать процесс обучения, учесть индивидуальные особенности студентов и способствовать более быстрому пониманию специфики графической информации. С другой стороны, качественный иллюстративный материал побуждает студентов к освоению графических пакетов и стимулирует к использованию возможностей компьютерной графики при оформлении учебных результатов и собственных проектов.

На рис. 1 представлена инновационная модель геометро-графической подготовки, направленная на формирование геометро-графической компетентности и актуализирующая роль информационных технологий в обучении.



Рис. 1. Модель геометро-графической подготовки

Подчеркнем, что уже на уровне целеполагания необходимо ясно сформулировать группу требований к результатам обучения, касающихся инструментальной подготовки обучаемых в области владения САД-системами. Какие знания необходимо довести до понимания студентов в хо-

де освоения данного раздела? Какие ожидаемые инструментальные умения студенты должны получить в ходе практических занятий и лабораторного практикума? Чем овладеть в ходе выполнения самостоятельных заданий? Какие практико-ориентированные задания помогут оценить уровень сформированности геометро-графических компетенций у студентов в конце курса обучения?

Как видно из схемы, при реализации разработанной модели практически на всех его этапах обучения используются различные возможности компьютерных технологий. В табл. 1 приведены основные функции информационных технологий, используемых в образовательном процессе.

Таблица 1

Функционал информационных технологий в процессе обучения

Функция	Назначение в учебном процессе
Познавательная	Инструментальная составляющая геометро-графической подготовки
Иллюстративная	Наглядное представление графического материала для всех видов учебных занятий
Учебно-эвристическая	Реализация творческих подходов при разработке алгоритмов решения геометрических задач с использованием возможностей компьютерных технологий
Анимационно-технологическая	Помощь в восприятии сложных алгоритмов решения геометро-графических задач при их динамическом представлении
Контролирующая	Автоматизация контроля результатов обучения на всех этапах учебного процесса
Проектно-конструкторская	Приобретение студентами навыков работы в графических системах САД при выполнении учебных проектов
Справочно-информационная	Работа с электронными библиотеками справочных материалов
Практико-направленная	Приобретение навыков использования современных компьютерных технологий проектирования и опыта создания реальных изделий на основе 3D-моделирования

В соответствии с разработанной моделью геометро-графической подготовки и определенным функционалом информационных технологий в процессе обучения разработан учебно-методический комплекс, обеспечивающий все формы и виды учебной деятельности при обучении графическим дисциплинам [8, 9]. Данный комплекс представляет собой совокупность отдельных программных разработок для методиче-

ской поддержки образовательного процесса и функционирования предметно-ориентированной среды формирования геометро-графической компетентности студентов.

Рассмотрим более подробно особенности применения инновационных технологий в рамках интегративного курса «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика».

Опыт применения информационных технологий при геометро-графической подготовке

Традиционно в учебной деятельности знакомство с теоретическими основами курса происходит на лекциях, а формирование системы знаний и способов деятельности осуществляется на практических занятиях. При визуализации представляемого графического учебного материала используются в основном иллюстративные и анимационно-технологические функции компьютерных технологий, что не является принципиально новым моментом в технологии обучения [10]. Многолетний опыт использования в ходе графической подготовки лекций-презентаций и демонстрационных поэтапных примеров решения задач выявил эффективные приемы подготовки учебной информации:

- системная организация учебного материала;
- краткий текстовый комментарий;
- фреймовая структура подачи материала;
- сочетание пространственной модели и плоского изображения;
- сопровождение информационного материала алгоритмом построения;
- использование целесообразной анимации, цветовых и динамических акцентов;
- подготовка печатных основ для составления конспекта и решения задач.

Большое значения для понимания излагаемого материала имеет свертка информации в виде краткой схемы, а также использование изложенной теории на практических примерах. На рис. 2 приведен фрагмент лекционного материала с использованием динамически активных слайдов по одной из трудно усвояемых студентами тем – «Пространственные и плоские преобразования».

Как уже было отмечено, фундаментом современной инженерной деятельности являются компетенции в области современных программ САД, которые позволяют создавать виртуальные параметрические моде-

ли твердотельных объектов. Отсюда раздел «Компьютерная графика» имеет практическую направленность современного процесса обучения графическим дисциплинам, и в программе обучения он представлен обязательным лабораторным практикумом. Данный вид учебной деятельности предполагает организовать первоначальную инструментальную подготовку обучаемых, чтобы дальнейшая самостоятельная работа студентов над учебными проектами была более приближена к профессиональным действиям. Поэтому отдельно необходимо остановиться на разработке эффективной методики формирования у студентов первоначальных навыков работы в графических средах. При ограниченном времени, отводимом в программе обучения на лабораторные занятия в компьютерном классе, студентам важно дать оперативные установки использования основного спектра возможностей редактора при графических построениях, подготовить рекомендации по рациональным алгоритмам проектирования 3D-объектов, продемонстрировать позволяемые компьютером вариативные способы решения задач геометрического моделирования.

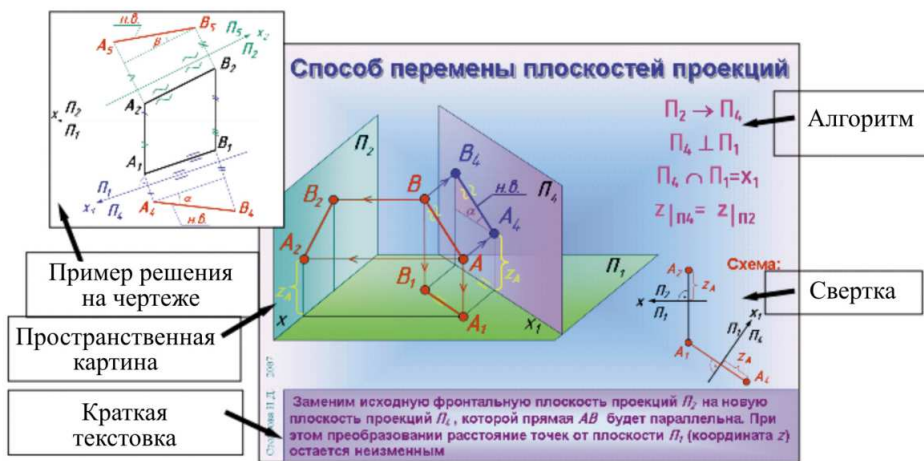


Рис. 2. Фрагмент подготовки лекционного материала

Для эффективного проведения лабораторных занятий разрабатываются пособия с наглядным поэтапным фреймовым руководством по выполнению соответствующих заданий в осваиваемой графической среде. На рис. 3 приведен пример электронного моделирования корпусной детали с пошаговым алгоритмом построения – текстовым и визуальным, показывающим результат выполненных действий на компьютере.

освоения профессиональных компетенций проектно-конструкторской деятельности.

Следует отметить, что сегодня существенно меняются сам процесс обучения и роль преподавателя. В соответствии с новыми учебными планами акцент в преподавании сместился в сторону самостоятельной работы студентов. Именно самостоятельная работа способствует развитию интеллекта студентов и их профессиональной пригодности. При этом сам преподаватель вместо демонстратора и контролера становится помощником и наставником студентов.

Для организации эффективной самостоятельной работы студентов необходима разработка учебных графических заданий с применением современных информационных технологий, включая наиболее востребованное в проектно-конструкторской практике 3D-моделирование. Исходные условия таких тематических заданий должны быть подготовлены таким образом, чтобы при их выполнении максимально был задействован функционал компьютерных технологий для всех разделов дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика».

Приведем примеры использования компьютерных технологий при выполнении студентами запланированной учебной программой самостоятельной работы.

В разделе «Начертательная геометрия», базирующемся на классической платформе 2D-моделирования, возможность использования компьютерных технологий ограничивается, как правило, получением качественного иллюстрационного графического материала. Для расширения сферы использования возможностей компьютерной графики и освоения студентами инструментальных компетенций САПР на кафедре подготовлены индивидуальные задания с элементами эвристической деятельности, выполняемые с использованием 3D-модели геометрического объекта. В работах [11, 12] представлены примеры нестандартной постановки и решения проблемных задач, входящих в комплект индивидуальных заданий студента и демонстрирующих синтез основных положений теоретических основ начертательной геометрии и возможностей современных инструментальных средств геометрического моделирования (в частности, программы КОМПАС).

Представим еще один вариант использования 3D-моделей при решении геометрических задач. Цель поиска такого варианта продиктована необходимостью использования инновационных технологий в обучении и желанием сохранить основные темы начертательной геометрии в программе

дисциплины при значительном сокращении учебных часов дисциплины для некоторых программ обучения, укладываемых в один семестр.

На рис. 4 приведен пример выполнения задания по трудно усвояемой студентами теме «Пересечение поверхностей», для выполнения которого необходимы базовые знания алгоритма построения линии пересечения заданных поверхностей. Но в отличие от традиционного 2D-представления рассматриваемой композиции используется виртуальная 3D-модель.

В этом случае наиболее трудоемкий этап работы – построение кривой пересечения – «выполняет» компьютер. Знание же студентом алгоритма построения кривой пересечения по точкам позволяет провести анализ полученной кривой, определив «обратным» поиском опорные точки линии (экстремальные, перемены видимости) в соответствии с известным алгоритмом. Результаты анализа студент оформляет в отчетной распечатке, выбирая наиболее наглядные для восприятия расположения модели композиции.

На рис. 4 выполнен анализ линии пересечения моделей конуса и сферы, с помощью метода секущих плоскостей найдены высшая и низшая точки линии пересечения, а также точки перемены видимости для вида сверху на данную композицию.

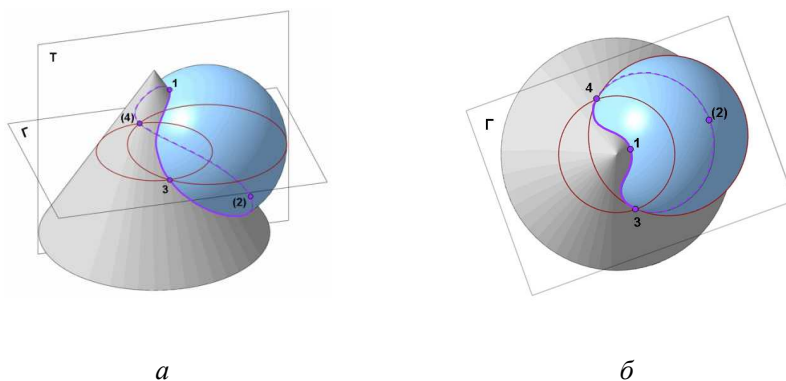


Рис. 4. Исследование линии пересечения поверхностей:
а – модель пересекающихся конуса и цилиндра;
б – демонстрация линии пересечения на виде сверху

Раздел «Инженерная графика» идеально настроен на практико-ориентированную учебную деятельность и широкое использование функционала компьютерных технологий в образовательном процессе.

предполагает использование алгоритмов геометрического моделирования при создании твердотельных моделей как структурных составляющих технического изделия, так и сборочной единицы в целом. На этом этапе студенту приходится активно использовать справочную информацию дополнительных электронных ресурсов Интернета или специально созданного ресурса учебного электронного справочника.

На рис. 6 приведен пример работы над проектом модели сборочной единицы «Блок роликовый», подробное описание которого имеется в [13]. В конструкции изделия имеются стандартные специализированные (подшипники) и крепежные изделия, которые подбираются на основании расчета и данных из электронной библиотеки.

3.1.2. ВИНТЫ

ВИНТЫ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ГОЛОВКОЙ

ГОСТ 7242-81*

3.2.3. ПОВЕРХНОСТИ ОПОРНЫЕ ПОД ВИНТЫ.
ГОСТ 12876-07, ГОСТ 11284-75

ГОСТ 7242-81*

Технические условия

Таблица 1

Д	В	h	Масса, мг
8	4	0,1	0,000
8	7	0,2	0,008
11	4	0,2	0,002

3.2.5. Соединение шпильки

3.2.6. Соединение шпильки

Рис. 6. Использование информации из электронных справочных ресурсов при выполнении учебного проекта

В процессе формирования профессиональных компетенций важнейшее значение имеет контроль знаний, умений, навыков, приобретаемых студентами в ходе учебного процесса. Результативность оценки во многом зависит от сочетания методов, средств и видов проверки, а также, что немаловажно, от содержания контролирующих заданий. С активным использованием компьютерных технологий при обучении появляется необходимость совершенствования мониторинговых процедур контроля – от модернизации содержания контролирующих заданий до организации

тестовых мероприятий и анализа получаемых данных. Комплекс разработанных процедур контроля охватывает достаточно полно все ожидаемые компоненты геометро-графических компетенций, в том числе и те, которые касаются раздела компьютерной графики.

Хорошо зарекомендовала себя при текущем контроле успеваемости процедура оценки знаний и умений студентов посредством автоматизированного тестирования. Многолетний опыт применения электронной системы контроля позволил выработать ряд приемов, который исключает систему простого угадывания верного ответа. С этой целью применяются вопросы различных типов: не только один из многих, но и на соответствие, многие из многих. Также применяется система штрафов, когда за неверный ответ начисляются отрицательные баллы. Поскольку тесты предназначены для графических дисциплин, то в вопросах и ответах используются графические контенты. Для дифференциации уровня подготовленности студентов имеются тестовые задания различного уровня сложности. Подготовлены тесты как для самоконтроля студентов через Интернет, так и для рубежного контрольного тестирования по окончании учебных модулей [14].

На рис. 7 продемонстрированы примеры тестовых заданий различного типа по популярным темам «Поверхности» и «Изображения». При создании тестов используются как объемные модели, так и плоские изображения объектов. Использование 3D-объектов позволяет не только понять суть выполняемого задания, но и мотивирует студентов к освоению возможностей 3D-моделирования, широко применяемого при освоении программы графической подготовки студентов университета.

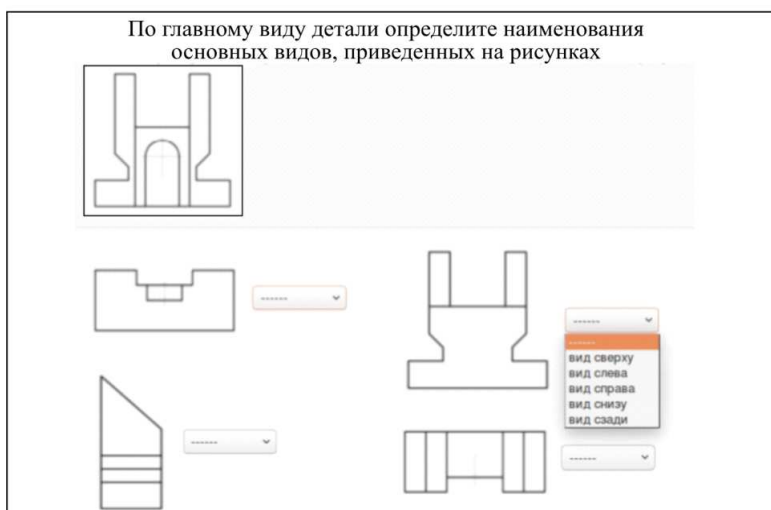
Проблемной задачей остается (в связи с сокращением академических часов обучения) организация контролирующих мероприятий, оценивающих достижения студентов при самостоятельном выполнении индивидуальных графических заданий проектной направленности и учебных проектов. При оценке тематических заданий должна учитываться как профессиональная составляющая учебной деятельности (программный материал), так и инструментальная поддержка этой деятельности, обеспечивающая в значительной мере достижение запланированного уровня компонентов профессиональных компетенций (умений, владений).

В настоящее время при оценке инструментальной составляющей графической подготовки используется в основном только сам факт выполненного задания с использованием компьютера или учитывается временной фактор (оценивается время выполнения или объем заданий, выпол-

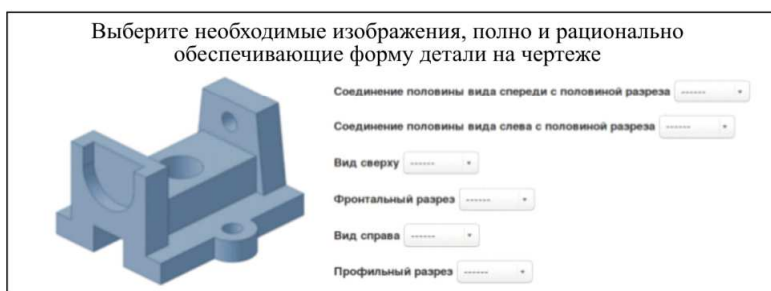
ненных за определенный период времени). Необходимо при оценке качества создаваемых студентами, например, 3D-моделей изделий и конструкторской документации к ним ввести процедуру оценивания оптимальности и параметрической точности выполнения реализуемого алгоритма построения модели. Только при такой оценке можно установить уровень владения обучаемыми технологиями твердотельного моделирования.



а



б



в

Рис. 7. Тестовые задания различных типов: *а* – один из многих; *б* – на соответствие; *в* – множественные ответы

Для проверки качества выполнения студентами учебных заданий по построению 3D-объектов авторами применяется текущий параметрический «экспресс-контроль», позволяющий быстро оценить оптимальность и точность проделанной студентом работы. Например, при создании 3D-модели сложной по форме технической детали, приведенной на рис. 8, в качестве контролируемых выбраны параметры: параметр A^* , определяющий выполнение формообразующих геометрических построений (сопряжений), и параметр B^* , указывающий на точность поиска стандартных значений диаметров отверстий под крепежные детали.

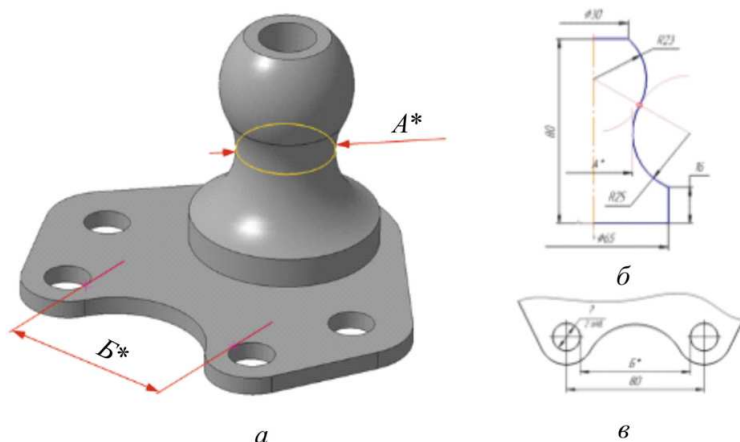


Рис. 8. Создание 3D-модели детали: *a* – общий вид модели (A^* , B^* – скрытые контролируемые параметры); *б* – схема контроля геометрических построений (A^*); *в* – фрагмент эскиза для контроля точности подбора справочных параметров (B^*)

Здесь основным носителем оценки работы является заранее подготовленное и скрытое от студента контролирующее значение назначенного параметра, не входящего в размерную сетку объекта, но рекомендованное студенту к его определению. Преподаватель по этому значению может легко и быстро проверить правильность реализованного студентом алгоритма построения модели.

Дополнительно точность построения моделей с заданными геометрическими параметрами, выполненных студентами самостоятельно по индивидуальным заданиям, можно проверять по известным для преподавателя значениям массовых или объемных характеристик, которые легко вычисляются в системах САПР.

Приобретение студентами навыков проектирования в системе САПР на начальном этапе их обучения проектно-конструкторской дея-

тельности позволит более успешно в дальнейшем выполнять курсовые и дипломные проекты, а также проектно-конструкторские и исследовательские работы по заказу предприятий.

Заключение

В данной работе приведена общая модель геометро-графической подготовки студентов инновационной направленности, ядром которой является использование возможностей компьютерных технологий широкого спектра. Реализация данной модели и учет функциональных особенностей применяемых технологий позволили повысить эффективность образовательного процесса на пути обеспечения качества обучения студентов. Можно отметить следующие достоинства применяемых подходов.

– Удалось создать среду обучения, максимально приближенную к производственным условиям проектно-конструкторской деятельности.

– Широкое применение компьютерных технологий усилило позиции интегративности отдельных разделов графической подготовки и повысило эффективность всех видов учебной деятельности.

– В условиях сокращения часов, отводимых в учебных планах на изучение дисциплины, формирование у студентов геометро-графической компетентности реализуется за счет комплексных обучающих заданий, сочетающих профессиональную направленность и инструментальную подготовку на основе использования систем САПР.

– Применение автоматизированного контроля достигаемых образовательных результатов в ходе освоения образовательной программы позволило проводить оперативный мониторинг качества учебного процесса и своевременно оказывать при необходимости корректирующие воздействия на уровень подготовленности студентов.

– Организация самостоятельной работы студентов с использованием графических систем САПР вызвала необходимость внедрения новых процедур оценки формируемых профессиональных компетенций, таких как параметрический контроль выполненных студентами индивидуальных заданий и учебных проектов.

– Организация электронного образовательного пространства для студентов младших курсов с целью сближения технологий обучения с современными технологиями проектирования показала положительный результат, что определилось итогами контролируемых мероприятий.

Непрерывное информационное развитие современных технологий проектирования требует своевременного обновления образовательных

программ и совершенствования технологий обучения. Безусловно, созданная интегрированная информационная обучающая система, направленная на формирование геометро-графической компетентности будущих специалистов в области техники и технологии, требует новых исследований и дальнейшей адаптации к изменяющимся условиям функционирования проектно- конструкторской деятельности.

Список литературы

1. Петрунева Р.М., Топоркова О.В., Васильева В.Д. Учебное инженерное проектирование в структуре подготовки студентов технического вуза // Высшее образование в России. – 2015. – № 7.– С. 30–36.

2. Гузненков В.Н. Преподавание информационных технологий в графических дисциплинах технического университета // Открытое образование. – 2013. – № 1. – С. 4–7.

3. Амирджанова И.Ю., Виткалов В.Г. Современное состояние развития геометро-графической культуры и компетентности будущих специалистов // Вектор науки ТГУ. – 2015. – № 2–2. – С. 26–31.

4. 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.

5. Столбова И.Д. Компьютерная графика – основа графической подготовки студентов // ГРАФИКОН'2016: тр. 26-й Междунар. науч. конф. – 2016. – С. 342–346.

6. Дворецкий С.И. Муратова Е.И. Система подготовки инженера XXI века и дидактические условия ее реализации // Инженерное образование в XXI веке: материалы II Рос. сем. по инженер. образованию. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. – С. 91–97.

7. 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. – С. 106–113.

8. О создании учебно-методического комплекса для сопровождения графической подготовки студентов /И.Д. Столбова, Е.П. Александрова, М.Н. Крайнова, Л.В. Кочурова // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3, № 2. – С. 29–37.

9. Организационно-методическое сопровождение уровневой графической подготовки студентов технического вуза / Е.П. Александрова, Л.В. Кочурова, М.Н. Крайнова, И.Д. Столбова // Проблемы качества

графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2015. – Т. 1. – С. 389–402.

10. Столбова И.Д., Дударь Е.С. Инновационные подходы к подготовке лекционного материала: конспект или видео // *Alma mater (Вестник высшей школы)*. – 2008. – № 6. – С. 29–35.

11. 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.

12. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Инновационные подходы при обучении геометрическому моделированию // *Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации*. – 2014. – Т. 1. – С. 109–119.

13. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Практическая реализация проектно-ориентированной деятельности студентов в ходе графической подготовки // *Открытое образование*. – 2015. – № 5. – С. 55–62.

14. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Крайнова М.Н. Модульная технология управления предметной подготовкой студентов // *Университетское управление: практика и анализ*. – 2012. – № 5 (81). – С. 88–95.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ (СТАНДАРТЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕГЛАМЕНТЫ, СЕРТИФИКАТЫ)*

**Горнов Александр Олегович,
Сергиевский Юрий Николаевич**

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
(Московский энергетический институт), Москва, Россия

В докладе дан обзор исторических аспектов и современной нормативной и организационной базы системы технического регулирования в Российской Федерации и странах Евразийского экономического союза. Рассмотрены некоторые аспекты ее функционирования в сфере проектирования, производства и контроля качества продукции.

Ключевые слова: техническое регулирование, технический регламент, стандарт, сертификация, геометро-графическая подготовка.

TECHNICAL REGULATION SYSTEM (STANDARDS, TECHNICAL REGULATIONS, CERTIFICATES)

**Gornov Alexander Olegovich,
Sergiyevsky Yury Nikolaevitch**

Moscow Power Engineering Institute (MPEI)

The report covers the historical aspects and modern state of technical regulation system, its normative and organizational basic in RF and Eurasian Community. Some aspects of its operation in design, production and quality control areas are observed.

Keywords: technical regulation, standard, certification, geometro-graphic training.

У сферы графогеометрической подготовки, реализуемой кафедрами инженерной графики, есть несколько «линий пересечения» с так называемой **системой технического регулирования**. Это сравнительно новое понятие для российской проектно-конструкторской, производственной и рыночной практики является оболочкой для системных нормативных положений в области техники, технологий, в частности стандартов ЕСКД, и одним из регуляторов торговых отношений на рынках соответствующих товаров и услуг. На законодательном уровне система технического регулирования сложилась в России лишь в начале XXI в., хотя её фактические признаки можно обнаружить еще в XV в.

* Авторы благодарны А.Ю. Губареву за полезную информацию к докладу.

Действующий в Российской Федерации Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ формулирует её как деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленную на достижение упорядоченности в сферах проектирования, производства и обращения продукции, повышения её конкурентоспособности, эффективности работ или услуг.

Данное определение предусматривает три аспекта: правила, устанавливающие и регулирующие порядок применения продукции, услуг или процессов, связанных с ними (**технические регламенты**); нормативные требования к объектам технического регулирования и услугам и документации к ним (**стандарты**); определение процедур **подтверждения соответствия** продукции и услуг этим требованиям (**сертификация**).

Известные исторические факты, относящиеся к элементам технического регулирования, берут начало в древних цивилизациях. Характерным примером является использование стандартных размеров строительных конструкций в Древнем Египте, водопроводных труб в Древней Греции и Риме, деталей судов в Венецианской республике, калибров пушечных ядер (XVI в.) и сортамента муки на Руси. В начале XVII в. ржаная мука на Руси разделялась на 26 сортов, пшеничная – на 30, в соответствии с сортом определялась цена на хлеб, соблюдение которой контролировалось правительством.

Первые стандарты, связанные с геометрией изделий в России, относились к объектам военной техники. Были стандартизированы внутренние диаметры стволов орудий ядер для них. Эти стандарты появились при Иване Грозном и развиты во времена Петра I. Стандарты в области стрелкового оружия истари позволяли Тульскому оружейному заводу выпускать ружья с взаимозаменяемыми замками.

Во всех случаях стандартизация способствовала повышению эффективности производства и успешной торговли и в конечном счете более полному удовлетворению потребностей общества.

Но это была еще не нормативная система, а **фактическая стандартизация**, которая и сейчас **предшествует официальной**. В отличие от первой она, как правило, предполагает подготовительную работу, организационные мероприятия, законодательные акты, а затем официальный выпуск каких-либо стандартов в установленной форме, регламентирующей условия их применения и сроки действия. Фактическая стандартизация – непрерывный процесс, продолжающийся и после официальной

стандартизации. Эти характерные процессы существуют и сегодня, но в современных условиях не затягиваются на столетия.

Понимание сущности и перспектив стандартизации, фрагментарно реализуемой на протяжении веков отдельным производителями, отраслями или даже странами в XIX в., с появлением телеграфа как средства связи трансформировалось в осознание необходимости её распространения в более широком, мировом масштабе.

Первым событием, официально ознаменовавшим начало этого процесса, было принятие Международной телеграфной конвенции, Регламента телеграфной связи. В 1865 г. в Париже 20 государствами, включая Россию, одновременно основан Международный телеграфный союз, который в дальнейшем получил название «Международный союз электросвязи» – МСЭ (International Telecommunication Union, ITU). Фундаментальные принципы, заложенные изначально этой организацией, – **добровольность участия и применения разработанных ею стандартов** актуальны и действуют сегодня.

Другим ключевым моментом, связанным со стандартизацией в мировом масштабе, но имеющим межотраслевой характер, является утверждение в 1875 г. представителями 17 государств, в том числе России, Международной метрической конвенции, а затем учреждение Международных бюро и комитета мер и весов.

Наиболее значимым событием в области стандартизации в электротехнике явилось основание в 1906 г. Международной электротехнической комиссии, МЭК (International Electrotechnical Commission, IEC) – первой международной некоммерческой организации по стандартизации и именно в области электрических, электронных и смежных технологий. Изначально МЭК способствовала развитию и распространению стандартов единиц измерения, которая в конечном счёте стала Международной системой единиц (СИ).

Наконец, в 1946 г. 25 национальных организаций по стандартизации создали Международную организацию по стандартизации ИСО (International Organization for Standardization, ISO). СССР был одним из основателей организации, постоянным членом её руководящих органов. Дважды представитель Госстандарта СССР избирался председателем организации. Россия стала членом ИСО как правопреемник СССР, а 2005 г. вошла в Совет ИСО. Сфера деятельности ИСО охватывает вопросы стандартизации во всех областях, кроме электротехники и электроники, относящихся к компетенции МЭК. Некоторые виды работ вы-

полняются совместными усилиями этих организаций. Кроме стандартизации ИСО занимается и проблемами сертификации, т.е. нормативной системой, определяющей условия и методы проверки фактического соответствия тех или иных характеристик технического объекта или услуг, заявленных производителем.

ИСО определяет свои задачи как содействие развитию международной стандартизации и смежных видов деятельности с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развития сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях. Эмблемы этих международных организаций по стандартизации приведены на рис. 1.

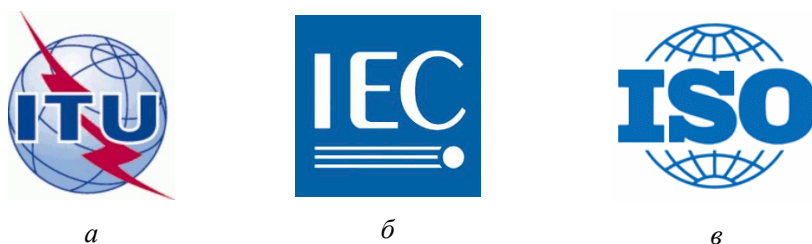


Рис. 1. Эмблемы международных организаций по стандартизации:
а – МСЭ; *б* – МЭК; *в* – ИСО

Россия принимала активное участие во всех этапах становления международной стандартизации. После событий 1917 г. развитие национальной системы стандартизации характеризовалось последовательным системным и её жестким внедрением в условиях закрытой централизованной экономики СССР и может быть отмечено следующими вехами.

В 1918 г. был принят Декрет Совета Народных Комиссаров «О введении международной системы мер и весов» и осуществлен переход на международную систему мер, при этом в качестве основных единиц измерения были приняты метр и килограмм.

В 1925 г. создан первый государственный орган, отвечающий за стандартизацию – Комитет по стандартизации при Совете труда и обороны, который руководил ведомствами, занимающимися стандартизацией, а также вводил в обращение утвержденные стандарты. В 1926 г. Комитет разработал первые общесоюзные стандарты (ОСТ) на селекционные сорта пшеницы, чугун, прокат из черных металлов и на некоторые товары народного потребления.

Процессы разработки и расширения практики применения различных стандартов относительно собственно товаров и услуг требовал **адекватной стандартизованной системы фиксации, распространения и хранения этих стандартов и норм**. Без неё невозможно постоянное фактическое воспроизводство требований стандартов во времени и пространстве, т.е. в разных аспектах нормативных коммуникаций в области техники и технологий. Первые в России 14 стандартов, регламентирующих форму представления и документирования информации об изделии – чертежи и другую конструкторскую документацию, появились в 1925 г. Разработаны они были специальной комиссией под руководством профессора А.С. Саверина. В них были определены размеры форматов, расположение видов на чертежах, обозначение допусков и др. В конце 40-х гг. в СССР был подготовлен и вышел сборник «Чертежи в машиностроении», который содержал уже 22 стандарта и в котором более широко была представлена регламентация различных сторон оформления конструкторской документации на изделия машиностроения.

В 1940 г. ЦК ВКП(б) и Совнарком СССР отменили порядок утверждения стандартов отдельными наркоматами, и при Совнаркоме был создан Всесоюзный комитет по стандартизации. Вместо ОСТов и различных отраслевых стандартов была введена категория – государственный общесоюзный стандарт (ГОСТ). В дальнейшем Всесоюзный комитет по стандартизации был преобразован в Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете министров СССР.

С 1967 г. после длительной разработки начато внедрение комплексной нормативной системы конструкторской документации, получившей название «Единая система конструкторской документации». Комплексу стандартов ЕСКД был присвоен номер второго государственного стандарта – ГОСТ 2. Он устанавливал взаимосвязанные правила и положения относительно разработки, оформления и обращения конструкторской документации и предполагал и предполагает непрерывное развитие.

В 1968 г. в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 11.01.1965 г. «Об улучшении работы по стандартизации в стране» **впервые в мировой практике** был утвержден комплекс государственных стандартов «Государственная система стандартизации» (ГСС). Согласно ГОСТ 1.0-68 были введены четыре категории стандартов: государственный стандарт Союза ССР (ГОСТ), республиканский стандарт (РСТ), отраслевой стандарт (ОСТ), стандарт предприятия (СТП).

Изменение политической и экономической системы на территории бывшего СССР вызвало сначала нарушение слаженно работавшего механизма стандартизации, а затем его деформацию в двух объективно обусловленных направлениях. С одной стороны, стало необходимым согласование наших принципов стандартизации со сложившейся в условиях рыночной экономики международной системой стандартизации, а с другой – обеспечить защиту в новых условиях экономических интересов, образовавшихся после распада СССР государств.

В 1992 г. правительства государств-участников СНГ подписали Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, в соответствии с которым был создан Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, в задачу которого входила организация работ в этих направлениях на межгосударственном уровне.

В 1993 г. принят Закон РФ «О стандартизации», который определил меры государственной защиты интересов потребителей посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации. **С введением этого Закона был осуществлен переход от всеобщей обязательности стандартов к стандартам, содержащим как обязательные, так и рекомендуемые требования. Эта тенденция получила продолжение через 10 лет: в 2003 г. начался переход к практике полностью добровольного применения стандартов.** Некогда законодательная норма «Несоблюдение стандартов преследуется по закону» уже давно не предусматривает содержание стандартов.

В период 1993–2001 гг. развивалась межгосударственная стандартизация, активизировались работы по гармонизации российских стандартов с международными в связи с подготовкой к вступлению в ВТО, продолжалась разработка государственных стандартов на продукцию и услуги, подлежащие обязательной сертификации; внедрялись международные стандарты ИСО серии 9000 и создавались отечественные системы качества, соответствующие этим стандартам.

Экономическая интеграция стран СНГ продолжалась с разной степенью интенсивности, и в декабре 2014 г. реализовалась в создании Евразийского экономического союза ЕЭС (ранее Таможенного союза и Единого экономического пространства). Как известно, высшим органом ЕЭС является Высший Евразийский экономический совет, представленный главами государств-участников (Армения, Белоруссия, Казахстан, Киргизия, Россия).

В 2002 г. принят Федеральный закон «О техническом регулировании», вступивший в силу с 01.07.2003 г. Принятие данного Закона по-

ложило начало большой работе по реорганизации системы стандартизации, которая была необходима для вступления России в ВТО и устранения технических барьеров в торговле. Закон предусматривает введение и повсеместное использование **Технических регламентов (ТР)**, которые устанавливают обязательные (в отличие от ГОСТ, ИСО, ТУ и т.п., имеющих добровольное применение) требования. Технические регламенты **могут иметь силу закона** на территории одной страны, например, Российской Федерации (Р) или сообщества, например, Таможенного союза (ТС). К примеру, в области электротехнической продукции – это следующие регламенты, действующие с 01.02.2013 г.:

ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования»;

ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»;

ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

Сознательный, полный или неполный, учет производителем товаров и услуг тех или иных стандартов автоматически означает **принятие им на себя рисков**, связанных с ограничением возможностей производственной и рыночной кооперации, его отраслевым имиджем и конкурентоспособностью продукции на внутреннем и международном рынках.

Технические регламенты предполагают **принятие производителем социальной ответственности** за безопасность использования обществом этих товаров и услуг и тоже на основе соответствующих норм и правил.

Подтверждение соответствия продукции требованиям ТР осуществляется в форме либо **сертификации**, либо декларирования соответствия, в зависимости от вида продукции, что определяется содержащимся в ТР перечнем. При этом используются требования непосредственно из текста ТР либо из стандартов, включенных в его Перечень. При положительной пройденной процедуре подтверждения соответствия продукции присваивается единый знак обращения (например, на рынке государств-членов Таможенного союза в случае соответствия требованиям ТР ТС – знак, изображенный на рис. 2), оформляется пакет документов, в том числе документация производителя (паспорт, эксплуатационная документация), протоколы испытаний, сертификат; орган сертификации вносит продукцию в реестр и назначает сроки инспекционного контроля.

В порядке небольшого отступления заметим, что анализ знаков, связанных с визуальной фиксацией соответствия изделий той или иной системе стандартов или соответствий, – отдельная и интересная тема в рамках промграфики. Но авторы единодушны в высокой оценке знака

евразийского соответствия (см. рис. 2, в), с недавних пор сопровождающего товары на рынке таможенного союза и на российском, в частности. Его отличают простота и строгость, легкость восприятия за счет четкой модуляции и пропорционирования элементов букв и их композиции. Все это обеспечивает быстрое обнаружение, выделение и чтение знака среди других, размещенных на товаре или упаковке.

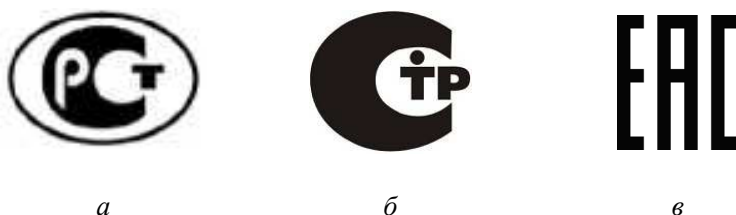


Рис. 2. Различные знаки соответствия требованиям техрегламентам и стандартам: *а* – ГОСТ Р; *б* – ТР РФ; *в* – ТР ТС

Действие конкретного технического регламента определяется некоей определенной сферой. Например, упомянутый выше технический регламент ТР ТС 010/2011 распространяется на все электрическое оборудование на номинальное напряжение от 50 до 1000 В переменного тока и от 75 до 1500 В – с постоянным напряжением, за исключением оборудования специфического назначения. К нему в данном случае относится электрооборудование устройств медицинского, лифтового и грузоподъемного, оборонного, транспортного назначения, а также работающего во взрывоопасной среде и реакторных установках, на которые распространяются другие регламенты.

Соответствие конкретному регламенту является необходимым, но не достаточным условием обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза. При подтверждении соответствия продукции данному регламенту, а также другим регламентам, действие которых может распространяться на неё, продукция допускается к выпуску в обращение и маркируется знаком ЕАС, представленным на рис. 2, в. Он расшифровывается как евразийское соответствие (Eurasian Conformity). Оборудование, не маркированное единым знаком обращения на рынке государств-членов Таможенного союза, не допускается к обращению на его рынке.

Процедура подтверждения соответствия техническим регламентам может проходить в разной форме в зависимости от вида продукции. Например, для продукции, включенной в Перечень, приведенный

в приложении к данному техническому регламенту, применяется **обязательная сертификация** по одной из схем в зависимости от серийности объекта (серийный, партия, единичное изделие). При сертификации используются стандарты.

Продукция, не включенная в Перечень, проходит подтверждение соответствия в **форме декларирования**, которое так же, как и обязательная сертификация, проводится по различным схемам. Декларирование подкрепляется собственными документированными доказательствами или доказательствами, полученными с участием аккредитованной испытательной лаборатории (центра), органа по сертификации систем менеджмента качества, включенных в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза.

По желанию Заявителя продукция, не входящая в Перечень приложения к ТР, может пройти добровольную сертификацию по вышеприведенным правилам.

При подтверждении соответствия продукции используется перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза.

Как сертификат соответствия, так и декларация о соответствии подлежат регистрации в соответствии с законодательством Таможенного союза. Действие декларации начинается со дня ее регистрации.

Стандарт на техническую документацию, физическую меру, технический объект – средство стимулирования дальнейшего прогресса, **а не консервации** каких-либо положений и требований. **Идея абсолюта и канона чужда его существу.** Стандарт – это фиксация нижнего на данный момент уровня качества изделия или какой-либо нормы. Он аналогичен по назначению идеальному полупроводнику или храповому механизму: допускать изменения только в одном направлении – повышения качества, эффективности и безопасности продукции и услуг [1].

«Либерализация» применительной практики стандартов, её рекомендательный характер направлены на снятие излишних ограничительных рамок на факторы, так или иначе влияющие на развитие техносферы. Более того, можно говорить, что это отражение общих тенденций неизбежной демократизации общественных процессов, приводящих, как показывает историческая ретроспектива, к естественной активизации различных сфер общественной жизни, раскрытия творческого потенциала отдельных личностей, ускорения прогресса.

В процессе проектно-конструкторской деятельности между разработчиками технической документации и оценщиками её «соответствия» стандартам – нормоконтролерами существуют отношения как между студентами и преподавателями при предъявлении учебных работ.

Не претендуя на широкие обобщения, приведем косвенные оценки качества, предъявляемые к сдаче профессионально подготовленной конструкторской документации. Так, по данным нормоконтролеров-практиков, около 50 процентов поступившей в отдел документации требуют той или иной нормативной коррекции. Правда, доля документа, содержащего отклонения от ЕСКД, не так велика – всего 5–7 процентов. При этом неточности и ошибки, связанные с изображениями, составляют примерно 50 процентов, а коррекции в текстовой части требуют 60 процентов из этого объема. Как правило, это терминологические неточности и неоднозначности тех или иных трактовок.

Современные информационные технологии неизмеримо повысили точность и скорость трансляции разного вида конструкторской информации на всех стадиях жизненного цикла технического объекта. На этой основе возникли технологии так называемого «параллельного инжиниринга», т.е. перехода от последовательного процесса проектирования-конструирования к параллельному [6]. В свою очередь, это требует **унификации стилей работы разработчиков в конкретном пакете или приложении САПР**, поскольку они взаимодействуют на основе одной и той же электронной модели. Человек как промежуточное звено постепенно вытесняется из цепи формальных операций и процедур в цепи проектирование – производство, в частности, за счет исключения твердых копий конструкторской документации как межоперационных носителей информации о моделях технических объектов.

Постоянное совершенствование технологий проектирования, конструкций технических объектов и технологий формообразования (разнообразное литье, ... 3D-печать) повышает динамику смены моделей технических объектов, определяет появление уникальных по форме, понижает долю стандартизированных и унифицированных объектов. Эти факторы в той или иной степени **влияют на их геометрический облик и характеристики**. Как правило, интегрируются отдельные элементы типовых геометрических форм, формообразующие поверхности усложняются, **как следствие, усложняя модели их визуального представления и документирования в рамках КД**. Это не может не отражаться на учебных заданиях и технологии инженерной графики, отдельных нормативах

документирования. Конечно, наиболее непосредственно эту связь ГПП с системой технического регулирования определяют стандарты ЕСКД.

С позиций компетентностного подхода в рамках ГПП и духа положений технического регулирования стандарты надо трактовать не как догму, а как временную норму, показывая при этом пути и цели её совершенствования. Поэтому, с одной стороны, ГПП опирается на действующие стандарты ЕСКД, а с другой – предполагает анализ возникающих противоречий в процессе современной и динамичной практики ПКД, необходимость пояснения студентам пути их разрешения. Авторы КПП не раз поднимали проблемы, связанные с этим и медленной реакцией органов стандартизации на реалии, с застывшими представлениями о формировании технических изображений, особенно учитывая давно утвердившие себя разнообразные технологии компьютерной графики. В этом отношении актуальна работа по обобщению и унификации терминологии и понятий, инвариантных традиционной и компьютерной графике [3, 4, 5].

В свете упомянутых ранее непрерывных процессов фактической стандартизации можно указать на утверждение в проектной практике электронных 3D-моделей деталей и сборочных единиц. Это произошло до фиксации их как конструкторских документов в ГОСТ 2.103-2013, в котором ЭМД стоит первой в перечне видов КД и является обязательной в составе рабочей документации. Более того, ЭМСЕ, хотя и не в статусе обязательной, но по согласованию, ГОСТом предусмотрена на всех проектных стадиях и в составе рабочей документации. Передача проектной документации уже повсеместно осуществляется в электронной форме.

Органы стандартизации регулярно выпускают информационные бюллетени (от одного листа и более), которые ежегодно компонуются в ежегодные информационные указатели стандартов объемом 3–4 тома.

В рамках локальных, замкнутых циклах разработки и изготовления продукции на малых предприятиях часто отмечается практика опоры на внутренние стандарты-нормали как в области компонентов самих изделий, так и форм «внутреннего» документирования. При этом возросла роль технического регулирования в части сертификации их продукции для допуска на рынок.

В целом преобразования последних лет в сфере технического регулирования в Российской Федерации позволили сформировать её обновленную законодательную базу. Сняты излишние нормативные ограничения в области проектирования, производства и обращения технических изделий на внутреннем и внешнем рынках. Это стимулятор для развития

и инноваций в сфере малого и среднего предпринимательства. Созданная система позволяет прозрачно и объективно оценивать безопасность и пригодность продукции, более эффективно препятствовать появлению на рынке некачественной и небезопасной продукции. Созданы благоприятные юридические и нормативные условия для расширения торгово-экономического взаимодействия стран евразийского региона.

Список литературы

1. Кохтев А.А. Основы стандартизации в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1973. – 352 с.
2. Куликов В.П. Стандарты инженерной графики. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2007. – 240 с.
3. Стандарты ЕСКД как основание для обновления структуры и содержания графической подготовки в техническом вузе / В.К. Вольхин, А.А. Головнин, Т.В. Маркова, А.А. Токарев // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: материалы II науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – С. 87–96.
4. Столбова И.Д., Шахова А.Б. Графическая подготовка и современное состояние стандартов единой системы конструкторской документации // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы IV Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 85–95.
5. Головнин А.А., Горнов А.О. Размышления о сути и трактовке некоторых понятий в инженерной графике // 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. – С. 490–510.
6. Усанова Е.В. Вопросы проектирования геометро-графической подготовки в контексте технологий параллельного инжиниринга // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: материалы II Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – С. 75–81.

ВЫБРАННЫЕ МЕСТА ИЗ ПЕРЕПИСКИ С ВЛАСТЯМИ

Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич

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

Тозик Вячеслав Трофимович

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург

Анализируется ситуация с обращением участников конференции в правительственные органы с поддержкой инициативы ведущих отраслей промышленности по улучшению качества инженерного корпуса и графической подготовки в средней школе.

Ключевые слова: бакалавриат, магистратура, инженерная графика, Минпромторг, Минобрнауки, ВПК.

SELECTED PASSAGES FROM CORRESPONDENCE WITH THE AUTHORITIES

Tikhonov-Bugrov Dmitrii Evgenievich

Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov

Tozik Vyacheslav Trofimovich

TMO University (Saint Petersburg National Research University of Information
Technologies, Mechanics and Optics)

We analyze the situation with the treatment of participants in government agencies to support initiatives leading industries to improve the quality of the engineering corps and graphic preparation in high school.

Keywords: undergraduate, graduate, engineering graphics, Ministry of Industry, Ministry of Education, the MIC.

*Наш народ умён, он растолкует, не ломая головы,
даже то, что приводит в тупик умников.
Н.Гоголь. «Выбранные места из переписки с друзьями»*

Анализ материалов большинства научно-методических конференций, посвящённых проблемам геометро-графической подготовки в высшей школе, даёт основание выделить две большие проблемы: негодная базовая (школьная) подготовка абитуриентов; катастрофическая нехватка временных ресурсов для обеспечения качественной подготовки.

Почти все кафедры, осуществляющие графическую подготовку, проводят входное тестирование, которое показывает, что не более двадцати процентов принятого на обучение контингента готово изучать графику. Тут и недостаточные знания и умения в области элементарной геометрии, определяемые спецификой ЕГЭ и технологиями преподавания предмета и, конечно, отсутствие черчения (основ графической культуры) в основной школьной программе.

В этой ситуации каждый вуз выкручивается, как может. А именно: отрывает время от основной программы для ликвидации погрешностей базовой подготовки; устраивает бесплатные дополнительные занятия за счёт увеличения нагрузки и так перегруженных преподавателей, попутно решая задачу: как загнать на эти занятия «желающих»; устраивает платные занятия, входя в конфликты с надзорными органами.

Невозможно представить, как можно подготовить по графике даже прикладного бакалавра (читай техника) за один семестр в таких условиях. Участники прошлогодней конференции выразили сочувствие астраханским коллегам, попавшим именно в такую ситуацию. Понятно, что выход здесь один – упор на самостоятельную работу, уменьшение объёма заданий. При этом нечего мечтать о каком-то качестве. Контингент первокурсников в основной своей массе не обучен приёмам организации самостоятельной работы, да и недостаточно мотивирован. Засилье такого бакалавриата не может являться базой для магистратуры. Да и соответствующей инженерной магистратуры пока не наблюдается.

Проблема недоученного инженера давно волнует передовые отрасли отечественной промышленности. Волнует постоянное сокращение специалитета. В Санкт-Петербурге многие вузы уже не готовят специалистов, а перешли полностью на двухступенчатую систему подготовки. Некоторые пошли ещё дальше и намереваются готовить только магистров на базе сторонних бакалавров.

Эти тенденции заставили представителей РАН, Роскосмоса, Росатома выступить с предложениями о замораживании процесса сокращения специалитета и формировании бакалавриата с увеличенным сроком обучения, введения инженерной магистратуры. Сюда же стоит добавить и озабоченность ВПК отсутствием черчения в средней школе.

Указанные тенденции не оставили равнодушными и участников данного форума. Было принято решение обратиться с письмами в вышестоящие организации в поддержку указанной выше инициативы ведущих научных и промышленных предприятий обратить внимание на

отсутствие качественной графической подготовки в школе в форме курса «Основы графической культуры».

Правда, стоит сказать, что отношение к такой петиции не было единодушным. Его можно разделить на три позиции. Первая – скептики, считающие, что это бесполезно. Вторая – те, кто придерживался принципа: как бы чего не вышло. При этом выдвигались нелепейшие аргументы против (не хочется даже приводить примеры) составления и отправки письма. Третья – те, кто придерживается жизненного принципа: капля камень точит.

Именно сторонники третьего мнения и составили известное письмо. Авторы благодарны А.О. Горнову, Л.А. Шацилло, Е.В. Усановой, Н.А. Салькову, Б.М. Славину, В.И. Вышнепольскому, И.Д. Столбовой, А.Б. Шаховой и многим другим за составление и редактирование текста послания.

Основаниями для выбора адресатов явились следующие события.

- ◆ Выступление министра промышленности и торговли Д.В. Мантурова перед студентами в Волгограде в сентябре 2014 г. с лекцией «Современное инженерное образование» [1].

- ◆ Парламентские слушания по вопросам образования 18 февраля 2016 г. под председательством руководителя профильного комитета В.А. Никонова [2].

- ◆ Совещание ВПК под председательством вице-преьера Д.А. Рогозина.

Обратим внимание на некоторые важные особенности данных мероприятий, которые нам понадобятся в дальнейшем.

Д.В. Мантуров озвучил десять трендов в современном промышленном производстве.

Тренд 1. В следующие 20 лет успешность производственных предприятий будет определяться тем, насколько они вовлечены в процессы технологического обновления и используют технологические прорывы. Среди прорывных направлений указаны: компьютерный инжиниринг, промышленный дизайн, системная инженерия, новые материалы, в том числе новое поколение композитов. Нелепо думать, что эффективная деятельность в указанных областях по плечу бакалаврам.

Тренд 2. Разрыв в существующем спросе промышленности на инженеров и кадровом предложении сохранится. Приводится пример по 2012 г., в котором кадровый дефицит в промышленности составил 25 тысяч человек. Однако если проследить тенденции изменения количества специалистов, потребных для обеспечения нужд организаций

оборонно-промышленного комплекса (данные будут приведены ниже), то можно заметить, что правительство не планирует увеличения подготовки специалистов аж до 2019 г.

Тренд 3. Меняются требования к компетенциям современного инженера. Инженер становится специалистом-универсалом. Опять вопрос. Не так давно речь шла о том, что нам нужны узкие специалисты и грамотные потребители. Признаём, что были не правы?

Тренд 4. Инженерные образовательные программы меняются под задачи производственного сектора. Заметим, что эта тенденция не может и не должна влиять на сокращение объёма графической подготовки.

Тренд 5. Технологии компьютерного инжиниринга (КИ) становятся ключевыми для большинства отраслей промышленности. Роль дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» в этом процессе неоспорима.

Тренд 6. Географически распределённым становится не только производство, но и проектирование. Оставим этот тренд без комментариев. Проблема распределённого проектирования весьма сложная, дискуссионная. Особенно в оборонке.

Тренд 7. Происходит переосмысление позиции инженера и возвращение ему функции управленца. Опять возврат к хорошо забытому старому. В оборонно-промышленном комплексе главные конструкторы и ведущие специалисты всегда были управленцами. По этой причине, в частности, достигались успехи мирового уровня и выше.

Тренд 8. Постепенно инжиниринговая деятельность обособляется. Специализированные инжиниринговые компании становятся перспективным местом приложения труда инженеров. Пока массовые примеры этого тренда нам не известны. Успехи Университета Петра Великого – единичный случай.

Тренд 9. Кооперация становится неотъемлемой составляющей ведения инжиниринговой деятельности.

Тренд 10. Меняются требования к компетенциям инженера. Образовательные стандарты. Заметим, что мобильность стандартов и требований заказчиков к соответствующим компетенциям – тренд весьма не новый. Однако он касается далеко не всех отраслей. Среди приведённых министром компетенций мы не обнаружили радикально новых. Правда, можно согласиться с усилением требований и развитием таких, как: культура мышления; способность к обобщениям; навыки коллективной работы; правовая грамотность; ориентация на профессиональный рост и совершенствование; *проектно-конструкторские компетенции*. Мы намеренно выделили по-

следние – важнейшие, которые закладываются, несомненно, при изучении графических дисциплин, как впрочем, и все, отмеченные выше.

По парламентским слушаниям. Во вступительном слове В.А. Никонов признал наличие серьёзных проблем со специалитетом для инженерных специальностей и прикладным бакалавриатом. Заместитель министра Александр Климов в своей речи отметил рост интереса абитуриентов к инженерным и педагогическим специальностям (60 % приёма 2017 г., 46 % инженерия и 14 % педагогика). Процесс сближения целей учебного процесса с потребностями работодателей докладчик пытался обосновать ростом прикладного бакалавриата (увеличение в 1,4 раза по сравнению с 2016 г.). Однако, как ни уговаривай, очевидно, что подавляющее большинство руководителей предприятий не согласится считать бакалавра инженером. Также была отмечена бесспорная необходимость сопряжения государственных образовательных стандартов со стандартами профессиональными. Сильно удивил заместитель руководителя Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки А. Бисеров своим утверждением, что у вузов в настоящее время нет вопросов по ЕГЭ.

Привлекла внимание и позиция ВПК с обращением в Минобрнауки с рядом претензий по проблемам образования, в частности, о необходимости возврата в школьную программу уроков черчения (графики). Причём тон документа был весьма ультимативным. Значительный интерес представляет кадровая статистика для оборонно-промышленного комплекса на 2016–2020 гг. в сравнении, в частности, с данными из лекции Мантурова.

Задания государственного плана для высшего образования составляют: 2016 г. – 15 100; 2017 г. – 15 010; 2018 г. – 15 095; 2019 г. – 16 700; 2020 г. – 18 830.

Таким образом, были определены адресаты: Госдума (Никонов), Правительство (Рогозин), Минпромторг (Мантуров).

Первым откликнулось ведомство Д.В. Мантурова в лице директора Департамента стратегического развития и проектного управления В.С. Осьмакова [3]. Цитируем выбранные места: «Выпускаемые учебными заведениями специалисты не всегда соответствуют требованиям современного рынка труда. В целях обеспечения соответствия качества подготовки специалистов отраслей промышленности требованиям работодателей Минпромторгом России совместно с Минтруда России реализуется Национальный план разработки профессиональных стандартов. Это позволяет не только улучшать качество профессионально-технического образования, но и учитывать мнение организаций-работодателей».

Отлично! Желаем успехов в этом важном деле. Правда, ничего не говорится о том, кто и как будет увязывать профессиональные стандарты с образовательными. Но мы-то просили поддержать сохранение специалитета, совершенствование подготовки кадров за счёт изменений в подходе к Болонскому соглашению, возврат графики в школы или хотя бы выразить отношение ключевого министерства к этим просьбам.

А на это вот вам ещё цитата. В сокращённом виде. Нет смысла перечислять ссылки на всем известные документы: «Дополнительно сообщаем, что вопрос о модернизации образовательной системы, в том числе и о программах специалитета, должен рассматриваться в рамках приказов Минобрнауки...».

Значит так: мы вам рассказали, чем занято министерство, а об остальном читайте в приказах Минобрнауки. В рамках. Может, там что-то и найдёте. Но письмо-то наше как раз и связано с этими приказами!

На этом всё? Нет, есть ещё благодарность за гражданскую позицию.

Аппарат Правительства и аппарат Госдумы поступили одинаково. Они переслали письмо в Минобрнауки. Причём Правительство на 15 дней раньше. К сожалению, не удалось узнать, с какими комментариями. Ответ родился через 10 дней. Обращаемся к цитированию выбранных мест. Заместитель директора Департамента государственной политики в сфере высшего образования В.С. Тимонин [4]: «Минобрнауки расширило круг участников обсуждения вопроса об оптимизации перечня специальностей и направлений подготовки в области инженерного дела, технологии и технических наук... В апреле-мае 2016 г. прошли экспертные совещания... В настоящее время принято решение об отказе от разработки проекта».

Напомним, что под оптимизацией подразумевалось сокращение специальностей путём якобы замены их направлением подготовки «бакалавриат – магистратура».

По вопросу об уровнях профессионального образования В.С. Тимонин сообщил следующее: «Согласно части 5 статьи 10 Федерального закона Российской Федерации устанавливаются следующие уровни профессионального образования... Таким образом, бакалавриат и магистратура являются самостоятельными уровнями профессионального образования, не зависящими друг от друга... Диплом бакалавра свидетельствует о наличии у имеющего его лица высшего образования».

Таким образом, авторы письма, работающие в системе высшего образования не один десяток лет, «узнали» содержание Закона об образовании, о существовании конкретных ступеней профессионального образо-

вания. Зато не получили никакого ответа по поводу инициативы РАН, «Роскосмоса» и «Росатома», которую хотели поддержать.

По поводу дискуссии по оптимизации перечня специальностей, о которой написал В.С. Тимонин, профессиональному сообществу известно, что её неоднократно пытались побыстрее свернуть.

Продолжим цитаты из выбранных мест. В.С. Тимонин: «По вопросу о возвращении в основную образовательную программу предмета «Основы графической культуры». В ФГОС основного общего образования предусмотрено, что изучение предметной области «Технология» должно обеспечить в том числе развитие инновационной творческой деятельности обучающихся в процессе решения прикладных учебных задач, а также совершенствование их умений по выполнению учебно-исследовательской и проектной деятельности. Предметные результаты изучения предметной области «Технология» должны отражать, кроме прочего, осознание роли техники и технологий для прогрессивного развития общества, овладение методами моделирования, конструирования и эстетического оформления изделий, овладение средствами и формами графического отображения объектов или процессов, правилами выполнения графической документации».

Не кажется ли вам, уважаемые коллеги, что это программа, как минимум, для прикладного бакалавриата. Посмотрим на программу данного предмета подробнее.

Выпускники должны знать:

- ◆ роль техники и технологий в развитии цивилизации, социальные и экологические последствия становления промышленного и сельскохозяйственного производств, энергетики и транспорта;

- ◆ принципы работы, назначение и устройство основных технологических и транспортных машин, механизмов, агрегатов, орудий и инструментов, электробытовых приборов; свойства наиболее распространенных конструкционных и текстильных материалов (физические, технические, технологические); традиционные и новейшие технологии обработки различных материалов; возможности и области применения ПЭВМ в современном производстве, сфере обслуживания;

- ◆ *роль проектирования в преобразовательной деятельности, основные этапы выполнения проектов; основные понятия, термины графики, правила выполнения чертежей в системе ЕСКД, методы проецирования, виды проекций (курсив наш); основные элементы предпринимательской деятельности (бизнес-план, менеджмент, маркетинг); требования к выбору профессии и соответствие им личностных возможностей и способностей;*

♦ технологии их выращивания с учетом экологических подходов; способы сбора урожая, предварительной переработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Выпускники должны уметь:

♦ рационально организовать свое рабочее место, соблюдать правила техники безопасности; выполнять разработку несложных проектов, конструировать простые изделия с учетом требований дизайна;

♦ читать схемы, чертежи, эскизы деталей и сборочных единиц;

♦ составлять или выбирать технологическую последовательность изготовления изделия в зависимости от предъявляемых к нему технико-технологических требований и существующих условий; выполнять основные технологические операции и осуществлять подбор материалов, заготовок, фурнитуры, инструмента, приспособлений, орудий труда; собирать изделие по схеме, чертежу, эскизу и контролировать его качество;

♦ находить и использовать информацию для преобразовательной деятельности, в том числе с помощью ПЭВМ;

♦ выполнять не менее одного вида художественной обработки материалов с учетом региональных условий и традиций;

♦ управлять простыми электротехническими установками, диагностировать их исправность; выполнять простые строительно-отделочные и санитарно-технические работы; осуществлять анализ экономической деятельности (производственной и семейной), проявлять предпринимательскую инициативу.

Итоговая аттестация выпускников основной школы по технологии проводится в форме защиты творческого проекта. Для развития творческих способностей учащихся рекомендуется использовать метод проектов. Понятие «проект» можно встретить в технике и архитектуре.

На всё это отводится два часа в неделю в 5–7-х классах и один час в 8-м классе. Перед нами грандиозная профанация учебного процесса. Один из авторов доклада встречался на конференции с одним из разработчиков данной программы Ю.Л. Хотунцевым. Из общения и дискуссии стало понятно, что это – человек, далёкий от проектирования и конструирования техники.

Итак, из переписки с Минобразом стало ясно, что под видом ответов на большие вопросы нам написали на восьми страницах о многом, не имеющим прямого отношения к теме или представили неубедительные аргументы.

Великий русский писатель Николай Васильевич Гоголь по достоинству бы оценил данные ответы.

А нам, не обладающим литературным талантом, пора задать себе вопрос: а не зря писали-то? Мы считаем, что не зря. И вот почему:

◆ В верхах узнали, что есть такой авторитетный форум профессионалов и поблагодарили за гражданскую позицию.

◆ Процесс сокращения специалитета остановлен. И мы довели до сведения властей, что поддерживаем и сохранение специалитета, и национальную трактовку Болонского соглашения. Заметим, что всё большее количество специалистов обращает внимание на то обстоятельство, что зарубежные вузы трактуют и бакалавриат, и магистратуру в своих интересах, и не придерживаются жёстких рамок [5].

◆ Смена руководства Минобрнауки привело к возвращению астрономии в среднюю школу, истории в ЕГЭ. Появились надежда на наведение порядка с «Технологией» и некая перспектива у курса «Основы графической культуры». В этом направлении надо работать совместно с институтами развития образования.

Давайте будем проявлять гражданскую позицию и дальше. Капля камень точит, коллеги!

Список литературы

1. Мантуров Д.В. Инженеры становятся специалистами-универсалами. – URL: <http://www.enginrussia.ru/news/lenta-novosty/denis-manturov> (дата обращения: 27.02.2016).

2. Стенограмма парламентских слушаний Комитета Государственной думы по образованию по теме: О состоянии и перспективах развития высшего образования в Российской Федерации 18 февраля 2016 г. // База данных стенограмм заседаний Государственной думы. – URL: Transcript.duma.gov.ru.

3. Письмо Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Тозику В.Т. № ПГ-12-4243 от 23.05.2016 // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

4. Письмо Министерства образования и науки Российской Федерации Тозику В.Т. № 05-ПГ-МОН-20177 от 20.06.2016 // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

5. Гребнев Л.С. Эволюция аспирантуры. Болонский процесс. Подготовка научно-педагогических кадров, педагогика высшей школы и инженерная педагогика // Высшее образование в России. – 2016. – № 7.

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

ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ БН-ИСЧИСЛЕНИЯ

**Бумага Алла Ивановна,
Конопацкий Евгений Викторович,
Крысько Александра Анатольевна,
Чернышева Оксана Александровна**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, ДНР

В работе представлена вводная информация о математическом аппарате БН-исчисление с целью знакомства геометрической общественности с некоторыми особенностями нового аппарата моделирования геометрических форм.

Ключевые слова: БН-исчисление, точечное уравнение, геометрическая форма, инвариант параллельного проецирования, система координат, вычислительный алгоритм.

INTRODUCTION IN THE MATHEMATICAL APPARATUS BN-CALCULATION

**Bumaga Alla Ivanovna,
Konopatskiy Evgeniy Viktorovich,
Krisko Alexandra Anatolevna,
Chernisheva Oksana Alexandrovna**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper introduces information about the mathematical apparatus BN-calculation in order to acquaint the geometric community with some features of the new apparatus for modeling geometric forms.

Keywords: BN-calculation, point equation, geometric form, invariant of parallel projection, coordinate system, computational algorithm.

Немного из истории создания и становление математического аппарата БН-исчисления

Математический аппарат БН-исчисления (точечное исчисление Балюбы–Найдыша) был создан двумя ведущими учёными мелитополь-

ской школы прикладной геометрии И.Г. Балюбой и В.М. Найдышем. Фактически это исчисление родилось при написании докторской диссертационной работы И.Г. Балюбы [1], научным консультантом которой был В.М. Найдыш. Из воспоминаний И.Г. Балюбы: «Точечное исчисление было создано как математика для инженера. Я писал докторскую диссертацию по наитию, как будто мне диктовал её кто-то свыше. И написана она была в очень сжатые сроки в течение полугода. Всю глубину и возможности точечного исчисления я осознал спустя много лет, решая различные практические и теоретические задачи. Это меня утвердило в мысли, что всё-таки это не отдельный метод, а целое исчисление». И.Г. Балюба всегда говорил много теплых слов о своём учителе – В.М. Найдыше: «Он был мне не просто учителем, он был моим ближайшим другом! Всегда во всём мне помогал и меня поддерживал. Если бы не он, не было бы никогда точечного исчисления!».

Изначально И.Г. Балюба дал название – «точечное исчисление». Спустя 17 лет в диссертационной работе Е.В. Конопацкого [2] под руководством В.М. Верещаги (также ученик В.М. Найдыша) была произведена персонификация и появилось новое название – «точечное исчисление Балюбы–Найдыша». И.Г. Балюба был против такого названия ввиду природной скромности, но поскольку работа уже была принята в совет, а он очень ждал этой защиты, формально он смирился, но в душе это название так до конца и не принял. Со временем было предложено сократить фамилии в названии. Так и появилось – БН-исчисление. На семинаре мелитопольской школы прикладной геометрии было принято решение везде в литературе использовать этот термин, хотя И.Г. Балюба так и называет его по-старому «точечное исчисление».

На данный момент БН-исчисление наряду с вариативным дискретным геометрическим моделированием [3] является одним из перспективных направлений развития мелитопольской школы прикладной геометрии. За 22 года своего существования в рамках БН-исчисления было написано более 200 статей, издано учебное пособие [4] и защищено 8 диссертаций [1–2, 5–10]. Развитием БН-исчисления в разное время занимались: И.Г. Балюба, В.М. Найдыш, А.В. Найдыш, В.М. Верещага, Б.Ф. Горягин, В.И. Полищук, Т.П. Малютина, И.П. Давыденко, Е.В. Конопацкий, А.И. Бумага, А.А. Крысько, О.А. Чернышева.

БН-исчисление как синтез нескольких исчислений

Несмотря на отличительные особенности БН-исчисление родилось не на пустом месте. Некоторые его основы просматриваются ещё

в работах Мёбиуса. Также теоретической базой для его создания послужили:

– **Барицентрическое исчисление.** В качестве определителя пространства выбирается симплекс, что позволяет работать в более общей аффинной геометрии; разбивать симплекс на подсимплексы, в которых можно задавать фрагменты геометрической формы простейшими каноническими уравнениями, не теряя взаимосвязи этих фрагментов единого уравнения в первоначальном декартовом симплексе (декартовой системе координат). Существенное различие барицентрического и точечного исчислений состоит в геометрической сущности чисел (параметров). В первом числа – это вес, присоединенный к вершине симплекса, во втором числа – это простые отношения трех точек прямых, связанных с вершинами симплекса. Ближе всего точечное исчисление примыкает к барицентрическому исчислению тогда, когда в качестве весов вершин симплекса принимаются противоположные точкам площади, объемы, и т.п.

– **Тензорное исчисление.** Особую информационную роль играют символы, индексы и их расположение в обозначении. Точечное исчисление выбрало за основу эту особенность, что обеспечивает не зрительную, а логическую наглядность, – это позволяет ориентироваться в многомерном пространстве с учетом ориентации геометрических форм, позволяет отражать симметрию формы, состоящую из множества точек в его символьном обозначении.

– **Векторное исчисление.** Вместо векторов в точечном исчислении рассматриваются направленные отрезки, что позволило разделить параметры положения и формы. Поскольку направленный отрезок – это закрепленный вектор, то многие результаты и достоинства векторного исчисления для закрепленных векторов перенесены в точечное исчисление. Можно утверждать, что точечное исчисление – это векторное исчисление закрепленных (несвободных векторов), заданных парами точек, сформированных в системе симплексов, где числами (параметрами) являются выраженное явно или неявно простое отношение трех точек прямой.

Поскольку развитие БН-исчисления находится на начальном уровне, по мере проведения исследований фрагментарно в него вливаются: методы дифференциального и интегрального исчисления; проективной, аффинной, начертательной и дискретной геометрий; теории функций комплексных переменных и фракталов.

Основная отличительная особенность БН-исчисления – в последовательности определения геометрической формы, от ее необходимой

натуральной величины к ее проекциям, а не наоборот, как было раньше. Эта особенность объясняется тем, что чертежи при изложении точечного решения задачи, независимо от размерности, задаются не проекциями, а натуральной величиной. Такую возможность дает инвариантность параметра БН-исчисления относительно параллельного проецирования. Всё, что происходит с точкой и ее перемещением, которое обеспечивает такой параметр, идентично в любом из взаимосвязанных симплексов (на всевозможных параллельных проекциях), включая симплекс прямой $O E_i$ (ось декартовой системы координат). Это позволяет осуществлять переход от натуральной величины формы к любой ее проекции, включая ось, создает по координатный переход от точечного алгоритма к вычислительному (компьютерному) алгоритму.

БН-исчисление состоит из специфических точечных формул с несколькими параметрами, отражающими различные геометрические операции, которые содержат заданные точки и функции от параметра. Имея геометрический алгоритм построения формы, для получения ее точечного, а с ним и вычислительного алгоритма необходимо:

– для каждой графической операции зафиксировать ее точечный аналог из набора точечных формул и получить точечный алгоритм искомой геометрической формы;

– каждую формулу перезадать некоторым количеством n -покоординатных вычислительных формул путем подстановки вместо заданных точек их координат. Совокупность вычислительных формул задают искомый вычислительный алгоритм.

Некоторые соображения о сущности математического аппарата БН-исчисления

Необходимость рассмотрения геометрических объектов вне зависимости от размерности пространства с использованием наглядности приводит к созданию исчисления, основным элементом которого является точка. С помощью математических операций с точками и числами (параметрами) определяются более сложные n -мерные геометрические формы.

Геометрические формы – это определенным образом организованные множества точек, которые определяются точечными уравнениями или вычислительными алгоритмами. Компьютер оперирует числами и операциями с ними. Чтобы привлечь к моделированию геометрических форм компьютерные технологии, точку представляем элементом арифметического пространства как совокупность чисел, которые называем параметрами или координатами точки. В качестве наглядной мо-

дели геометрического представления заданных точек арифметического пространства принимаем глобальную систему координат, предложенную Р. Декартом. В глобальной системе координат (первоначальной системе отсчета) выбираем необходимое число локальных систем, заданных симплексом точек геометрического алгоритма, в которых удобно работать, выбирая за основу аффинные вспомогательные подпространства.

Точка представляется системой ее проекций на оси глобальной или локальной системы координат, что позволяет получать параллельные проекции геометрической формы на подпространства и допускает покоординатный расчет геометрической формы.

При выходе в пространство размерности более трех вместо зрительной наглядности работает логическая наглядность, основанная на методах обобщения и аналогии. Фундаментальные результаты в форме вычислительных формул точечного исчисления должны представляться в виде, допускающем обобщение на пространства более высоких размерностей.

Преимущества БН-исчисления как аппарата геометрического моделирования

Основным элементом БН-исчисления является точка, которая характеризуется несколькими параметрами. Количество параметров, которые определяют точку в пространстве, зависит от размерности этого пространства. Любая геометрическая форма является организованным множеством точек. Поэтому точечные уравнения, которые определяют геометрическую форму, справедливы для пространства любой размерности. Эта особенность БН-исчисления дает возможность представлять геометрические формы в многомерном пространстве (имеется в виду аффинное многомерное пространство).

Можно выделить следующие основные преимущества БН-исчисления как аппарата геометрического моделирования:

1. Точечные уравнения геометрических форм инвариантны относительно размерности пространства глобальной системы координат, т.е. в качестве параметров выбираются такие параметры, которые являются инвариантными относительно параллельного проецирования (например, простое отношение трех точек прямой). Поэтому точечные уравнения справедливы для пространства любой размерности.

2. Точечное исчисление позволяет работать в локальном симплексе, а результат получать в глобальном симплексе. Причем переход от локального симплекса к глобальному осуществляется автоматически.

3. БН-исчисление позволяет использовать функционалы для определения геометрических форм. Например, с помощью функционалов $\frac{f(v)-f(1)}{f(0)-f(1)}$ и $\frac{\varphi(v)-\varphi(0)}{\varphi(1)-\varphi(0)}$ можно определить дугу кривой AD :

$$M_{AD} = (A-C) \frac{f(v)-f(1)}{f(0)-f(1)} + (D-C) \frac{\varphi(v)-\varphi(0)}{\varphi(1)-\varphi(0)} + C.$$

В данном случае дуга кривой AD определяется двумя свободными функциями $f(v)$ и $\varphi(v)$, которые определены при $0 \leq v \leq 1$ в симплексе CAD . Причем при $v = 0$ имеем начало A дуги AD , а при $v = 1$ имеем ее конец D .

4. В БН-исчислении каждой геометрической операции соответствует аналитическая операция. Таким образом, БН-исчисление позволяет представить любой геометрический алгоритм построения в аналитическом виде, или в виде точечного уравнения, или в виде вычислительного алгоритма, который, по сути, является упорядоченным множеством точечных уравнений. Поэтому в точечных уравнениях сохраняется наглядный геометрический смысл параметров, который известен из геометрического алгоритма построения. Эта особенность была потеряна для многих параметрических уравнений геометрических форм, которые были получены аналитически, без использования геометрического алгоритма построения.

5. Точечные уравнения по своей сути является символьной записью. Переходя к глобальной декартовой системе координат, точечные уравнения заменяются на систему однотипных параметрических уравнений, количество которых зависит от размерности пространства глобальной системы координат. Поэтому точечные уравнения и вычислительные алгоритмы на их основе легко программируются на ЭВМ. Кроме того, точечные уравнения и вычислительные алгоритмы можно считать оптимизированными для распараллеливания потоков и использования многоядерных микропроцессоров, поскольку вычисление каждой отдельной проекции на координатную ось можно выполнять параллельно.

6. В БН-исчислении был разработан специальный метод подвижного симплекса [6], который позволяет конструировать геометрические формы любой сложности с наперед заданными свойствами. Использование метода подвижного симплекса позволяет установить зависимость между несколькими факторами, что, в свою очередь, позволяет моделировать многофакторные процессы и явления, учитывая не только независимые факторы, но и факторы, которые зависят один от другого.

Список литературы

1. Балюба И.Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении: дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01. – Макеевка: Изд-во МИСИ, 1995. – 227 с.
2. Конопацький Є.В. Геометричне моделювання алгебраїчних кривих та їх використання при конструюванні поверхонь у точковому численні Балюби–Найдиша: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Мелітополь, 2012. – 164 с.
3. Найдиш В.М. Дискретна інтерполяція. – Мелітополь: Люкс, 2007. – 250 с.
4. Балюба И.Г., Найдыш В.М. Точечное исчисление: учеб. пособие / под ред. В.М. Верещаги. – Мелітополь: Изд-во МГПУ им. Б. Хмельницького, 2015. – 236 с.
5. Малютина Т.П. Интерпретация вычислительной геометрии плоских фигур в точечном исчислении: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Макеевка, 1998. – 227 с.
6. Давыденко И.П. Конструирование поверхностей пространственных форм методом подвижного симплекса: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Макеевка, 2012. – 186 с.
7. Бездітний А.О. Варіативне дискретне геометричне моделювання на основі геометричних співвідношень у точковому численні Балюби–Найдиша: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Мелітополь, 2012. – 191 с.
8. Кучеренко В.В. Формалізовані геометричні моделі нерегулярної поверхні для гіперкількісної дискретної скінченної множини точок: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Мелітополь, 2013. – 234 с.
9. Бумага А.И. Геометрическое моделирование физико-механических свойств композиционных строительных материалов в БН-исчислении: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 и 05.01.01. – Макеевка, 2016. – 164 с.
10. Крысько А.А. Геометрическое и компьютерное моделирование эксплуатируемых конструкций тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учётом несовершенств геометрической формы: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 и 05.01.01. – Макеевка, 2016. – 191 с.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. ЗАКЛАДЫВАЕМ ОСНОВЫ

Волошинов Денис Вячеславович

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

Рассматриваются базовые функции ядра системы геометрического моделирования Симплекс. Приводятся аналитические выражения для определения координат точек пересечения окружностей и прямых с учетом возможности задания этих объектов мнимыми значениями. Статья содержит базовый материал, необходимый для понимания работы других геометрических функций системы, предназначенных для решения задач проективной и начертательной геометрии в пространствах различных размерностей с учетом возможности учета мнимых решений.

Ключевые слова: конструктивное геометрическое моделирование, пересечение окружностей, пересечение окружности и прямой, Симплекс.

GEOMETRIC LABORATORY. FOUNDATIONS

Voloshinov Denis Vyacheslavovich

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg state university of communications

The article covers the basic functionality of the geometric modeling kernel Simplex system. The author represents analytical expressions for determining the coordinates of the intersection points of circles and straight lines with the possibility of setting these objects with imaginary values. This article contains basic material necessary for an understanding of the work of other geometrical functions of the system, designed to achieve the challenges of the projective and descriptive geometry in spaces of different dimensions with the possibility of taking into account the imaginary solutions.

Keywords: Constructive geometrical modeling, the intersection of the circles, the intersection of a circle and a straight line, Simplex.

Представляемая на суд читателей статья посвящена рассмотрению вопросов, хорошо известных и принципиально несложных. В ней рассматривается вопрос о нахождении точек пересечения прямых и окружностей. Рассуждения и выводы, которые в ней приведены, принципиально может без особого труда выполнить любой человек, имеющий математическое образование на уровне выпускника средней школы. Тем не менее автор считает важным и необходимым привести подробные решения этих задач по целому ряду причин.

Первая и, видимо, самая существенная причина заключается в том, что эти задачи являются системообразующими в деле проектирования

программно-аппаратных средств, предназначенных для автоматизации решения задач конструктивной геометрии. Именно эти и еще несколько задач подобного характера лежат в основе вычислительного ядра системы Симплекс [1], предназначенной для синтеза приложений, реализующих методы конструктивного геометрического моделирования. Именно эти задачи запрограммированы в системе с использованием аналитического математического аппарата [2], поскольку иных средств реализовать функций системы на ныне существующих языках общетехнического программирования попросту нет. Все остальные функции системы построены, исходя из применения геометрических понятий и алгоритмов, в которых исходные функции рассматриваются как базовые и «неделимые». Это абстрагирование позволяет пользователю применять геометрический метод для решения своих задач во всей присущей этому методу полноте и силе. Хочется еще раз подчеркнуть, хотя позиция по этому вопросу, занимаемая автором, подробно излагалась в [3], что «аналитический реверанс», который приходится делать при разработке системы, не носит на себе черты фатальной неизбежности. Язык аналитики – это не язык устройства вычислительной машины, это система моделирования, которая действительно с высокой эффективностью интерпретирует состояние электрических сигналов в конкретном техническом устройстве, которое вообще и разрабатывалось для того, чтобы обеспечить максимальную эффективность такой интерпретации. Но, исходя из принципа обратимости процесса моделирования [4], «запретить» иную интерпретацию возникающих внутри вычислительной машины сигналов и состояний нельзя, и дело заключается лишь в удобстве применения той или иной интерпретации в задачах конечного потребителя. Поэтому, что для одного – восемь байтов со значениями двух координат, то для другого – точка со вполне определенным геометрическим местом на плоскости. Поэтому спор о том, что первично, а что вторично и, следовательно, подчиненно, бесполезен. Это две стороны одной и той же медали, каждую из которых следует эффективно применять там, где это на текущий момент наиболее рационально.

Представляемый в статье материал позволит заинтересованному читателю использовать его для того, чтобы, возможно, создать собственные инструментальные средства геометрического моделирования. Во всяком случае не нужно будет изобретать то, в чем можно разобратся и использовать по назначению. Секретов здесь никаких нет: математика – она для всех и для каждого. В этом, собственно, состоит вто-

рая причина, по которой публикация материала статьи видится целесообразной.

И все же, несмотря на общеизвестность математических конструкций, представленных в статье, хотелось бы отметить, что при их освещении будет применен подход, открывающий перед конструктивной геометрией новые горизонты. Задачи будут рассматриваться с учетом возможности образования комплекснозначных решений. Необходимость и исключительную важность учета мнимостей в геометрии неоднократно подчеркивали в своих работах А.Г. Гирш, В.А. Короткий и другие ученые [5–10]. Учет таких решений в базовых функциях системы позволяет раз и навсегда избавиться от проблемы невозможности (или исключительной трудоемкости, а следовательно, и непонятности целей этого труда) практически применять комплексную геометрию наряду с действительной. Программный инструмент позволяет не различать в принципе действительные и мнимые образы и действовать с ними, исходя из общих позиций. Еще более важно то, что согласование и отдельное рассмотрение случаев вырождения решений в силу того, что что-то с чем-то не пересеклось, более никого тяготить не будет. Решение получится обязательно, пусть и мнимое, но доступное для использования. Задачи такого типа актуальны, но им пока нет места в САД-системах из-за недостаточной теоретической, не говоря уже о программной проработке вопроса. Компьютерные технологии избавили начертательную геометрию от циркуля и линейки, как аналитику от счетов и арифмометров, и дали принципиально новые инструменты. Пора забыть эту устаревшую ассоциацию! Метод остался, а инструментальные средства неограниченно расширились. Поэтому нельзя не согласиться с мнением Г.С. Иванова, прозвучавшим на этой конференции [11]. Начертательная геометрия превращается в геометрию нового типа, в современную информационную технологию, открывая все новые и новые возможности для решения сложных задач. Настоящая статья – маленькая крупинка в этом деле. Это третья причина.

Четвертая причина заключается в том, что при безусловно внимательном и вдумчивом прочтении материала предполагаемого цикла перед читателем откроется картина, описывающая то, что происходит с давно известными всем нам геометрическими образами в исчерпывающей полноте и взаимосвязи. Недаром народная мудрость гласит, чтобы что-то спрятать понадежнее, необходимо положить это что-то на самое видное место. Поэтому и поиски наши будем вести в направле-

нии, что лежит прямо перед нами. Эти поиски приведут нас к любопытным результатам: обобщению задачи Аполлония и других тесно связанных с ней задач [12–18], раскрытию фундаментальности ее проявлений в геометрии проективной, полному решению и объяснению задачи Ферма [19] о касании сфер с учетом мнимых возникающих в этой задаче образов (в том числе и в приложении к многомерным аналогам этой задачи). Будет дано объяснение взаимосвязи преобразования инверсии и свойств проективной плоскости, представлено обоснование причисления к классу сфер Данделена [20] сфер, ранее к ним не относящихся, будут решены и другие сопутствующие этим геометрические задачи.

Безусловно, изложение всего того, о чем было только что заявлено, – очень большая и скрупулезная работа. Жизнь вмешивается в планы и не всегда позволяет реализовать задуманное. И все же надо начинать. Данная статья – первая, посвященная рассмотрению вопросов, без которых восприятие всего того, о чем предполагается рассказать, было бы делом затруднительным.

Все, о чем пойдет речь далее, не является чем-то принципиально сложным, непознаваемым, требующим каких-то особых знаний. Нельзя сказать, что изложение затронет все вопросы представления образов на комплексной плоскости. Общие вопросы представления мнимостей, разумеется, сложны и сами по себе, еще более непросто предложить средства для автоматизации таких задач и сделать их такими, чтобы они были понятными и удобными. Но ситуация как раз и интересна тем, что начинать можно с простого. Во всем можно разобраться и даже повторить, обладая обычной математической культурой и, конечно, желанием. Для этого есть инструменты, есть примеры и есть необычайный простор для творчества. Это пятое.

И шестое, очень часто от коллег доводится слышать о том, что начертательную геометрию следует преподавать параллельно с геометрией аналитической и даже предпочесть вторую первой.

Корни этой тенденции уходят к Гаспару Монжу – отцу-основателю начертательной геометрии. Он считал соединение вопросов начертательной геометрии и аналитики важным делом. Появление компьютеров подлило масла в огонь, реализация геометрической модели в форме компьютерной программы без перевода в аналитический вид было невозможным – языки программирования требовали представления аналитической записи. Такие языки, как Графор [20] и ФАП-КФ [21], да и многие им подобные программные решения кардинально ситуацию

изменить не могли, так или иначе в них не соблюдалась естественная природа геометрического метода, хотя, безусловно, в свое время эти разработки были революционными, и они внесли существенный вклад в дело развития идей автоматизации геометрических методов. Впрочем, учить всех инженерных работников программированию оказалось не слишком перспективным делом и применительно к другим областям человеческой деятельности. И по тем же причинам. Именно этим объясняется появление на рынке проблемно-ориентированных систем решения задач, имитирующих профессиональные приемы работы конечного пользователя. В качестве примера можно привести виртуальную лабораторию LabView [22]. Система Симплекс, разрабатываемая автором, относится к той же категории инструментов.

Бытует мнение, что аналитическое представление проще геометрического и учащиеся понимают его с меньшими затруднениями, что это представление более универсально, чем геометрические схемы. Вопрос этот дискуссионный, и истина лежит где-то посередине. Автор данной статьи, например, предпочитает геометрические методы аналитическим. Нижеследующий материал повествует о математических явлениях исключительно простых: о пересечениях окружностей и прямых. Но даже эти простые задачи, решенные с применением карандаша и листа бумаги (компьютеры в сторону!), легко продемонстрируют читателю, сколь много нужно потратить сил на то, чтобы получить координаты точек, вычисляя их по формулам столбиком (и таблицам Брадиса, между прочим), и сколь легко их получить, если взять циркуль и линейку и начертить требуемые окружности и прямые.

Часто можно услышать, что результат на компьютере можно получить с любой степенью точности. Но, увы, это не так! Сколько ни вычислишь квадратный корень из двух, возводя затем результат в квадрат, исходной двойки не получишь. А следовательно, что-то не пересечется или пересечется, но не там, где надо. Слышится упрек: зачем, дескать, такая точность в пятидесятом знаке. Округлите! Можно, конечно, и округлить, но где для этого основания? Не приведет ли игнорирование количественно-качественного перехода к катастрофе с непрогнозируемыми последствиями?

Подытоживая изложенное, следует заключить, что методическая целесообразность аналитического сопровождения геометрических задач – дело индивидуальных предпочтений и педагогических целей. Аналитические зависимости в одних системах координат просты, в дру-

гих системах, наоборот, сложны. В отличие, кстати, от прочерченных на бумаге геометрических образов. Относительно сложное геометрическое построение очень быстро обрастает «многоэтажной» аналитикой, за которой весьма непросто увидеть суть решения задачи. Впрочем, как говорит еще одна народная мудрость, – на вкус и цвет товарищей нет. Может быть, кому-то просто нравится считать – и слава Богу! В конце концов, данная статья тоже демонстрирует геометрию без единого чертежа. Формулы и только...

Задача о нахождении координат точек пересечения двух окружностей

Пусть на плоскости две окружности заданы своими центрами и радиусами. Введем декартову систему координат и обозначим координаты центров первой и второй окружности через величины (x_{c1}, y_{c1}) и (x_{c2}, y_{c2}) , а радиусы окружностей через R_1 и R_2 . Все величины предполагаются комплекснозначными. Запишем систему из двух уравнений (1), каждое из которых, взятое по отдельности, определяет положение произвольной точки, инцидентной описываемой этим уравнением окружности. Заметим, что изначально предполагается, что ни один из центров окружностей не подразумевается совпадающим с центром системы координат.

$$\begin{cases} (x-x_{c1})^2 + (y-y_{c1})^2 = R_1^2, \\ (x-x_{c2})^2 + (y-y_{c2})^2 = R_2^2. \end{cases} \quad (1)$$

Решим эту систему. Раскроем квадраты при скобках. Получим систему уравнений (2), эквивалентную исходной, с разделением переменных по степеням:

$$\begin{cases} x^2 - 2xx_{c1} + x_{c1}^2 + y^2 - 2yy_{c1} + y_{c1}^2 = R_1^2, \\ x^2 - 2xx_{c2} + x_{c2}^2 + y^2 - 2yy_{c2} + y_{c2}^2 = R_2^2. \end{cases} \quad (2)$$

Вычтем второе уравнение из первого. Получим уравнение:

$$-2xx_{c1} + 2xx_{c2} + x_{c1}^2 - x_{c2}^2 - 2yy_{c1} + 2yy_{c2} + y_{c1}^2 - y_{c2}^2 = R_1^2 - R_2^2. \quad (3)$$

Перегруппируем компоненты уравнения таким образом, чтобы разделить переменные и свободные члены.

$$2x(x_{c2} - x_{c1}) + 2y(y_{c2} - y_{c1}) = R_1^2 - R_2^2 - x_{c1}^2 + x_{c2}^2 - y_{c1}^2 + y_{c2}^2. \quad (4)$$

Обозначим через Δ_x и Δ_y приращения координат центров окружностей по соответственным осям:

$$\Delta_x = x_{c2} - x_{c1}, \quad \Delta_y = y_{c2} - y_{c1}. \quad (5)$$

Члены, записанные в правой части уравнения, в совокупности представляют собой свободную от x или y величину z :

$$z = R_1^2 - R_2^2 - x_{c1}^2 + x_{c2}^2 - y_{c1}^2 + y_{c2}^2. \quad (6)$$

Следует обратить внимание на то, что вне зависимости от того, действительными или комплексными будут переменные правой части формулы (6), их возведение во вторую степень обеспечит действительность величины z .

Представим уравнение (4) с учетом введенных обозначений (5) и (6) в форме (7):

$$2x\Delta_x + 2y\Delta_y = z. \quad (7)$$

Выразим переменную x через переменную y .

$$x = \frac{z - 2y\Delta_y}{2\Delta_x}. \quad (8)$$

Подставим выражение, полученное для x , в первое уравнение системы (1). Получим запись следующего вида:

$$\left(\frac{z - 2y\Delta_y}{2\Delta_x} \right)^2 - 2 \frac{z - 2y\Delta_y}{2\Delta_x} x_{c1} + x_{c1}^2 + y^2 - 2yy_{c1} + y_{c1}^2 = R_1^2. \quad (9)$$

Раскроем скобки в (9) и приведем подобные:

$$\begin{aligned} & \frac{z^2 - 4zy\Delta_y + 4y^2\Delta_y^2}{4\Delta_x^2} - \frac{4z\Delta_x - 8y\Delta_y\Delta_x}{4\Delta_x^2} x_{c1} + \frac{4\Delta_x^2(x_{c1}^2 + y^2 - 2yy_{c1} + y_{c1}^2 - R_1^2)}{4\Delta_x^2} = \\ & = \frac{z^2}{4\Delta_x^2} - \frac{zy\Delta_y}{\Delta_x^2} + \frac{y^2\Delta_y^2}{\Delta_x^2} - \frac{zx_{c1}}{\Delta_x} + 2 \frac{y\Delta_y x_{c1}}{\Delta_x} + x_{c1}^2 + y^2 - 2yy_{c1} + y_{c1}^2 - R_1^2 = \\ & = y^2 \left(\frac{\Delta_y^2}{\Delta_x^2} + 1 \right) + y \left(2 \frac{\Delta_y x_{c1}}{\Delta_x} - \frac{z\Delta_y}{\Delta_x^2} - 2y_{c1} \right) + \frac{z^2}{4\Delta_x^2} - \frac{zx_{c1}}{\Delta_x} + x_{c1}^2 + y^2 + y_{c1}^2 - R_1^2 = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Разумеется, искать решение имеет смысл лишь в том случае, если комплексная разность $\Delta_x \neq 0$. Запись (10) представляет собой квадратное уравнение вида $ay^2 + by + c = 0$ относительно переменной y . Выпишем отдельно коэффициенты полученного квадратного уравнения:

$$a = \frac{\Delta_y^2}{\Delta_x^2} + 1;$$

$$b = \frac{2\Delta_y}{\Delta_x} x_{c1} - \frac{z\Delta_y}{\Delta_x^2} - 2y_{c1}; \quad (11)$$

$$c = \frac{z^2}{4\Delta_x^2} - \frac{z}{\Delta_x} x_{c1} + x_{c1}^2 + y_{c1}^2 - R_1^2 = \left(\frac{z}{2\Delta_x} - x_{c1} \right)^2 + y_{c1}^2 - R_1^2.$$

Коэффициенты a и c действительны в силу того, что члены, их составляющие, возводятся в квадраты, следовательно, в них не могут получиться мнимые значения. В отличие от коэффициентов a и c коэффициент b может иметь комплексное значение.

Обозначим дискриминант квадратного уравнения через D . Поскольку $D = b^2 - 4ac$, подкоренное выражение действительно, следовательно, радикал – также действительное число.

Зная коэффициенты квадратного уравнения, нетрудно определить его корни:

$$y_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a} = y_r + \delta_r;$$

$$y_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a} = y_r - \delta_r, \quad (12)$$

где $y_r = -\frac{b}{2a}$; $\delta_r = \frac{\sqrt{D}}{2a}$.

Выполнив подстановку полученных значений в (8), получим значения x -координат точек пересечения окружностей:

$$x_1 = \frac{z - 2y_1\Delta_y}{2\Delta_x} = \frac{z - \frac{-b + \sqrt{D}}{a}\Delta_y}{2\Delta_x} = \left(\frac{z}{2\Delta_x} - \frac{b\Delta_y}{2a\Delta_x} \right) + \frac{\sqrt{D}\Delta_y}{2a\Delta_x} = x_r + \delta_x,$$

$$x_2 = \frac{z - 2y_2\Delta_y}{2\Delta_x} = \frac{z - \frac{-b - \sqrt{D}}{a}\Delta_y}{2\Delta_x} = \left(\frac{z}{2\Delta_x} - \frac{b\Delta_y}{2a\Delta_x} \right) - \frac{\sqrt{D}\Delta_y}{2a\Delta_x} = x_r - \delta_x, \quad (13)$$

где $x_r = \frac{z}{2\Delta_x} - \frac{b\Delta_y}{2a\Delta_x}$, $\delta_x = \frac{\sqrt{D}\Delta_y}{2a\Delta_x}$.

Из приведенных формул видно, что точки пересечения окружностей (x_1, y_1) и (x_2, y_2) располагаются симметрично относительно некоторой точки с координатами (x_r, y_r) , следовательно, их можно рассматривать как точки, задающие диаметр окружности с центром в точке с координатами (x_r, y_r) . Радиус R_r такой окружности можно подсчитать, как расстояние между центром с координатами (x_r, y_r) и одной из точек, например (x_1, y_1) . Запишем его:

$$\begin{aligned}
 R_r &= \sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2)} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{D}\Delta_y}{2a\Delta_x}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{D}}{2a}\right)^2} = \sqrt{\frac{D\Delta_y^2}{4a^2\Delta_x^2} + \frac{D\Delta_x^2}{4a^2\Delta_x^2}} = \\
 &= \sqrt{\frac{D(\Delta_x^2 + \Delta_y^2)}{4a^2\Delta_x^2}} = \frac{\sqrt{D}(\Delta_x^2 + \Delta_y^2)}{2a\Delta_x}.
 \end{aligned} \tag{14}$$

В том случае, если координаты (x_1, y_1) и (x_2, y_2) точек пересечения окружностей действительны, приращения координат δ_x и δ_y также действительны, поэтому подкоренное выражение обеспечивает действительность радиуса R_r . Если же координаты (x_1, y_1) и (x_2, y_2) имеют комплексные значения, то, как видно из формул, эти значения могут быть только комплексно-сопряженными. Действительная часть соответственных координат имеет одно и то же значение, поэтому значения приращений координат определяются исключительно мнимыми частями, следовательно, δ_x и δ_y мнимы. Будучи возведенными в квадрат, в сумме эти величины образуют отрицательное подкоренное выражение, из чего следует, что радиус R_r получит мнимое значение (действительная часть равна нулю). Из изложенного следует сделать вывод о том, что окружность, построенная на двух мнимых комплексно-сопряженных точках, рассматриваемых как диаметральные точки этой окружности, будет иметь вещественный центр и мнимый радиус. Числовое выражение координат центра и величины радиуса такой окружности представлены формулами (12–14).

Разумеется, все проведенные рассуждения справедливы в том случае, если $\Delta_x \neq 0$. Если же расположение исходных окружностей оказалось таким, что $\Delta_x = 0$, то тогда следует решить систему (1) относительно переменной x и провести рассуждения, аналогичные проведенным, делая в формулах формальную замену компонентов x на y и наоборот. Описание этого решения здесь не приводится, так как оно формально и не представляет никакой сложности.

Понятно, что если и $\Delta_y = 0$, то окружности окажутся концентрическими, и в этом случае операция их пересечения оказывается неопределенной.

Задача о нахождении координат точек пересечения прямой и окружности

Теперь приведем решение задачи пересечения прямой линии и окружности. Пусть произвольная окружность имеет комплекснозначный радиус R , центр окружности задан точкой (x_c, y_c) . Прямую линию выразим каноническим уравнением (15), устанавливающим зависимость положения точки с комплекснозначными координатами x и y , от двух заданных не совпадающих друг с другом точек с комплекснозначными координатами (x_1, y_1) и (x_2, y_2) , через которые проходит эта прямая:

$$\begin{cases} (x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = R^2, \\ \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}. \end{cases} \quad (15)$$

Обозначим R^2 через Q . Преобразуем второе уравнение системы таким образом, чтобы переменная y выразилась через переменную x :

$$\begin{aligned} y &= \frac{(x - x_1)(y_2 - y_1)}{x_2 - x_1} + y_1 = \frac{x(y_2 - y_1) - x_1 y_2 + x_1 y_1 + y_1 x_2 - y_1 x_1}{x_2 - x_1} = \\ &= \frac{x(y_2 - y_1) - x_1 y_2 + y_1 x_2}{x_2 - x_1} = \frac{x(y_2 - y_1) - z}{x_2 - x_1}. \end{aligned} \quad (16)$$

Представим величиной z выражение $z = x_1 y_2 - y_1 x_2$.

Подставим y из уравнения (16) в первое уравнения системы (15). Получим:

$$(x - x_c)^2 + \left(\frac{x(y_2 - y_1) - z}{x_2 - x_1} - y_c \right)^2 - Q = 0. \quad (17)$$

Приведем все компоненты уравнения (17) к общему знаменателю:

$$\frac{(x - x_c)^2 (x_2 - x_1)^2}{(x_2 - x_1)^2} + \frac{(x(y_2 - y_1) - z - y_c(x_2 - x_1))^2}{(x_2 - x_1)^2} - \frac{Q(x_2 - x_1)^2}{(x_2 - x_1)^2} = 0. \quad (18)$$

Приведем уравнение к квадратному, полагая, что $x_2 - x_1 \neq 0$. Умножив и числитель, и знаменатель на $(x_2 - x_1)^2$, получим уравнение следующего вида:

$$(x - x_c)^2 (x_2 - x_1)^2 + (x(y_2 - y_1) - z - y_c(x_2 - x_1))^2 - Q(x_2 - x_1)^2 = 0. \quad (19)$$

Введя сокращенные обозначения $\Delta_x = x_2 - x_1$ и $\Delta_y = y_2 - y_1$ приращением координат точек, через которые проведена прямая линия, получим:

$$(x - x_c)^2 \Delta_x^2 + (x\Delta_y - z - y_c\Delta_x)^2 - Q\Delta_x^2 = 0. \quad (20)$$

Раскроем квадраты:

$$(x^2 - 2xx_c + x_c^2)\Delta_x^2 + (x\Delta_y - z - y_c\Delta_x)(x\Delta_y - z - y_c\Delta_x) - Q\Delta_x^2 = 0, \quad (21)$$

а затем и скобки. Получим уравнение:

$$\begin{aligned} x^2\Delta_x^2 - 2xx_c\Delta_x^2 + x_c^2\Delta_x^2 + x^2\Delta_y^2 - x\Delta_y z - x\Delta_y y_c\Delta_x - xz\Delta_y + \\ + z^2 + zy_c\Delta_x - x\Delta_y y_c\Delta_x + zy_c\Delta_x + y_c^2\Delta_x^2 - Q\Delta_x^2 = 0. \end{aligned} \quad (22)$$

Сгруппируем члены при соответственных степенях x :

$$\begin{aligned} x^2 (\Delta_x^2 + \Delta_y^2) - 2x(x_c\Delta_x^2 + \Delta_y z + \Delta_y y_c\Delta_x) + \\ + x_c^2\Delta_x^2 + z^2 + 2zy_c\Delta_x + y_c^2\Delta_x^2 - Q\Delta_x^2 = 0. \end{aligned} \quad (23)$$

и приведем полученное уравнение к виду $ax^2 + bx + c = 0$.

Коэффициенты такого уравнения будут представлены выражениями (24):

$$\begin{aligned} a &= \Delta_x^2 + \Delta_y^2, \\ b &= x_c\Delta_x^2 + \Delta_y z + \Delta_y y_c\Delta_x, \\ c &= x_c^2\Delta_x^2 + z^2 + 2zy_c\Delta_x + y_c^2\Delta_x^2 - Q\Delta_x^2 = x_c^2\Delta_x^2 - Q\Delta_x^2 + (z + y_c\Delta_x)^2. \end{aligned} \quad (24)$$

Коэффициенты a и c действительны. Коэффициент b может иметь комплексное значение. Дискриминант квадратного уравнения может быть подсчитан, как $D = b^2 - 4ac$, и его значение, безусловно, действительно. Если $D \geq 0$, то решение уравнения имеет только действительные корни, в противном случае – мнимые. Координаты точек пересечения прямой линии и окружности (x_{i1}, y_{i1}) и (x_{i2}, y_{i2}) могут быть вычислены по формулам:

$$\begin{aligned}
x_{12} &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = x_r + \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = x_r + \delta_x, \\
x_{21} &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = x_r - \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = x_r - \delta_x, \\
y_{12} &= \frac{x_{12} \Delta_y - z}{\Delta_x} = \frac{\left(x_r + \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \Delta_y - z}{\Delta_x} = y_r + \delta_y, \\
y_{21} &= \frac{x_{21} \Delta_y - z}{\Delta_x} = \frac{\left(x_r - \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \Delta_y - z}{\Delta_x} = y_r - \delta_y,
\end{aligned} \tag{25}$$

$$\text{где } x_r = -\frac{b}{2a}, \delta_x = \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, y_r = x_r \frac{\Delta_y}{\Delta_x}, \delta_y = \frac{\frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \Delta_y - z}{\Delta_x}.$$

Так же, как и в рассмотренной ранее задаче о пересечении двух окружностей, мы можем определить на точках (x_{12}, y_{12}) и (x_{21}, y_{21}) окружность с центром (x_r, y_r) , если рассматривать эти точки, как задающие ее диаметр. Все рассуждения, которые можно провести в отношении этой окружности, в точности повторяют рассмотренные ранее рассуждения, поэтому они здесь не приводятся. В заключение рассмотрения вопроса следует сказать, что возможность построения окружности с мнимым радиусом и связь этой окружности с действительной окружностью, проведенной с тем же центром, но с вещественным радиусом той же величины, что и у мнимой, позволяют получить исключительно удобный и практичный конструктивный способ построения окружностей, проходящих через одну действительную и две мнимые комплексно-сопряженные точки. Хочется подчеркнуть, что эта задача является исключительно важной, поскольку возможность ее инструментального исполнения позволяет рассматривать и практически реализовывать задачи проективной геометрии с учетом мнимости возникающих в них образов. Подробное освещение этой задачи будет осуществлено в одной из следующих работ планируемого цикла статей, посвященных рассмотрению вопросов реализации проективных преобразований инверсии и, возможно, многих других преобразований с учетом мнимости образов, су-

щественно расширяющих сферы приложения методов конструктивной геометрии.

Задача о нахождении точки пересечения двух прямых линий

Изложение вопросов пересечения простейших геометрических образов на плоскости было бы неполным, если не рассмотреть задачу о нахождении однородных координат (P_x, P_y, P_w) точки пересечения двух прямых линий, где $(x_1, y_1, w_1), (x_2, y_2, w_2)$ – комплексные однородные координаты точки, задающие одну прямую, а $(x_3, y_3, w_3), (x_4, y_4, w_4)$ – комплексные однородные координаты точки, задающие одну прямую.

В том случае, если $(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4) \neq 0$, исходные прямые не параллельны, и координаты точки пересечения рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} P_x &= \frac{(x_1 y_2 - y_1 x_2)(x_3 - x_4) - (x_1 - x_2)(x_3 y_4 - y_3 x_4)}{(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4)}, \\ P_y &= \frac{(x_1 y_2 - y_1 x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 y_4 - y_3 x_4)}{(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4)}, \\ P_w &= 1. \end{aligned} \quad (26)$$

При условии $(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4) = 0$ прямые линии либо параллельны, либо совпадают. Обычно считается, что в этом случае прямые пересекаются в бесконечно удаленной точке, заданной направлением этой прямой. Это направление можно легко задать, если указать в координатах x и y точки характеристики этого направления, а в w поместить значение 0.

$$\begin{aligned} P_x &= x_2 - x_1, \\ P_y &= y_2 - y_1, \\ P_w &= 0. \end{aligned} \quad (27)$$

Однако следует обратить внимание читателей на факт возникающих здесь противоречий. Поскольку с точки зрения геометрии прямая линия и точка – представители разных множественных классов, то с точки зрения теории множеств при поиске точки пересечения прямых выполняется операция по сопоставлению элементов двух однородных множеств – точечных рядов, лежащих на носителях, собственно прямых, на предмет выявления общего элемента двух рядов. При наличии несовпа-

дающих прямых такой элемент единствен. В том же случае, если исходные прямые совпадают, то общими элементами становятся все точки прямой, поэтому говорить о том, что совпадающие прямые пересекаются в бесконечно удаленной точке, вообще говоря, некорректно. Совпадающие прямые как представители класса прямых в данном случае пересекаются по прямой линии, являющейся носителем всех инцидентных с ними точек.

Геометрическая система предполагает наличие единственной и неизменной бесконечно удаленной прямой плоскости, которая имеет специальное название *iline*. Любая прямая пересекается с прямой *iline* в бесконечно удаленной точке, задаваемой определением (27). В то же время любая прямая может быть проведена через бесконечно удаленную (несобственную) точку и собственную точку плоскости. Этим обеспечивается отсутствие исключительных ситуаций в алгоритмах, в результате действия которых прямые линии, пересекавшиеся в собственной точке и через которую проводилась какая-либо третья линия, стали параллельными. Проведение прямой линии через две несобственные точки приведет к заданию бесконечно удаленной прямой плоскости.

И в заключение рассмотрим еще одну задачу, которую несложно решить с помощью задач, рассмотренных ранее, – построение ортогональной проекции вещественной точки на прямую линию. Безусловно, такую задачу можно выразить аналитически, однако не составит труда выполнить простые геометрические построения.

Проведем через точку, которую собираемся проецировать на прямую, окружность произвольного радиуса и найдем точки ее пересечения с исходной прямой. Результат может получиться как вещественный, так и мнимый. Проведем через полученные точки окружность, взяв эти точки как диаметральные. Независимо от того, какая образуется при этом окружность, ее центр – вещественная точка. Она и является ортогональной проекцией исходной точки на исходную прямую.

Описание операции ортогонального проецирования мнимых точек на действительную прямую линию отложим на некоторое время. Освещение этого вопроса потребует отсылки к образам и конструкциям, возникающим на проективной плоскости, в частности, к инволюционным преобразованиям, индуцируемым в рядах точек на проективной плоскости, что выходит за рамки темы данной статьи.

Автор надеется на то, что те несложные вопросы, которые были затронуты в статье, послужат полезным исходным материалом для тех

исследователей, кто действительно заинтересован в разработке программ и систем геометрического моделирования, создании собственных виртуальных геометрических лабораторий. Для справки в конце статьи приведен перечень формул, необходимых для выполнения простейших операций с комплексными числами. Все они находят применение в задачах, речь о которых шла в настоящей статье.

$$Z = X + Y:$$

$$\operatorname{Re}(Z) = \operatorname{Re}(X) + \operatorname{Re}(Y),$$

$$\operatorname{Im}(Z) = \operatorname{Im}(X) + \operatorname{Im}(Y).$$

$$Z = X - Y:$$

$$\operatorname{Re}(Z) = \operatorname{Re}(X) - \operatorname{Re}(Y),$$

$$\operatorname{Im}(Z) = \operatorname{Im}(X) - \operatorname{Im}(Y).$$

$$Z = X \times Y:$$

$$\operatorname{Re}(Z) = \operatorname{Re}(X) \times \operatorname{Re}(Y) - \operatorname{Im}(X) \times \operatorname{Im}(Y),$$

$$\operatorname{Im}(Z) = \operatorname{Re}(X) \times \operatorname{Im}(Y) + \operatorname{Re}(Y) \times \operatorname{Im}(X).$$

$$Z = X / Y:$$

$$\operatorname{Re}(Z) = \frac{\operatorname{Re}(X) \times \operatorname{Re}(Y) + \operatorname{Im}(X) \times \operatorname{Im}(Y)}{\sqrt{(\operatorname{Re}(Y))^2 + (\operatorname{Im}(Y))^2}},$$

$$\operatorname{Im}(Z) = \frac{\operatorname{Re}(Y) \times \operatorname{Im}(X) - \operatorname{Re}(X) \times \operatorname{Im}(Y)}{\sqrt{(\operatorname{Re}(Y))^2 + (\operatorname{Im}(Y))^2}}.$$

Список литературы

1. Инструмент для геометрического моделирования. Каким ему быть? // Проблемы качества графической подготовки: традиции и инновации: материалы V Междунар. интернет-конф.; февраль-март 2015 г. – Пермь, 2015.

2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. Для научных работников и инженеров. – М., 1973. – 832 с.

3. О перспективах развития геометрии и ее инструментария. // Проблемы качества графической подготовки: материалы IV Междунар. интернет-конф.; февраль-март 2014 г. – Пермь, 2014.

4. Вальков К.И. Введение в теорию моделирования. – Л.: Изд-во ЛИСИ, 1974. – 152 с.

5. Гирш А.Г. Наглядная мнимая геометрия. – М.: Маска, 2008. – 216 с.

6. Гирш А.Г. Задание и построение квадрики // Проблемы качества графической подготовки: материалы VII Междунар. интернет-конф. «Качество графической подготовки. Проблемы, традиции, инновации»; февраль-март 2017 г. – Пермь, 2017.

7. Гирш А.Г. Комплексная геометрия – евклидова и псевдоевклидова. – М.: Маска, 2013. – 216 с.

8. 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.

9. Короткий В.А. Мнимые элементы в алгебре и геометрии // Проблемы качества графической подготовки: традиции и инновации: материалы IV Междунар. интернет-конф.; февраль-март 2016 г. – Пермь, 2016.

10. Короткий В.А. Вещественные конические сечения на комплексной плоскости // Проблемы качества графической подготовки: материалы VII Междунар. интернет-конф. «Качество графической подготовки. Проблемы, традиции, инновации»; февраль-март 2017 г. – Пермь, 2017.

11. Дмитриева И.М., Иванов Г.С. О профессиональных компетенциях в преподавании начертательной геометрии // Проблемы качества графической подготовки: материалы VII Междунар. интернет-конф. «Качество графической подготовки. Проблемы, традиции, инновации»; февраль-март 2017 г. – Пермь, 2017.

12. Аракелян А.Г. Бесконечные последовательности взаимно касающихся окружностей // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4.

13. Сальков Н.А. Циклида Дюпена и кривые второго порядка. Ч. 1 // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 19–28.

14. Сальков Н.А. Циклида Дюпена и кривые второго порядка. Ч. 2 // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4. – № 3. – С. 17–28.

15. Сальков Н.А. Свойства циклид Дюпена и их применение. Ч. 1 // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3. – № 1. – С. 16–25.

16. Сальков Н.А. Свойства циклид Дюпена и их применение. Ч. 2 // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3. – № 2. – С. 9–22.

17. Сальков Н.А. Свойства циклид Дюпена и их применение. Ч. 3: сопряжения // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 3. – № 4.

18. Хейфец А.Л. Геометрическая точность компьютерных алгоритмов конструктивных задач // Проблемы качества графической подготовки: традиции и инновации: материалы IV Междунар. интернет-конф.; февраль-март 2016 г. – Пермь, 2016.

19. ГРАФОР: комплекс графических программ на Фортране / Ю.М. Баяковский [и др.] / Ин-т прикладной математики АН СССР. – М., 1972–1977.

20. Горелик А.Г. Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. – Минск: Высшая школа, 1980.

21. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabView для всех. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 904 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ И СТРУКТУРИРОВАНИЕ ЛИНЕЙЧАТЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗАДАЧ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

Гайдарь Олег Георгиевич

Донецкий национальный технический университет, Донецк

Пастернак Дмитрий Николаевич

В работе предложено реализовать решение конструктивных задач компьютерными методами. Для этого проведена классификация конструктивных задач и выявлены их элементарные составляющие – симплексы. Показано, что таких симплексов для линейчатых конструктивных задач существует всего десять.

Ключевые слова: конструктивные задачи, симплекс, классификация, параметризация, структурирование, линейчатые задачи.

CLASSIFICATION AND STRUCTURING OF LINEAL CONSTRUCTIVE SOLUTIONS THAT APPLIED TO COMPUTER MODELING

Gaidar Oleg Georgiyevich

Donetsk National Technical University

Pasternak Dmitry Nikolaevich

In this paper is propos to realize the solution of constructive problems by computer methods. For this purpose, a classification of constructive solutions was carry out and revealed their elementary components – simplexes. Presented that for linear constructive solutions there are ten simplexes.

Keywords: constructive solutions, simplex, classification, parametrization, structuring, line problems.

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 многие другие. Много внимания уделяли конструктивным задачам творцы современной математики: Декарт, Ферма, Ньютон, Паскаль, Эйлер, Гаусс. В XVII–XIX вв. разработана теория геометрических построений с помощью различных инструментов, отличных от принятых в древности. 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 в. теория геометрических построений сформировалась в обширную и глубоко развитую область математики, связанную с решением разнообразных принципиальных вопросов, уходящих в другие ветви математики.

В XXI в. отношение к конструктивным задачам стало неоднозначным. Многие считают их неинтересными, ненужными и даже надуманными. И в самом деле, где и зачем может понадобиться умение с помощью циркуля и линейки построить правильный многоугольник. С помощью компьютера это можно сделать быстрее, точнее, и особенно не напрягаясь [2, 3]. Тем не менее есть и другая точка зрения, и она неоднократно высказывалась специалистами, в том числе и в рамках данной интернет-конференции [4]. Во-первых, отмечается роль умения решать конструктивные задачи на построения для педагогического и психологического аспектов развития личностных компетенций математиков и инженеров [5]. Во-вторых, Д.В. Волошинов выдвинул идею «создания программных инструментов, которые эмулируют конструктивный геометрический метод» [6]. Эта очевидная и в то же время неожиданная идея о создании инструментария для геометрического эксперимента [7] вызвала у нас живой интерес и желание рассмотреть конструктивные задачи с точки зрения их программной реализации. Для этого необходимо начать с формализации постановки задачи, классификации и структурирования.

Будем называть конструктивной задачей следующего содержания: *даны фигуры $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$. Построить фигуру Φ , связанную с фигурами $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ определенными условиями.* Такими условиями могут быть равноудаленность, равнонаклонность, расположение на заданном расстоянии или под заданным углом. Конкретным примером конструктивной задачи может быть следующая: *даны плоскость Σ , точки A и B , прямые l и m . Построить плоскость Γ под углом α к плоскости Σ , равноудаленную от точек A, B , прямых l и m .*

В зависимости от размерности искомой фигуры конструктивные задачи разделяются на точечные (искомая фигура – точка), линейчатые (искомая фигура – прямая линия), плоскостные (искомая фигура – плоскость).

В зависимости от характера связей искомой фигуры с заданными фигурами конструктивные задачи делятся на параметрические и функциональные.

Параметрическими называются задачи, в которых искомая фигура связана с заданными фигурами определенными расстояниями или углами. Например: *даны прямые a, b, c, d . Построить прямую l на расстояниях r_1, r_2 от прямых a, b и под углами α, β к прямым c, d* . Параметрические задачи разделяются по характеру параметров на лонгометрические и гонометрические. Лонгометрической называется задача, в которой в качестве связи выступает заданное расстояние (например, в предыдущей задаче – расстояния r_1, r_2). Гонометрической называется задача, в которой в качестве связи выступают заданные углы (например, в предыдущей задаче – углы α и β).

Функциональными называются задачи, в которых искомая фигура связана с заданными фигурами равноудаленностью или равнонаклонностью. Например: *даны точки A, B, C и плоскости Σ и Γ . Построить прямую l , равноудаленную от точек A, B, C и равнонаклонную к плоскостям Σ и Γ* . Функциональные задачи разделяются по характеру связи на: эквилонгальные и эквигональные. Эквилонгальной называется задача, в которой в качестве связи выступает равноудаленность. Эквигональной называется задача, в которой в качестве связи выступает равнонаклонность.

Возможны и смешанные задачи – функционально-параметрические.

В зависимости от количества решений конструктивные задачи разделяются на неопределенные, определенные, переопределенные.

Неопределенной называется задача, в которой искомой фигуре – точке, или прямой, или плоскости – удовлетворяет множество таких фигур. Например, задача: *даны три скрещивающиеся прямые a, b, c . Построить прямую d , пересекающую заданные*, является неопределенной, так как искомым прямым можно построить множество, которое представляет собой однополостный гиперболоид.

Определенной называется задача, которая имеет конечное число решений. Так, задача: *даны четыре скрещивающиеся прямые a, b, c, d . Построить прямую e , пересекающую заданные*, является определенной, так как число решений является конечным.

Переопределенной называется задача, которая не может иметь решений. Речь идет не об отсутствии решения при определенных расположениях заданных фигур, а о принципиальной невозможности реше-

ния. Например, в предыдущей задаче возможны от 0 до 8 вариантов решений. Если же назначить пять скрещивающихся прямых, то построить шестую прямую, пересекающую заданные пять, невозможно. Задача эта переопределена. В ней один параметр (пятая прямая) лишний. Он исключает возможность решения задачи в принципе.

Как же установить по условию задачи, не зная ее решения, переопределена ли она или определена, или неопределенна? Ответ на этот вопрос дает теория параметризации. Множество точек трехмерного пространства является трехпараметрическим. Следовательно, нужно назначить три параметра, чтобы выделить конкретную точку этого множества. Множество прямых представляет собой четырехпараметрическое множество. Поэтому нужно задать четыре параметра, чтобы выделить конкретную прямую. Множество плоскостей является трехпараметрическим. Следовательно, необходимо назначить три параметра, чтобы выделить конкретную плоскость.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы. Если в задаче искомой фигурой является точка, в условии задачи должны быть заданы три параметра. Последние могут быть или расстояниями, или равноудаленностью либо сочетаниями этих параметров. Следует отметить, что когда речь идет о равноудаленности, то равные расстояния от двух геометрических фигур надо принимать за один параметр. Иными словами, если в задаче необходимо построить точку на заданных расстояниях от точек, то следует назначить три точки; если же необходимо построить точку, равноудаленную от точек, то необходимо задать четыре точки. Это утверждение относится и к линейчатым, и плоскостным задачам. Если искомой фигурой является прямая, в условии задачи должны быть заданы четыре параметра. Последние могут быть или расстояниями, или углами, или равноудаленностью, или равнонаклонностью, или сочетаниями этих параметров. При задании трех параметров задача будет неопределенной, при пяти – переопределенной. Если искомой фигурой является плоскость, в условии задачи должны быть три параметра. Они могут быть расстояниями, или углами, или равноудаленностью, или равнонаклонностью либо сочетаниями этих параметров. При задании двух параметров задача будет неопределенной, при четырех – переопределенной.

Все конструктивные задачи с точки зрения точности построения разделяются на циркульные и нециркульные. К циркульным относятся задачи, в которых решение сводится к построению прямых и окружно-

стей. К ним относятся задачи 1-й и 2-й степени. Степенью задачи называется степень уравнения, к которому сводится аналитическое решение задачи. Если в такой задаче возникает необходимость построения эллипса, гиперболы, параболы, то чертеж необходимо преобразовать коллинейно так, чтобы упомянутые кривые преобразовались в окружность. Прямая же при коллинейных преобразованиях преобразуется снова в прямую. Исключения составляют задачи, в которых возникает необходимость в построении двух кривых второго порядка, не связанных между собой ни общими фокусами (либо фокусом, если это параболы, что чаще и бывает), ни директориальной линией. Например, если в плоскости есть окружность и эллипс, то, преобразуя чертеж так, чтобы эллипс оказался окружностью, мы преобразуем и окружность в эллипс. Поэтому такая задача, хотя и является задачей второй степени, она все же относится к нециркульным. К нециркульным относятся задачи 3-й и выше степеней. Для их решения возникает необходимость построения лекальных кривых или сплайнов. Решение таких задач является приближенным. Точность решения зависит от точности построения кривой (количества взятых точек). Построение последней можно выполнить с наперед заданной точностью, следовательно, и решение задачи можно осуществить с требуемой точностью.

Попробуем разложить конструктивные задачи на «элементарные частицы», т.е. выделим из состава задач их наиболее простые составляющие, которые и назовем *симплексами* (*lat.: простой*). Просим не путать с термином «симплекс» из многомерной геометрии.

Дадим определение: *симплексом называется элементарная графическая операция, которая является составной частью решения конструктивной задачи*. Она уже не включает в себя другие, более простые операции. Симплекс можно сравнить с табличным интегралом, с одной операцией таблицы умножения (например $2 \times 2 = 4$), простыми числами. Симплексы следует воспринимать как табличные интегралы, таблицу умножения и т.п.

Для начала ограничимся рассмотрением только линейчатых конструктивных задач. Существуют 10 симплексов для решения линейчатых конструктивных задач [8]. Рассмотрим их.

1) Расстояние между заданной точкой A и искомой прямой x равно d . Множество прямых x представляет собой комплекс прямых, касательных к сфере с центром в точке A и радиусом d .

2) **Расстояние между заданной прямой a и искомой прямой x равно d .** Множество прямых x представляет комплекс прямых, касательных к цилиндру вращения с осью a и радиусом d .

3) **Угол между заданной прямой a и искомой прямой x равен α .** Множеством прямых x является комплекс прямых, параллельных образующим конуса вращения Φ с осью a и углом α между образующей и осью a .

4) **Угол между заданной плоскостью Γ и искомой прямой x равен β .** Данному симплексу соответствует комплекс прямых, параллельных образующим конуса вращения Φ с осью a , перпендикулярной плоскости Γ , и углом $\alpha = 90^\circ - \beta$ между образующей и осью a .

5) **Искомая прямая x равноудалена от заданных точек A и B .** Множество прямых, равноудаленных от данных точек A и B , представляет собой комплекс прямых, касательных к сферам Φ_i и Φ_j с центрами соответственно в точках A и B и радиусами R_i и R_j , попарно изменяющимися на одинаковую величину. Комплекс состоит из однопараметрического множества конгруэнций. Конкретную конгруэнцию можно выделить из комплекса, если назначить радиусы R_i и R_j равными какой-то конкретной величине. К двум сферам одинаковых фиксированных радиусов можно провести множество касательных прямых, представляющее конкретную конгруэнцию. Последняя, в свою очередь, состоит из однопараметрического множества однополостных гиперболоидов, одного конуса и одного цилиндра.

6) **Искомая прямая x равноудалена от заданных точки A и прямой b .** Множеству прямых x соответствует комплекс прямых, касательных к сфере Φ_i и цилиндру Φ_j . Центр сфер – точка A , ось цилиндров вращения Φ_j – прямая b . Радиусы сфер и цилиндров попарно изменяются на одинаковую величину. Комплекс содержит однопараметрическое множество конгруэнций. Если зафиксировать радиусы сферы и цилиндра какой-то конкретной величиной, выделим из комплекса конкретную конгруэнцию, состоящую из множества касательных, прямых к сфере и цилиндру.

7) **Искомая прямая x равноудалена от заданных прямых a и b .** Множество прямых x представляет собой комплекс прямых, касательных к двум цилиндрам вращения с осями a и b и равными радиусами, попарно изменяющимися на одинаковую величину. Комплекс состоит из однопараметрического множества конгруэнций. Конкретную конгруэнцию из этого множества можно выделить, если зафиксировать радиусы цилиндров какой-то величиной.

8) **Искомая прямая x равнонаклонена к заданным прямым a и b .** Множество прямых x представляет собой комплекс прямых, параллельных плоскостям Γ и Σ . Плоскости Γ и Σ образованы биссектрисами углов α и β , стороны которых являются пересекающимися прямыми c и d ($c \parallel a, d \parallel b$), и перпендикулярами m, n к плоскости Δ ($c \cup d$).

9) **Искомая прямая x равнонаклонена к заданным прямой l плоскости Γ .** Множеством прямых x является комплекс прямых, параллельных образующим конуса Φ . Конус Φ образован следующим образом. Назначим прямую l и плоскость Γ (рис. 1). Без ущерба для обобщения изложения, но для упрощения доказательства зададим прямую l и плоскость Γ в положении уровня – прямая во фронтальном, плоскость в горизонтальном положениях. Заметим здесь же, что если в задаче прямая и плоскость будут занимать общее положение, то следует преобразовать чертеж так, чтобы прямая и плоскость заняли положение уровня.

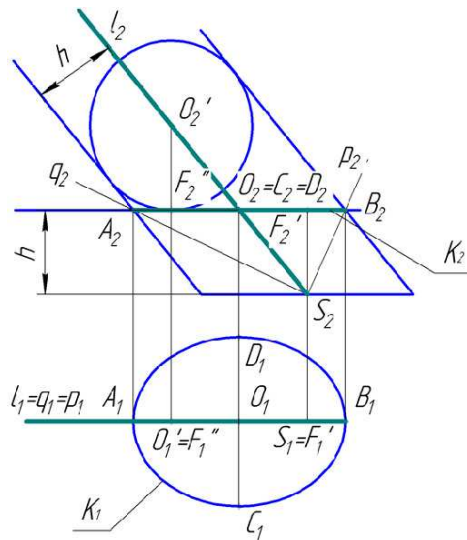


Рис. 1

Разделим углы, образованные прямой l и плоскостью Γ , пополам. Прямые q и p – биссектрисы этих углов. Точки, лежащие на прямых q и p , будут иметь равные расстояния от l и Γ . Множество прямых, проходящих через точку S ($S = l \cup \Gamma$), на которых находятся точки, одинаково удаленные от l и Γ , представляют собой конус Φ . Прямые q и p являются очерковыми образующими конуса Φ относительно фронтальной плоскости проекций. Точка S – вершина конуса Φ , прямая l – его ось.

Проведем горизонтальную плоскость Γ (Γ_2) на расстоянии h от плоскости Γ . Докажем, что плоскость Γ рассекает конус Φ по эллипсу.

Построим цилиндр вращения U с осью l и радиусом $R = h$. Плоскость Γ рассекает цилиндр U по эллипсу K . Поэтому эллипс K является множеством точек, равноудаленных от l и Γ . Но этим же свойством обладают и точки, образующие сечение конуса Φ плоскостью Γ . Таким образом, сечение K конуса Φ плоскостью Γ представляет собой эллипс. Отрезок AB – его большая ось, малая ось $CD = 2h$. Фокусами F' и F'' эллипса являются точки касания сфер, вписанных в цилиндр U [9].

Возьмем какую-нибудь образующую m конуса Φ . Все точки этой образующей одинаково удалены от прямой l и плоскости Γ . Следовательно, образующая m равнонаклонена к l и Γ . Аналогичное можно сказать о любой образующей конуса Φ . Таким образом, все образующие конуса Φ равнонаклонены к прямой l и плоскости Σ . Такое утверждение справедливо и для любой прямой пространства, параллельной какой-нибудь образующей конуса Φ .

10) Искомая прямая x равнонаклонна к заданным плоскостям Γ и Λ . Множество прямых x представляет комплекс прямых, параллельных плоскостям Σ и Δ . Плоскости Σ и Δ делят два двугранных угла α и β , образованных плоскостями Γ и Λ , пополам.

Все представленные симплексы хорошо известны, но они позволяют решить только весьма ограниченный круг циркульных конструктивных задачи. При этом остается нетронутым огромный пласт нециркульных задач. В последующих работах попытаемся разобраться в методологии решения конструктивных задач 3-й и выше степени.

Список литературы

1. Аргунов Б.И., Балк М.Б. Геометрические построения на плоскости. Пособие для студентов педагогических институтов – М.: Гос. учеб.-пед. изд-во Министерства просвещения РСФСР, 1957.

2 Хейфец А.Л. Начертательная геометрия как «бег в мешках» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: материалы V Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 292–325.

3. Хейфец А.Л. Геометрическая точность компьютерных алгоритмов конструктивных задач // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: материалы V Междунар. науч.-

практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – С. 367–387.

4. Волошинов Д.В. Начертательная геометрия. Есть ли у нее будущее в вузе? // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: материалы II Междунар. науч.-практ. интернет-конф.; г. Пермь, февраль-март 2011 г. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 103.

5. 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.

6. Волошинов Д.В. О перспективах развития геометрии и ее инструментария. // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: материалы IV Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – С. 47–60.

7. Волошинов Д.В. Инструмент для геометрического эксперимента: каким ему быть? // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: материалы V Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 111–134.

8. Пастернак Д.Н., Червоненко А.П., Погожельский Г.Ю. К вопросу о конструктивных задачах. – Деп. в ГНТБ Украины, № 1749 – Ук 93, 07.07.93.

9. Начертательная геометрия / Н.С. Четверухин [и др.]. – М.: Высшая школа, 1963. – С. 271.

ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ ВЕРОЯТНОГО ВОДОТОКА НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В БН-ИСЧИСЛЕНИИ

**Конопацкий Евгений Викторович,
Чернышева Оксана Александровна**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, ДНР

В статье предложены два вычислительных алгоритма, которые являются последовательным решением задачи построения линий вероятного водотока на топографической поверхности. Первый – для аналитического описания горизонталей отсека топографической поверхности, проходящей через 16 наперед заданных точек. Второй – принципиальный алгоритм построения линий вероятного водотока на топографической поверхности, в основу которого положена минимизация расстояния между двумя соседними горизонталями.

Ключевые слова: отсек топографической поверхности, горизонталь, линии водотока, вычислительный алгоритм, параметрические уравнения, БН-исчисление.

CONSTRUCTION OF THE PROBABILITY WATER COURSE LINES ON THE TOPOGRAPHIC SURFACE IN BN-CALCULATION

**Konopatskiy Evgeniy Viktorovich,
Chernisheva Oksana Alexandrovna**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article presents two computational algorithms which are the sequence solution of constructing lines of the probability water course on the topographic surface. The first algorithm is for the analytical description of the horizontals of the section of the topographic surface passing through 16 given beforehand points. The second one is a principal algorithm of constructing lines of the probability water course on the topographic surface, which was based on the minimization of the distance between two adjacent horizontals.

Keywords: the section of the topographic surface, the horizontal, water course, computational algorithm, parametric equations, BN-calculation.

Важное значение в анализе геодезических характеристик земельного участка занимают расположение и направление линий наибольшего уклона, которые характеризуют сток воды по поверхности. Задачу построения линий вероятного водотока можно считать актуальной, так как она даёт возможность применения цифровых моделей поверхности земельного участка для определения скорости развития эрозионных процессов на землях сельскохозяйственного назначения [1] и создаёт

предпосылки для разработки автоматизированной системы мониторинга состояния грунтов.

В литературе встречается достаточно большой круг исследований, посвященных построению линий наибольшего уклона на топографической поверхности. Из-за сложности аналитического представления топографической поверхности широкое распространение получил графический метод решения этой задачи, известный из начертательной геометрии. Кроме того, были разработаны численные методы решения этой задачи на основе дискретных методов построения цифровых моделей рельефа местности [2, 3].

В БН-исчислении (точечное исчисление Балюбы–Найдыша) подобная задача была рассмотрена в работе В.В. Кучеренко [4], в которой автор приводит алгоритмы построения горизонталей и линий наибольшего уклона для построения водотока на дискретно заданной поверхности, используя методы вариативного дискретного геометрического моделирования [5] и математический аппарат БН-исчисления. Однако эти алгоритмы относятся исключительно к тем методам задания топографической поверхности, которые автор использовал в своей работе. Применительно к способу аналитического описания топографической поверхности на основе 16-точечных отсеков [6] алгоритмы, представленные в работе, предложены впервые.

Основная часть

Компьютер оперирует числами. Поэтому для построения цифровых моделей рельефа местности возникает необходимость представления геометрических построений в виде последовательности математических операций. Так, в данном случае, для аналитического описания линий вероятного водотока воспользуемся математическим аппаратом – БН-исчислением [7–9], который позволяет представить известный из начертательной геометрии алгоритм построения линий вероятного водотока в виде последовательности точечных уравнений. Однако сначала необходимо решить задачу аналитического описания горизонталей отсека топографической поверхности.

Рассмотрим следующий вычислительный алгоритм построения горизонталей отсека топографической поверхности, проходящей через 16 наперед заданных точек [6], как линий пересечения горизонтальной плоскости с высотной отметкой hi и топографической поверхности.

1. Выбираем шаг построения горизонталей отсека топографической поверхности $\Delta h = h_i + l - h_i$.

2. Выражаем значение параметра τ через параметр t . Для этого необходимо для каждой горизонтали решить следующее уравнение относительно параметра τ :

$$h_i = \left(z_{A_0} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + z_{A_0} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right. \\ \left. + z_{A_1} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + z_{A_1} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + \\ + \left(z_{A_0} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + z_{A_1} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right. \\ \left. + z_{A_1} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + z_{A_2} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \\ + \left(z_{A_0} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + z_{A_2} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right. \\ \left. + z_{A_2} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + z_{A_3} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + \\ + \left(z_{A_0} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + z_{A_3} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right. \\ \left. + z_{A_3} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + z_{A_3} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3].$$

Решение данного уравнения в статье не приводится из-за его объема. Все вычислительные операции данного алгоритма выполнены авторами в VBA с последующей визуализацией результатов в AutoCAD.

3. Подставляем значение параметра $\tau = f(t)$ в точечное уравнение отсека топографической поверхности, проходящей через 16 наперед заданных точек, формируя таким образом однопараметрическое множество точек:

$$M_i = \left(A_{00} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + A_{10} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right) \\ \left(+ A_{20} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + A_{30} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [\bar{f}(t)^3 - 2,5\bar{f}(t)^2 f(t) + \bar{f}(t) f(t)^2] + \\ + \left(A_{01} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + A_{11} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right) \\ \left(+ A_{21} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + A_{31} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [9\bar{f}(t)^2 f(t) - 4,5\bar{f}(t) f(t)^2] + \\ + \left(A_{02} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + A_{22} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right) \\ \left(+ A_{22} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + A_{32} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [-4,5\bar{f}(t)^2 f(t) + 9\bar{f}(t) f(t)^2] + \\ + \left(A_{03} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + A_{13} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right) \\ \left(+ A_{23} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + A_{33} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [\bar{f}(t)^2 f(t) - 2,5\bar{f}(t) f(t)^2 + f(t)^3],$$

где $\bar{f}(t) = 1 - f(t)$.

$$\begin{aligned}
M_i = & \left(A_{00} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + A_{10} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[\bar{f}(t)^3 - 2,5\bar{f}(t)^2 f(t) + \bar{f}(t) f(t)^2 \right] + \\
& + \left(A_{20} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + A_{30} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[\bar{f}(t)^3 - 2,5\bar{f}(t)^2 f(t) + \bar{f}(t) f(t)^2 \right] + \\
& + \left(A_{01} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + A_{11} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[9\bar{f}(t)^2 f(t) - 4,5\bar{f}(t) f(t)^2 \right] + \\
& + \left(A_{21} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + A_{31} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[9\bar{f}(t)^2 f(t) - 4,5\bar{f}(t) f(t)^2 \right] + \\
& + \left(A_{02} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + A_{12} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[-4,5\bar{f}(t)^2 f(t) + 9\bar{f}(t) f(t)^2 \right] + \\
& + \left(A_{22} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + A_{32} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[-4,5\bar{f}(t)^2 f(t) + 9\bar{f}(t) f(t)^2 \right] + \\
& + \left(A_{03} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + A_{13} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[\bar{f}(t)^2 f(t) - 2,5\bar{f}(t) f(t)^2 + f(t)^3 \right] + \\
& + \left(A_{23} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + A_{33} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[\bar{f}(t)^2 f(t) - 2,5\bar{f}(t) f(t)^2 + f(t)^3 \right],
\end{aligned}$$

где $\bar{f}(t) = 1 - f(t)$.

Следует отметить, что на стадии построения горизонталей необходимо делать проверку, чтобы параметр τ , выраженный через параметр t , принадлежал интервалу $[0; 1]$. Иначе получим некоторый фрагмент горизонтали за пределами отсека топографической поверхности.

Переходя от точечных уравнений к параметрическим, для трёхмерного пространства получим:

$$\begin{aligned}
x_M = & \left(x_{A_{00}} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + x_{A_{10}} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[\bar{\tau}^3 - 2,5\bar{\tau}^2 \tau + \bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(x_{A_{20}} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + x_{A_{30}} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[\bar{\tau}^3 - 2,5\bar{\tau}^2 \tau + \bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(x_{A_{01}} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + x_{A_{11}} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[9\bar{\tau}^2 \tau - 4,5\bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(x_{A_{21}} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + x_{A_{31}} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[9\bar{\tau}^2 \tau - 4,5\bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(x_{A_{02}} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + x_{A_{12}} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[-4,5\bar{\tau}^2 \tau + 9\bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(x_{A_{22}} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + x_{A_{32}} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[-4,5\bar{\tau}^2 \tau + 9\bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(x_{A_{03}} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + x_{A_{13}} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[\bar{\tau}^2 \tau - 2,5\bar{\tau} \tau^2 + \tau^3 \right] + \\
& + \left(x_{A_{23}} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + x_{A_{33}} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[\bar{\tau}^2 \tau - 2,5\bar{\tau} \tau^2 + \tau^3 \right]; \\
y_M = & \left(y_{A_{00}} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + y_{A_{10}} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[\bar{\tau}^3 - 2,5\bar{\tau}^2 \tau + \bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(y_{A_{20}} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + y_{A_{30}} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[\bar{\tau}^3 - 2,5\bar{\tau}^2 \tau + \bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(y_{A_{01}} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{u}^2] + y_{A_{11}} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{u}^2] + \right) \left[9\bar{\tau}^2 \tau - 4,5\bar{\tau} \tau^2 \right] + \\
& + \left(y_{A_{21}} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{u}^2] + y_{A_{31}} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{u}^2 + t^3] \right) \left[9\bar{\tau}^2 \tau - 4,5\bar{\tau} \tau^2 \right] +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left(y_{\lambda_1} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + y_{\lambda_2} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right. \\
& \left. + y_{\lambda_3} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + y_{\lambda_4} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + \\
& + \left(y_{\lambda_1} [\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2 t + \bar{t}^2] + y_{\lambda_2} [9\bar{t}^2 t - 4,5\bar{t}^2] + \right. \\
& \left. + y_{\lambda_3} [-4,5\bar{t}^2 t + 9\bar{t}^2] + y_{\lambda_4} [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3] \right) [\bar{t}^2 t - 2,5\bar{t}^2 + t^3]; \\
& z_{\bar{t}} = \bar{h}_t.
\end{aligned}$$

4. Переходим к следующей горизонтали и повторяем вычисления.

Переходим ко второму алгоритму. Линии вероятного водотока как линии наибольшего уклона топографической поверхности определим, как кратчайшее расстояние между соседними горизонталями с помощью дифференциального исчисления. С учётом полученных уравнений горизонтали отсека топографической поверхности предлагается следующий принципиальный алгоритм построения линий вероятного водотока:

1. Выбираем горизонталь, имеющую наибольшую высотную отметку, и выделяем на ней исходную точку N_i .

2. Выбираем соответствующую друг другу пару точек: исходная точка N_i – текущая точка соседней горизонтали M_i , уравнение которой получено ранее на основе предыдущего алгоритма.

3. Определяем с помощью метрического оператора трёх точек прямой квадрат длины отрезка, соединяющего исходную точку с текущей точкой соседней горизонтали.

$$(N_i M_i)^2 = \sum_{N_i}^{M_i} = \sum (N_i - M_i)^2.$$

Таким образом, представляем квадрат длины отрезка как функцию от текущего параметра t . Далее нужно определить такое значение параметра t , при котором длина отрезка $N_i M_i$ будет минимальной.

4. Минимизируем квадрат длины отрезка $N_i M_i$. Для этого находим производную функции длины отрезка по параметру t и приравниваем её нулю:

$$(N_i M_i^2)'_t = 0$$

5. Решив полученное уравнение, получим несколько значений параметра t , при котором достигаются экстремальные значения квадрата длины отрезка $N_i M_i$. Выбираем из корней уравнения только те, которые принадлежат интервалу $[0; 1]$. Если таких значений будет несколько, то

необходимо сделать обратную подстановку в точечное уравнение длины отрезка $N_i M_i$ и выбрать из полученных значений то, которое соответствует минимальной длине отрезка $N_i M_i$.

6. Подставляем полученное значение параметра t в уравнение соответствующей горизонтали, и таким образом определяем точку K_i , которая и определяет отрезок линии наибольшего уклона топографической поверхности.

7. Далее сдвигаемся на одну горизонталь вниз и повторяем алгоритм, только в качестве исходной точки выбираем точку, полученную ранее на предыдущей горизонтали, т.е. $N_i + 1 = K$.

Выводы

В работе был разработан общий алгоритм построения горизонталей отсека топографической поверхности и линий вероятного водотока на топографической поверхности на основе математического аппарата БН-исчисления, что является основой для разработки автоматизированной системы мониторинга состояния грунтов. Следует отметить, что вычислительные алгоритмы построения горизонталей и линий водотока получены на основе геометрических алгоритмов построения геометрических объектов, обладающего наперед заданными свойствами, и являются инвариантными по отношению к любому способу определения поверхности в БН-исчислении.

Список литературы

1. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.

2. Караев А.И., Кузьминов В.В. Повышение точности метода построения линий уровня на поверхности земельных участков сельскохозяйственного назначения // Системні технології: регіон. міжвуз. зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 2 (43). – С. 100–106.

3. Караев О.Г., Кузьминов В.В. Алгоритм побудови ліній рівня на ділянках ґрунтів земель сільськогосподарського призначення // Прикл. геом. та інж. граф. Праці ТДАТА – Вип. 4, т. 28. – Мелітополь: ТДАТА, 2004. – С. 37–46.

4. Кучеренко В.В. Формалізовані геометричні моделі нерегулярної поверхні для гіперкількісної дискретної скінченної множини точок: дис. ... канд. техн. наук. – Мелітополь, 2013. – 234 с.

5. Найдиш В.М. Дискретна інтерполяція. – Мелитополь, 2008. – 250 с.

6. Чернышева О.А. Аппроксимация топографической поверхности с помощью дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки на основе полиномов Бернштейна // Ситуационные центры и информационно-аналитические системы для задач мониторинга и безопасности – SC-IoT-VRTerro2016: SCVRT1516: тр. межд. науч. конф.; Протвино, 21–24 ноября 2016 г. (V Междунар. конф. и школа-сем. для молодых ученых). – М.: Царь Град, 2016. – С. 134–138.

7. Балюба И.Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении: дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01. – Макеевка: Изд-во МИСИ, 1995. – 227 с.

8. Найдыш В.М., Балюба И.Г., Верещага В.М. Алгебра БН-исчисления // Прикладна геометрія та інженерна графіка: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Киев: КНУБА, 2012. – Вип. 90. – С. 210–215.

9. Балюба И.Г., Найдыш В.М. Точечное исчисление: учеб. пособие / под ред. В.М. Верещаги. – Мелитополь: Изд-во МГПУ им. Б. Хмельницкого, 2015. – 236 с.

ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КОНИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ НА КОМПЛЕКСНОЙ ПЛОСКОСТИ

Короткий Виктор Анатольевич

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

Рассмотрены геометрически точные проективные алгоритмы построения кривых второго порядка (КВП), заданных смешанным набором действительных и мнимых элементов. Мнимые точки и мнимые прямые изображаются маркерами и марками. Доказана гомеоморфность четырехпараметрических множеств маркеров и марок множеству мнимых точек и мнимых прямых на комплексной плоскости. Даны примеры решения геометрических задач с участием мнимых точек и мнимых прямых.

Ключевые слова: геометрически точный алгоритм, мнимая точка, мнимая прямая, эллиптическая инволюция.

REAL CONIC IN THE COMPLEX PLANE

Korotku Wiktor Anatoliewith

South Ural State University

Considered geometrically exact projective algorithms for constructing curves of the second order defined a mixed set of real and imaginary elements. Imaginary point and the imaginary straight are shown with markers and stamps. Proven homeomorphism che-tyrehtsiklicheskoj sets of markers and stamps many imaginary points and imaginary lines in the complex plane. The examples of solving geo-metric tasks involving imaginary points and imaginary lines.

Keywords: geometrically exact algorithm, the imaginary point, imaginary video, the elliptic involution.

Введение

Если на плоскости задана декартова система координат x, y , то любая точка M имеет координаты (x, y) . И наоборот, любые два числа (x, y) указывают точку на плоскости. Если числа x, y действительные, они указывают действительную точку. Если хотя бы одно из чисел x, y комплексное, получаем мнимую точку. Например, точка M с координатами $x = a + jb, y = c + jd$ – мнимая точка. С ней сопряжена точка $N (x = a - jb, y = c - jd)$. Через две мнимые сопряженные точки проходят единственная вещественная прямая, однопараметрическое множество (пучок) окружностей, трехпараметрическое множество конических сечений. И вообще, указание пары мнимых сопряженных точек отнимает у любой ал-

гебраической кривой две степени свободы точно так же, как и указание двух вещественных точек.

Плоскость, дополненная мнимыми точками, называется комплексной плоскостью [1, с. 107]. Понятие «мнимая точка» применимо только к алгебраическим многообразиям на комплексной плоскости. Неалгебраические кривые не могут быть инцидентны мнимым точкам.

Наряду с мнимыми точками на комплексной плоскости рассматриваются мнимые алгебраические кривые (с мнимыми коэффициентами). Например, прямая g с уравнением $(A_1 + jA_2)x + (B_1 + jB_2)y + C_1 + jC_2 = 0$ называется мнимой прямой. Прямую f с уравнением $(A_1 - jA_2)x + (B_1 - jB_2)y + C_1 - jC_2 = 0$ называют прямой, сопряженной с первой. Мнимые сопряженные прямые g, f пересекаются в вещественной точке V .

Изображение мнимых линейных элементов

Едва ли не самый главный вопрос, возникающий при геометрических построениях с участием мнимых линейных элементов (мнимых точек и мнимых прямых), связан с их изображением на чертеже. Невозможно указать мнимую точку кончиком карандаша или начертить мнимую прямую с помощью линейки. Это «недоступные» геометрические фигуры.

В начертательной геометрии накоплен опыт построений с недоступными элементами. Например, недоступную для карандаша несобственную точку указывают направлением, что совершенно не затрудняет последующие графические построения с ее участием. В курсе перспективы решают задачу проведения прямой через недоступную точку пересечения двух прямых. Следовательно, физическая недоступность элементов еще не означает невозможность их использования в конструктивных построениях.

Очевидно в алгебре эта проблема давно решена: мнимой точке ставят в соответствие комплексные координаты $x = a + jb$, $y = c + jd$ и спокойно выполняют любые алгебраические расчеты.

Попробуем сконструировать графический аналог мнимых алгебраических образов. Пусть на плоскости дана декартова система координат x, y . Требуется сопоставить с мнимыми точками $M(a + jb, c + jd)$, $N(a - jb, c - jd)$ вещественную геометрическую фигуру, которую можно было бы использовать при выполнении построений с участием этих точек.

По известным мнимым координатам точек M, N рассчитаем коэффициенты уравнения $Ax + By + 1 = 0$ действительной прямой $v = MN$, и начертим ее на плоскости x, y . Это делается очень просто: в уравнение

$Ax + By + 1 = 0$ подставляем мнимые координаты точек M, N и из полученной системы двух линейных уравнений с мнимыми коэффициентами находим коэффициенты A, B . Мнимые единицы благополучно сокращаются в процессе алгебраических преобразований. Получен предварительный результат: точки M, N инцидентны вещественной прямой v . Но положение точек на прямой v пока не определено.

Повернем исходную декартову систему координат x, y таким образом, чтобы прямая v стала осью x . Рассчитаем комплексные координаты точек M, N в новой системе координат. Координата y точек M, N становится равна нулю. Координаты xM, xN точек M, N на оси $x = v$ выражаются парой сопряженных комплексных чисел $xM = e + jr, xN = e - jr$.

Теперь самое главное. Будем считать мнимые сопряженные точки M, N двойными точками эллиптической инволюции на прямой v . Найдем какие-либо две пары действительных точек, соответственных в этой инволюции, используя уравнение инволюции $x1 = (kx + 1) / (qx - k)$, где x и $x1$ – координаты пар действительных соответственных точек. Для определения неизвестных коэффициентов q, k подставляем в характеристическое уравнение инволюции $qx^2 - 2kx - 1 = 0$ известные мнимые координаты xM, xN двойных точек M, N . Получаем два линейных уравнения с комплексными коэффициентами, из которых определяем вещественные значения q, k (мнимые единицы взаимно сокращаются в процессе преобразований). Подставляя в уравнение инволюции произвольные значения x , находим соответствующие значения $x1$. В результате на прямой $v = x$ получаем сколько угодно соответственных пар точек в инволюции с двойными мнимыми точками M, N . Инволюция вполне определена двумя парами соответственных точек, поэтому отметим только две пары $R-R1, T-T1$.

Кажется, задача графической визуализации мнимых сопряженных точек M, N , заданных комплексными координатами на комплексной плоскости, полностью решена. Нам удалось поставить в соответствие этим точкам вещественную геометрическую фигуру, состоящую из прямой v с отмеченной на ней упорядоченной четверкой точек $R-R1, T-T1$.

Такой вариант визуализации имеет два недостатка. Первый заключается в том, что точки M, N неразличимы, как неразличимы полюса магнита или контакты (плюс-минус) электрической батареи. Для идентификации полюсов или контактов в физике принимают дополнительные соглашения. В геометрии тоже приходится прибегать к такому дополнительному соглашению, вводя понятие направленной инволюции.

Мы этого делать не будем, т.е. примиримся с первым недостатком. Второй недостаток связан с тем, что такую конструкцию неудобно использовать в конструктивных построениях.

Второй недостаток полностью устранил А.Г. Гирш, предложив для изображения мнимых точек использовать «маркер» вместо четверки коллинеарных точек [2]. Маркер $\{v, L\}$ состоит из прямой v и не принадлежащей этой прямой точки L , из которой инволюция $R-R_1$, $T-T_1$ проецируется ортогональным пучком прямых.

Такая, казалось бы, незначительная модификация дает ощутимый эффект, практически уравнивая в конструктивном смысле мнимые и действительные точки. Мнимые точки на чертеже и построения с их участием становятся простым и наглядным делом. Этот яркий эффект от небольшой модификации можно сравнить с незначительной, но совершенно революционной перегруппировкой коэффициентов кубического многочлена Фергюсона, в результате которой получена кривая Безье, ставшая основой многих САД-систем (Corel и др.). Точно так же маркер, состоящий из одной прямой и одной точки (вместо четырех!), стал основой современной комплексной геометрии [3, 4].

Между четырехпараметрическим множеством мнимых сопряженных пар точек комплексной плоскости и четырехпараметрическим множеством маркеров действительной плоскости установлено взаимно однозначное соответствие. Всякой паре точек $M(a + jb, i + jd)$, $N(a - jb, c - jd)$ отвечает единственный маркер $\{v, L\}$, образованный прямой $v = MN$ и вершиной L ортогонального пучка, высекающего на v эллиптическую инволюцию с двойными точками M, N . И наоборот, произвольно начерченному на плоскости xu маркеру $\{v, L\}$ соответствует единственная пара мнимых сопряженных точек – мнимых двойных точек эллиптической инволюции, установленной на v ортогональным пучком L . Следовательно, множество вещественных геометрических фигур (маркеров) гомеоморфно множеству пар комплексно сопряженных мнимых точек.

Пусть мнимые сопряженные прямые g, f являются двойными прямыми эллиптической инволюции в пучке с вершиной $V = gf$. Следуя А.Г. Гиршу, будем изображать пару мнимых сопряженных прямых «маркой» в форме прямоугольника с центром в точке V . Взаимно перпендикулярные прямые, соединяющие середины противоположных сторон марки, указывают ортогональные направления инволюции в пучке V , а диагонали марки – главные направления, симметричные относительно ортогональных. Множество марок гомеоморфно множеству пар мнимых сопряженных прямых.

Мнимые линейные элементы в геометрических построениях

Когда говорят о построениях с участием мнимых элементов, то имеют в виду графические действия, эквивалентные решению алгебраических уравнений или их систем. Например, можно найти мнимые точки пересечения алгебраических кривых, но бессмысленно ставить задачу поиска мнимых точек пересечения окружности с какой-либо трансцендентной кривой. На комплексной плоскости обитают только алгебраические многообразия.

Но зато среди алгебраических многообразий мнимые и действительные элементы выступают практически на равных. Например, с одинаковой легкостью можно провести окружность как через три вещественные точки, так и через одну вещественную точку и пару мнимых (рис. 1).

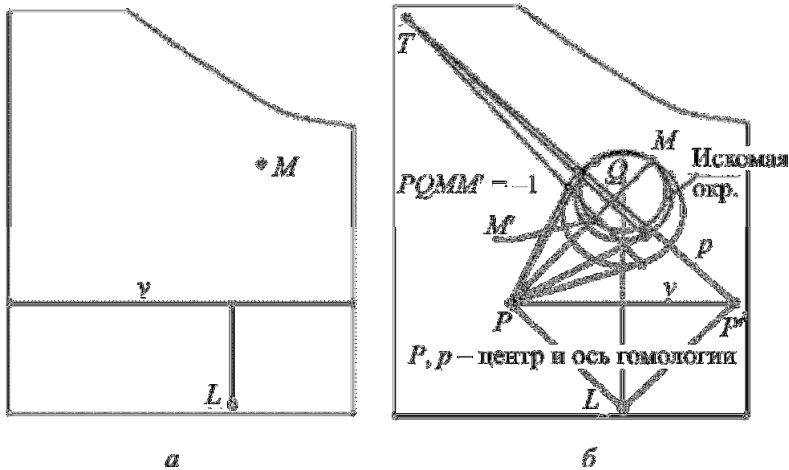


Рис. 1. Построение окружности, заданной тремя точками, две из которых мнимые: *a* – исходные данные; *б* – решение

Существенное отличие состоит в том, что в паре сопряженных мнимых точек нельзя разобрать, кто есть кто (см. выше). Также не стоит забывать, что на комплексной плоскости множество пар мнимых сопряженных точек четырехпараметрично, а вещественных – двухпараметрично. В результате кривая второго порядка содержит «гораздо больше» мнимых точек, чем действительных (однопараметрическое множество действительных точек и двухпараметрическое множество пар мнимых сопряженных точек). Рассмотрим пример конструктивного построения с участием мнимых точек, заданных на чертеже своими маркерами.

Пример. Проективитет полей Π , Π' задан мнимыми соответственными точками. Требуется найти в заданных полях четверку проективно соответственных действительных точек («избавиться от мнимостей»).

Пусть мнимые сопряженные точки $\{n, Ln\}$ и $\{m, Lm\}$ поля Π проективно соответствуют точкам $\{n', L'n\}$ и $\{m', L'm\}$ поля Π' (рис. 2). Для конструктивной реализации решения используются вспомогательные конические сечения, проходящие через мнимые точки (рис. 3). Условию примера удовлетворяют четыре различных проективитета, что объясняется неопределенностью порядка взаимного соответствия мнимых сопряженных точек.

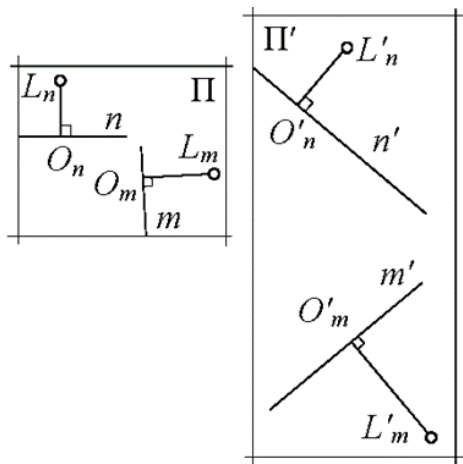


Рис. 2. Проективитет плоских полей Π , Π' , заданный четырьмя парами мнимых соответственных точек (исходные данные)

Пример интересен не своей непривычной формулировкой, а демонстрацией тех преимуществ, которые мы получаем, решая алгебраическую задачу геометрическими методами. Аналитическое решение с использованием декартовых координат сводится к формальной записи восьми линейных уравнений с комплексными коэффициентами относительно восьми неизвестных коэффициентов проективного преобразования и последующему вычислению определителей 8 порядка (мнимые единицы сокращаются в процессе алгебраических преобразований).

Можно только почувствовать математику, взяв себя за решение такой задачи. Используя «Маткад» или другой программный продукт, позволяющий выполнять алгебраические преобразования, он, конечно, доведет решение до числа. Но полученное решение будет не

слишком точным. Эксперимент показал, что при значениях координат заданных соответственных точек в диапазоне $1 \dots 10$ единиц и выполнении расчетов с пятью знаками после запятой финальная ошибка (абсолютная разность левых и правых частей в уравнениях проективного преобразования) составляет $0,1 \dots 0,2$ единицы. А если координаты заданных точек различаются на порядки? Какая тогда будет вычислительная погрешность?

В отличие от алгебраического геометрическое решение с использованием вспомогательных эталонно вычерчиваемых КВП (см. рис. 3) позволяет получить решение с точностью «до привязок». Иначе говоря, проверочная точка, заданная перед началом эксперимента, совпадает с экспериментально построенной точкой с точностью, равной точности встроенного вычислителя. Ошибка не накапливается!

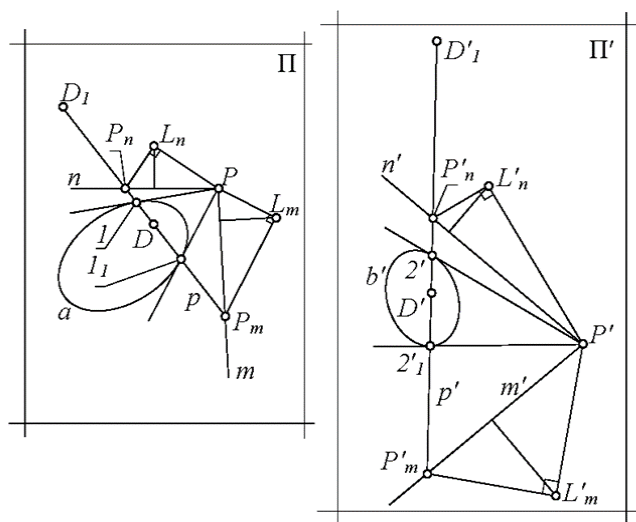


Рис. 3. Построение соответственных точек $D-D1$ в проективитете, заданном маркерами мнимых точек

Дело в том, что в рассмотренном примере кривая второго порядка (вернее, геометрически точный алгоритм ее построения) выступает как своеобразная геометрическая машина, заменяющая большое количество элементарных алгебраических операций, причем работающая совершенно независимо ни от условий конкретной задачи, ни от выбора системы координат и их абсолютных значений. Применение КВП как эталонной кривой в геометрических алгоритмах эквивалентно замене последовательных вычислений (при которых арифметическая ошибка

растет как снежный ком) параллельными расчетами. Почему в машиностроении размеры ставят не цепочкой, а ступенькой (от базы)? Чтобы не накапливать ошибку.

Графические аналоговые методы технического проектирования, основанные на понятии «линия», традиционно считавшиеся неточными, приближенными (в силу неточности чертежных инструментов, плазов, шаблонов и т.п.), на сегодняшний день не уступают в точности расчетно-аналитическим методам, зачастую превосходя их в простоте и наглядности.

Построение КВП, заданной мнимыми линейными элементами

Существует семь пар взаимно двойственных сочетаний (специализаций) вещественных и мнимых линейных элементов, задающих КВП на комплексной плоскости (рис. 4). Для всех 14 специализаций составлены геометрически точные проективные алгоритмы, позволяющие «избавиться от мнимостей» и перейти из комплексной плоскости в действительную.

Для построения КВП на действительной плоскости следует обратиться к программному средству «Кониограф» [5]. Отличительная особенность «Кониографа» состоит в том, что конечный результат работы программы – вовсе не вычерчивание кривой второго порядка, а геометрически точное построение ее метрики (вершин, асимптот, фокусов).

Понятия «геометрически точное решение» и «точность конструктивного решения» имеют разный смысл. Геометрически точным называют решение, для конструктивной реализации которого используют лишь два графических примитива – прямую линию и окружность. Геометрически точное решение может быть выполнено тупым циркулем и кривой линейкой. Инженерная, конструктивная точность такого решения невелика.

Вместе с тем существует очевидная связь: чем проще алгоритм, чем меньше он содержит графических примитивов, тем выше принципиально возможная точность его конструктивной реализации.

Геометрически точное решение – самое простое из возможных. Поэтому геометрически точный графический алгоритм построения метрики КВП следует признать наиболее точным в инженерном, конструктивном смысле по сравнению с другими способами решения задачи.

Кривые второго порядка – это вспомогательный инструмент, своеобразный графический эталон, применяемый в компьютерном геомет-

рическом моделировании. Эталон должен обладать наивысшими метрологическими свойствами. Программное средство «Кониограф» вместе с пакетом алгоритмов обеспечивает эталонно точное определение метрики КВП, заданной любым непротиворечивым сочетанием действительных и мнимых линейных элементов на комплексной плоскости.



Рис. 4. Классификатор специализаций, определяющих КВП на комплексной плоскости

Как начертить непрерывную КВП, если построена ее метрика? Вычерчивание непрерывной КВП с известной метрикой (центром, вершинами, асимптотами, фокусами), очевидно, не представляет никакого труда и может быть выполнено самыми разными способами в любой САД-системе с любой требуемой точностью.

Частные случаи

Рассмотрим некоторые частные случаи сочетаний действительных и мнимых линейных элементов, задающих коническое сечение.

1. Если пара заданных мнимых точек совпадает с циклическими точками, то задача заметно упрощается, поскольку требуется построить окружность. Например, если КВП задана пятью точками, две из которых циклические, получаем задачу: построить окружность, проходящую через действительную точку и пару мнимых сопряженных точек (рис. 5).

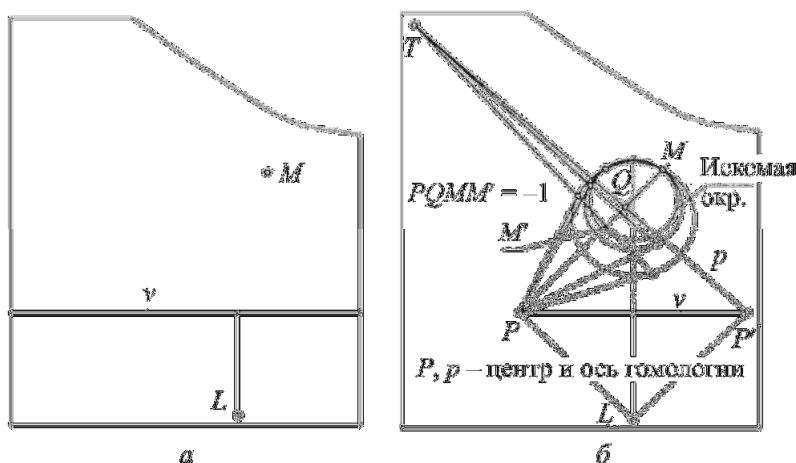


Рис. 5. Построение окружности, заданной тремя точками, две из которых мнимые: *a* – исходные данные; *б* – решение

2. Пусть эллипс задан тремя действительными A, B, C и двумя мнимыми несобственными точками U, W , не совпадающими с циклическими. Действительные несобственные точки на чертеже задают действительными направлениями. Мнимые несобственные точки задают направлениями мнимых двойных прямых эллиптической инволюции в пучке с вершиной в произвольной точке V . Построим прямоугольную марку этой инволюции и аффинно растянем ее в квадрат. Инволюция в пучке V стала ортогональной, а мнимые точки U, W совпали с циклическими.

Точки A, B, C сместились. Проводим окружность через смещенные точки A, B, C и обратным аффинным сжатием получаем искомый эллипс.

3. Отметим экзотический частный случай, когда мнимые точки инцидентны мнимым касательным. Требуется построить КВП, проходящую через действительную точку A и касающуюся мнимых сопряженных прямых в указанных на них мнимых точках касания. Несмотря на пугающую формулировку, задача решается исключительно просто [6, с. 110].

Заключение

В результате выполненной работы кривая второго порядка стала такой же простой и эталонно точной кривой, как прямая линия и окружность. Успешное решение проблемы геометрически точного моделирования КВП, заданной любым сочетанием действительных и мнимых точек и касательных, не связано с каким-либо определенным разделом техники или какой-либо актуальной народно-хозяйственной задачей, но вносит вклад в развитие компьютерного геометрического моделирования как неотъемлемой части всех разделов современной инженерной деятельности. Это приводит к тому, что практические приложения выполненного исследования не концентрируются в каком-либо конкретном разделе техники, а могут применяться в самых разных ее отраслях.

Список литературы

1. Атанасян Л.С., Базылев В.Т. Геометрия: учеб. пособие: в 2 ч. – М.: Кнорус, 2015. – Ч. 1. – 400 с.
2. 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
3. Гирш А.Г. Комплексная геометрия – евклидова и псевдоевклидова. – М.: Маска, 2013. – 216 с.
4. Гирш А.Г. Наглядная мнимая геометрия. – М.: Маска, 2008. – 216 с.
5. Короткий В.А., Хмарова Л.И. Универсальный компьютерный коникограф // GraphiCon 2016: тр. 26-й Междунар. науч. конф.; 19–23 сентября 2016. – Н. Новгород, 2016. – С. 347–351.
6. Суворов Ф.М. Об изображении воображаемых точек и воображаемых прямых на плоскости и о построении кривых линий второй степени, определяемых с помощью воображаемых точек и касательных. – Казань: Типография императорского Университета, 1884. – 130 с.

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСПЫЛЕНИЯ ТОПЛИВА В ЗАДАЧАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Масленников Дмитрий Александрович

Донецкий национальный технический университет, Донецк

В работе рассмотрены вопросы графического отображения результатов исследований в задачах вычислительной гидродинамики. Представлены результаты научных исследований, полученные в численной форме и представленные в виде графической информации.

Ключевые слова: графическое отображение, вычислительная гидродинамика, компьютерное моделирование.

THE GRAPHICAL PRESENTATION OF THE RESULTS OF FUEL SPRAY RESEARCH IN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS PROBLEMS

Maslennikov Dmitry Alexandrovich

Donetsk National Technical University

The paper deals with the graphical representation of the results of research in computational fluid dynamics problems. Presented research results obtained in numerical form and presented in the form of graphical information.

Keywords: graphical representation, computational fluid dynamics, computer simulation.

Введение

Методы компьютерного моделирования физических процессов являются важным инструментом, предопределяющим новые возможности, и востребованы во многих областях знания, науки и инженерных технологий. Их использование позволяет в значительной степени сократить и оптимизировать процесс исследования. А компьютерная графика позволяет представить результаты научных исследований, выраженные в численной форме, в виде визуальных образов. Графическое представление численных данных облегчает работу с информацией.

В последние годы наиболее широкое распространение в исследованиях механики жидкости получили методы компьютерного моделирования. В основном это связано с очень динамичным развитием аппаратных средств вычислительной техники и программного обеспечения. Использование компьютерного моделирования на начальных этапах

проектирования значительно снижает затраты и ускоряет внедрение нового решения, что приводит к снижению эксплуатационных расходов.

Примером применения на этапах проектирования компьютерного моделирования является автомобильная промышленность [1]. Моделирование и визуализация результатов применяются при проектировании аэродинамического обвеса автомобиля, исследуется движение жидкостей и газов в системах двигателя (турбулентный поток внутри камеры сгорания, течение газа в выхлопных коллекторах, система охлаждения, процессы впрыска и испарения топлива), вентиляции и кондиционирования воздуха салона, сцепление шин с дорожным покрытием в различных условиях.

Вычислительная гидродинамика (англ. computational fluid dynamics, CFD) – подраздел механики сплошных сред, включающий совокупность физических, математических и численных методов, предназначенных для вычисления характеристик потоковых процессов и визуализации этих процессов [2].

Программы CFD (вычислительная гидродинамика) позволяют проводить подробный анализ химических и физических процессов, при этом нет необходимости в больших затратах времени и дорогостоящих экспериментальных исследованиях во время цикла разработки и модернизации. Возможно получить необходимую информацию о потоке жидкости (распределение поля скоростей, поля давления), движении тепла (температурного поля) и массы, а также получить детальное изображение этих процессов. Это достигается путем численного решения уравнений, описывающих обмен импульсом, массы и энергетического баланса. А графическое представление результатов исследований существенно облегчает обеспечение контроля и лучшего понимания численных результатов

Повышение уровня знаний о сложных механизмах гидродинамика может быть достигнуто за счет правильной экспериментальной проверки моделей. Основные характеристики гидродинамического процесса могут быть исследованы с помощью оптических методов анализа потоков:

- ♦ цифровой метод измерения полей скорости с использованием индикаторных частиц, который основан на последовательной корреляции двух последовательных изображений потока;

- ♦ визуализация структур течения. Цифровая запись изображений и последующая их обработка позволяют определить следы частиц, взвешенных в потоке. Таким образом, создается образ структуры потока и облегчается интерпретация основных характеристик поля скоростей.

Использование этой информации является основой для оценки адекватности графического отображения результатов компьютерного моделирования [7].

Моделирование процесса распыления топлива

Для моделирования процесса распыления топлива прежде всего необходимо создание геометрической модели.

CFD-моделирование использует геометрию (геометрическое распределение элемента объема). Моделирование процесса распыления топлива проводилось в замкнутом объеме, форма которого – цилиндр высотой и диаметром 90 мм, что соответствует форме камеры сгорания. Объем цилиндра разбит на равные кубические ячейки с длиной ребра 1 мм. Для адекватного отображения графической информации модель распыления топлива должна охватывать многофазовые явления и требует одновременного решения уравнений для жидкой и газовой фазы. Модель процесса распыления топлива основана на подмоделях, которые в значительной степени влияют на качество моделирования процесса впрыска топлива. Используемая модель состоит из следующих подмоделей:

- ◆ турбулентная модель распада капель топлива,
- ◆ модель испарения топлива,
- ◆ модель распада капель.

Из анализа литературы [8, 9] можно выделить следующие подмодели распыления топлива:

- ◆ турбулентная модель распада капель топлива – стохастическая модель,
- ◆ модель испарения топлива – модель Дуковича,
- ◆ модель распада капель – КНРТ (модель поверхностных волн Кельвина–Гельмгольца (КН) и распределение Рэлея–Тейлора (RT)).

Таким образом, визуальное отображение распыления топлива учитывает движение и распад капель топлива, влияние на этот процесс внешних сил. При использовании модели КНРТ предполагается, что инжектор образует коническую струю.

Приведенные выше модели были использованы для моделирования распыления топлива в бензиновом ДВС с непосредственным впрыском в камеру сгорания. Верификация компьютерной модели выполнена на основании оптических исследований [11].

Для наглядного представления и анализа результаты численного решения процесса распыления топлива представляются в виде графи-

ков, цветных полей распределения переменных или векторных полей, линий тока, числовых значений параметров в заданных областях, трехмерной модели процесса. Форма графического представления результатов компьютерного моделирования должна наилучшим образом отражать физическую сущность исследуемых процессов.

Некоторые результаты моделирования, связанные с физической картиной протекающих в камере сгорания процессов, показаны на рис. 1–4.

На рис. 1 показана трехмерная модель распределения капель распыленного топлива в камере сгорания. Для наглядности графического отображения процесса испарения топлива градиенты показывают распределение диаметра капель.

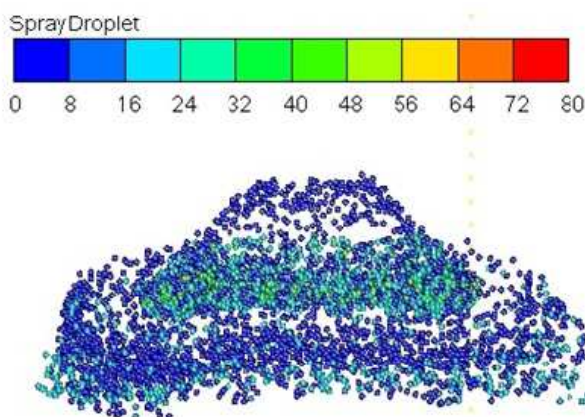


Рис. 1. Трехмерная модель, показывающая распределение капель распыленного топлива

Модель позволяет наглядно продемонстрировать процесс распыления топлива при помощи трехмерной поверхности с постоянным коэффициентом избытка воздуха (рис. 2).

На рис. 3 показано векторное поле скоростей в камере сгорания в момент распыления топлива. Анализ этого поля позволяет определить степень взаимодействия топлива с воздухом. Завихрения на поверхности топливной струи влияют на скорость испарения капель и процессы перемешивания.

После завершения впрыска распределение топлива в камере сгорания неравномерное, это показано на рис. 4. Можно выделить области с различным λ -коэффициентом избытка воздуха топливно-воздушной смеси.

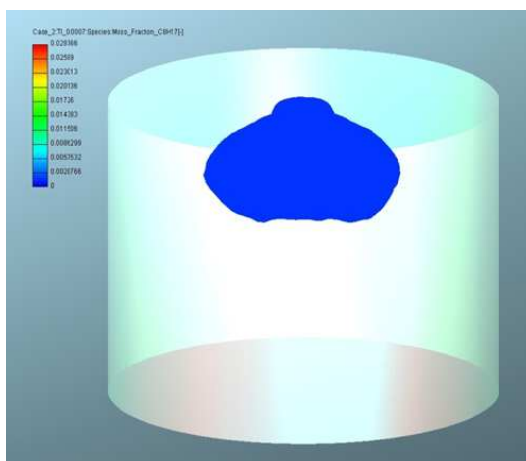


Рис. 2. Процесс распыления топлива (трехмерная поверхность с постоянным коэффициентом избытка воздуха)

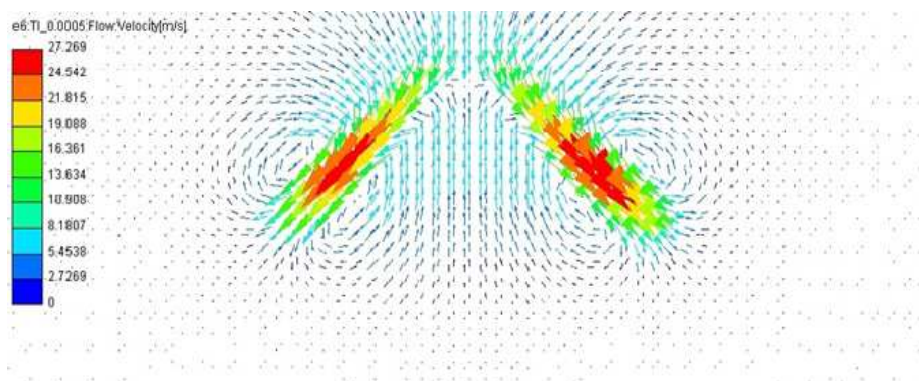


Рис. 3. Векторное поле скоростей в камере сгорания

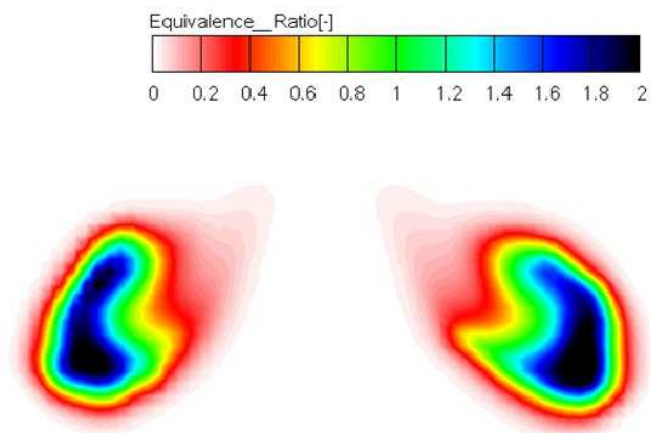


Рис. 4. Распределение топлива в камере сгорания

Из всего вышеизложенного следует, что в настоящее время графическое представление данных зачастую становится единственным инструментом, способным прояснить суть моделируемого физического процесса.

Вычислительная гидродинамика (Computational fluid dynamics) позволяет моделировать химические и физические процессы.

Компьютерное моделирование и графическое отображение результатов используется, когда непосредственное наблюдение за поведением объекта не представляется возможным или является сложным при проведении экспериментов.

Список литературы

1. AVL FIRE ver. 2009. ICE Physics&Chemistry. – AVL Graz 2009.
2. Вычислительная гидродинамика. – URL: https://tpolis.com/ansys/files/ansys_gidrodinamic.pdf.
3. Potentials of the Spray-Guided BMW DI Combustion System / Ch. Schwarz, E. Schünemann, B. Durst, J. Fischer, A. Witt // SAE Technical Paper 2008-01-1265.
4. Rawski F., Szpica D. Symulacyjne metody badań układów dolotowych tłokowych silników spalinowych. – PM 2005 zeszyt 2005. – 2.
5. AVL FIRE – руководство пользователя. – URL: <https://www.avl.com/-/avl-fire-1>.
6. Maslennikov D. Badawcza identyfikacja właściwości systemu spalania z bezpośrednim wtryskiem paliwa i zapłonem iskrowym. 149 s. 30 cm + 2 recenzje: Rozprawa doktorska. – Politechnika Poznańska, 2012 DrOIN 1457.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУХООПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Семёнов Виктор Алексеевич

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

Рассматриваются особенности проектирования воздухоопорных сооружений с учётом всего спектра нагрузок, особенностей построения развёрток и свойств материалов оболочки.

Ключевые слова: воздухоопорное сооружение, фундамент, оболочка, развёртка, расчёт нагрузки.

PECULIARITY OF THE DESIGN OF INFLATABLE CONSTRUCTIONS

Semenov Viktor Alekseevich

Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov

The features of the design of inflatable constructions, taking into account the entire load range, features of construction of developments and properties of membrane materials.

Keywords: inflatable constructions, foundation, shell, reamer, load calculation.

Воздухоопорное сооружение (далее – ВОС) представляет собой гибкую оболочку из прочной армированной ткани без металлических конструкций [1]. В отличие от надувных сооружений [2] основание ВОС герметично закрепляется на ленточном фундаменте. Внутри оболочки подается воздух, создавая избыточное давление и являясь опорой для сооружения. Арматурой ткани служит синтетический корд. Воздухонепроницаемость ткани обеспечивается за счёт нанесения двухстороннего покрытия. Покрытие, как правило, представляет собой слой полихлорвинила, что позволяет качественно соединять элементы кроя в единое изделие. Основная технология соединения элементов кроя – сварка горячим воздухом, но можно использовать и склеивание. Наиболее часто используется сварка внахлёт.

В техническом задании присутствует точное описание формы фундамента (прямоугольник, неправильный многоугольник, окружность и т.д.), габариты и приближённая форма всего изделия. Иногда практикуется использование многомерного фундамента, когда одна или

несколько кромок ВОС закреплены на наклонной или вертикальной стенке. Это вызывает некоторые сложности при монтаже, но применялось на практике.

Чаще всего подобные сооружения используются при создании закрытых теннисных кортов, бассейнов и даже футбольных полей. Иногда они используются как временные покрытия готовых объектов при ремонте или реконструкции для поддержания нужной температуры или защиты от осадков. Внешний вид таких сооружений приведён на рис. 1. Важной особенностью являются значительные габариты. Как правило, это десятки метров.

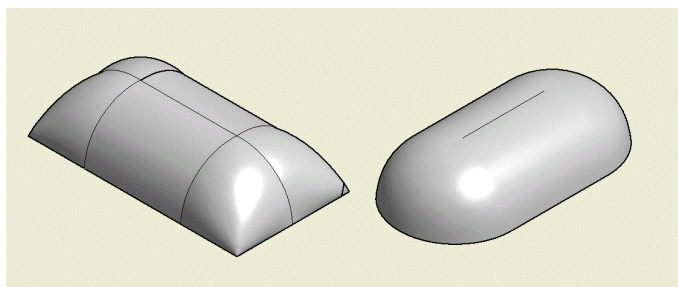


Рис. 1. Внешний вид воздухоопорных сооружений

На первом этапе конструирования формируется внешний вид изделия. Особенность всех надувных и воздухоопорных сооружений в том, что форма критического сечения при отсутствии внешних сил стремится к окружности или дуге окружности.

Для примера рассмотрим формирование внешнего вида цилиндрической части ВОС. Поперечное сечение в любом месте цилиндра будет иметь вид, изображённый на рис. 2, *а*. На оболочку действуют распределённая сила избыточного давления под куполом P , сила натяжения ткани S и сила реакции опор в точках закрепления покрытия к фундаменту T . Допущением является отсутствие силы тяжести оболочки f . В этом случае сила удельная натяжения оболочки одинакова для всего сечения:

$$S = P \cdot R.$$

Решение плоской задачи определяет форму сечения как дугу окружности.

Сила тяжести оболочки f направлена по вертикали и распределена неравномерно вдоль горизонтального направления. Сила натяжения оболочки в этом случае непостоянна, и сечение примет форму, близкую к эллипсу (рис. 2, *б*).

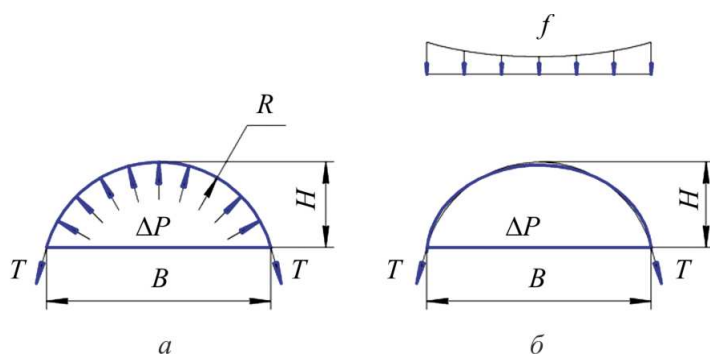


Рис. 2. Поперечное сечение цилиндрической части воздухопорных сооружений

В реальных условиях (избыточное давление, удельная масса ткани – $0,8 \text{ кг/м}^2$) этими искажениями формы можно пренебречь и принять форму сечения в виде окружности.

Формирование обводов нецилиндрической части – нетривиальная задача и для каждого конкретного случая решается индивидуально. Алгоритм следующий. Выбирается несколько критических сечений, по трём точкам определяется форма сечений (дуга окружности), по сечениям формируется поверхность (интерполяция). Задача существенно упрощается при использовании графических пакетов (операция «по сечениям»).

На втором этапе имеющаяся конструкция дополняется конструктивными элементами: крепление купола к фундаменту, воздухоизолирующие юбки, оформление герметичного рукава к переходному тамбуру и т.д.

Остановимся на креплении купола к фундаменту. Крепление кромки купола должно быть ленточным, так как при точечном креплении ткань не выдержит возникающих нагрузок.

Очень часто для крепления в кромке выполняется карман по всему периметру купола. При монтаже в карман закладывается металлическая труба, которая с нужной частотой точно крепится к фундаменту. Существуют и другие варианты.

После этого можно приступать к построению выкроек деталей. Многие элементы купола – неразвёртываемые поверхности. Для выполнения развёрток таких поверхностей используется следующий алгоритм. Поверхность разбивается на отдельные отсеки, каждый отсек заменяется развёртываемой поверхностью, строятся развёртки этих элементов, и полученные звенья стыкуются между собой. Критериями качества в данном алгоритме являются точность и количество соединительных швов. Если учесть, что ткань поставляется в рулонах шириной

2–3 м, желательно, чтобы состыкованные звенья удачно укладывались в заданную полосу ткани.

Развёртка цилиндрической части для приведённых примеров удачно вписывается в заданный размер ткани. Неразвёртываемая часть в первом примере представляет собой четыре одинаковых сектора, каждый из которых состоит из двух симметричных элементов. Поэтому достаточно построить развёртку для одного из них, а остальные отобразить, используя операции симметрии и копирования.

На рис. 3 приведён неразвёртываемый элемент купола с разбивкой его на полосы края. Для одной из полос приведена разбивка её на отсеки. Каждый отсек на развёртке – криволинейный треугольник заменяется на развёртке плоским, у которого длины сторон равны длинам сторон криволинейного треугольника. Это способ триангуляции или способ вспомогательных треугольников.

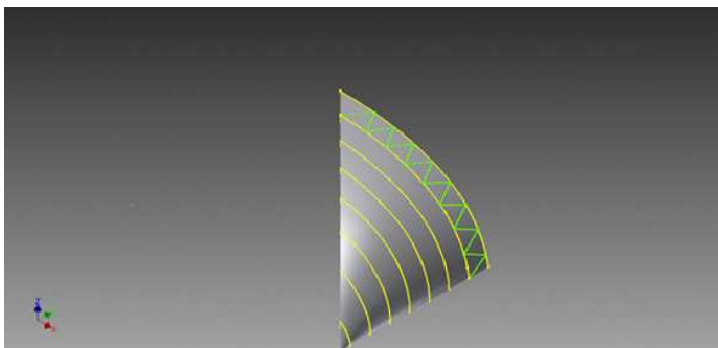


Рис. 3. Неразвёртываемый элемент купола

Во втором примере, приведённом на рис. 1, неразвёртываемая часть имеет форму сферы (рис. 4, *a*).

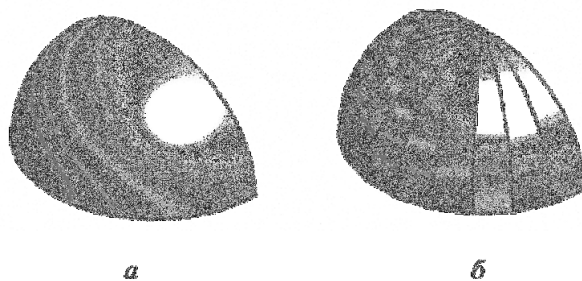


Рис. 4. Неразвёртываемая часть купола в виде сферы

В этом случае целесообразно разбить поверхность на равные радиальные сектора и каждый сектор заменить цилиндрической поверхностью (рис. 4, б). Для соблюдения размерных соотношений периметры оснований должны совпадать по длине. Для оптимизации расхода материала максимальную ширину удобно выбрать, исходя из ширины используемого рулона ткани.

Развёртку каждого сектора можно выполнить способом нормального сечения. При использовании графических пакетов трёхмерного моделирования эта задача упрощается. Многие графические пакеты позволяют получить готовые развёртки развёртываемых поверхностей.

На следующем этапе производится выпуск конструкторской документации.

На этом графическая часть проекта заканчивается.

Расчётная часть может быть дополнена расчётом допустимой снеговой и ветровой нагрузки.

При расчёте допустимой снеговой нагрузки необходимо учитывать прочностные характеристики используемой ткани.

Снеговая нагрузка рассматривается как дополнительное воздействие внешних сил тяжести. Это приводит к уменьшению сил натяжения ткани и может быть скомпенсировано увеличением избыточного давления под куполом оболочки. При этом нужно следить, чтобы этим избыточным давлением не разорвало оболочку при снятии этого воздействия (при резком таянии снега).

Расчёт ветровой нагрузки в общем случае – сложная аэродинамическая задача обтекания поверхности потоком воздуха. В упрощённом варианте расчёта можно допустить, что вся энергия ветра равна работе сил торможения потока поверхностью сооружения. При этом можно ограничиться рассмотрением нагрузок только на цилиндрическую поверхность с направления перпендикулярного этой поверхности. Это воздействие так же, как и в случае снеговой нагрузки, можно до определённой степени, скомпенсировать увеличением избыточного давления под куполом ВОС.

Список литературы

1. Алексеев С.А. Основы общей теории мягких оболочек // Расчет пространственных конструкций. – 1966. – Вып. XI.
2. Семёнов В.А., Дюмин В.А., Тихонов-Бугров Д.Е. Геометрические элементы САПР надувных конструкций // Динамика систем механизмов и машин. – 2016. – Т. 4. – № 1.

О НАГЛЯДНОСТИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Соколова Людмила Сергеевна

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

Исследованы представления о наглядности в начертательной геометрии, компьютерной графике и многомерной геометрии. Показано, что эти представления формируют учебную дисциплину «Наглядная инженерная геометрия» как первую профессиональную дисциплину для бакалавриата технического вуза. В ее основу положены взгляды современной геометрии о наглядном изображении форм геометрических моделей объектов и отношений между ними в электронной версии, а также о неограниченном разнообразии многомерности пространства.

Ключевые слова: геометрия, наглядность, многомерное пространство.

ABOUT CLARITY IN ENGINEERING GEOMETRY

Sokolova Ludmila Sergeevna

Bauman Moscow State Technical University

Researched ideas about clarity in descriptive geometry, computer graphics and multi-dimensional geometry. It is shown that these perceptions shape the academic discipline «Descriptive engineering geometry» as the first professional course for undergraduate technical College. It is based on the views of the modern geometry of object image shapes geometrical models of objects and relations between them in the electronic version, and an unlimited variety of multidimensional space.

Keywords: geometry, visualization, multidimensional space.

В русском языке слово «наглядность» тесно связано со зрительным восприятием. Практически все теории зрительного восприятия строятся на одном и том же постулате – объективности физической среды внешнего мира. Феноменальный предметный образ восприятия – зрительный перцепт – является результатом превращения в зрительные ощущения энергии электромагнитного излучения светового диапазона, попадающего на сетчатку глаза. При этом в отношениях между средой и перцептом нет взаимодозначности. Дальнейший этап обработки зрительных сигналов происходит в больших полушариях головного мозга, где не только автоматически анализируется сетчатое изображение, но и дополнительно привлекаются процедуры более высокого когнитивного уровня. Таким образом, физиологи установили, что изображение не отображается в мозге, как в фотоаппарате, а конструируется мозгом из сенсорных образов, зрения по правилам и алгоритмам зри-

тельной системы, эволюционно приспособленной для восприятия объемных предметов реального мира.

Стало очевидным, что наша зрительная система приспособлена только для восприятия объемных предметов реального мира, а не для восприятия объектов и фона в виде двумерных плоских поверхностей. Именно эволюция развития зрительного восприятия реального мира, в котором существует человек, сделала трехмерное пространство бытовой формой существования материи, а наше образование и воспитание, отталкиваясь от этого представления, привели лучшие умы человечества к понятию о многомерности мира и его бесконечности. Поэтому все другие виды пространств с размерностью, отличающейся от $n = 3$, т.е. и двумерные, и многомерные, выступают как абстрактные. Когда вместо трехмерного объекта обучающемуся предлагается двумерное изображение, это приводит к возникновению у него психологического барьера при зрительном восприятии, так как это изображение не продвигается дальше в мозг для последующей обработки. В этом и заключается абстрактность двумерного изображения, т.е. невозможность непосредственного восстановления объемного изображения в мозге по его двумерной картине. Вместе с тем в своей жизнедеятельности на всех ее уровнях проявления человеку приходится иметь дело с двумерными изображениями. В этом случае определяющую роль играет запоминание в памяти, достигаемое за счет непрерывного обучения на всем его протяжении, зависящее от степени и интенсивности этого обучения, навыка, понятности дальнейших логических построений, и прямые аналогии в трехмерном пространстве.

В основе представления о реалистической визуализации геометрических моделей лежит понятие о ее наглядности. Понятие «наглядность» связывают не с самими предметами, а с их графическими моделями; при этом существует такая зависимость между предметом и его изображением, которая позволяет по изображениям получать те знания, которые непосредственно или с некоторыми поправками могут быть отнесены к моделируемому объекту. Наглядность модели относительна. С одной стороны, она зависит от свойств самой модели – её материала, размера, цвета, размерности пространства, в котором она построена. С другой стороны, она зависит от жизненного опыта, профессионализма, возраста и личных особенностей познающего человека, т.е. всего того, что называют жизненным опытом, подкрепленным воспитанием и образованием.

Предъявляемые к наглядной модели требования зависят от цели ее создания: это или художественный образ, или обучение учащихся, или, наконец, создание изображения для последующей материализации объекта, т.е. создание чертежа. При создании художественного образа даже не всегда стремятся получить изображение, равноценное оригинальному. Чем больше недосказанность, тем больше простора для субъективного понимания. Заботой педагога всегда является наглядность изображения-модели. Преподаватель геометрии заинтересован, прежде всего, в наглядных изображениях, практически не заботясь об их обратимости при проецировании на плоскость. Так, О.А. Вольберг для преподавателей стереометрии в средней школе разработал специальную теорию построения одного изображения (теорию монопроекций). Проецирование пространственной фигуры на плоскость, хотя и может в некоторых условиях дать наглядное изображение, но геометрически оно не равноценно оригиналу. Две проекции одной и той же фигуры позволяют восстановить оригинал, т.е. дают изображение, геометрически равноценное оригиналу.

Метод двух ортогональных проекций, разработанный Гаспаром Монжем, нашел широкое применение в технике вплоть до середины XX в. Именно Г. Монж, будучи основателем начертательной геометрии, указал на практическую направленность созданной им науки, отметив, что начертательная геометрия является **языком**, необходимым инженеру для создания чертежей. Эта практическая направленность начертательной геометрии и закрепилась в системе высшего инженерного образования вплоть до настоящего времени. Несмотря на пожелание самого Г. Монжа о совместном изучении начертательной геометрии и аналитического анализа, последний в системе современного высшего образования явился делом чистой математики.

Необходимость точного измерения изображения-модели по проекциям на плоскости отодвинула требование наглядности изображения на второй план. Метод Г. Монжа оказался практически лишенным всякой наглядности. Поиск способа повышения наглядности при проецировании на две плоскости проекций при сохранении возможности частичного измерения привел к созданию аксонометрии. Этот метод изображения складывается из метода двух параллельных проекций в сочетании с дополнительным изображением трех взаимно перпендикулярных осей и масштабных единиц на них, позволяет просто измерять отрезки, параллельные координатным осям. При этом необходимо отличать аксо-

нометрическую систему координат при построении аксонометрических изображений в начертательной геометрии от натуральной системы координат трехмерного пространства. С целью повышения наглядности при создании двух(трех)картинных чертежей Г. Монж разработал теорию теней, целиком основанную на всем известном явлении о прямолинейности распространения света. Если направление световых лучей известно, одна проекция с изображением теней дает полное представление о рассматриваемом предмете; в случае двух проекций тени строятся на обеих проекциях, что повышает наглядность по сравнению с построением обеих проекций без теней.

Создание современного персонального компьютера позволило подойти к разрешению проблемы одновременного обеспечения обратимости изображения и его наглядности за счет их отдельного представления в одном техническом приборе. При этом обратимость изображения обеспечивается математическими методами, а наглядность – геометрическим моделированием на основе создания электронной модели.

Создание персональных компьютеров предоставило в руки исследователей широкие возможности по повышению наглядности получаемых геометрических моделей. На экране компьютера наблюдатель по-прежнему имеет двумерное изображение, однако многочисленные привлекательные возможности компьютера: вращение и перемещение изображения, разнообразные линейные преобразования, сплайн-аппроксимация, цвет, штриховка, типы линий и т.д. и т.п. позволяют наиболее наглядно имитировать трехмерность изображения-модели при зрительном восприятии её с экрана компьютера. Особо отметим возможность аксонометрии и построения изображения-модели одновременно на нескольких экранах (рис. 1). Поскольку аксонометрия, как известно, – это содержание изображения, а не только способ его получения, аксонометрическое построение на компьютере позволяет наблюдать предмет с разных точек просмотра и не связано с двойным проецированием, как при построении на чертеже. Известно, что при зрительном восприятии образа существенное значение имеет движение глаз, что повышает наглядность зрительного восприятия. Одновременное появление изображения-модели при её создании на нескольких экранах с разных точек просмотра заставляет переводить взгляд с одного изображения на другое, что отвечает восприятию объекта в естественных условиях, тем самым повышается наглядность изображения.

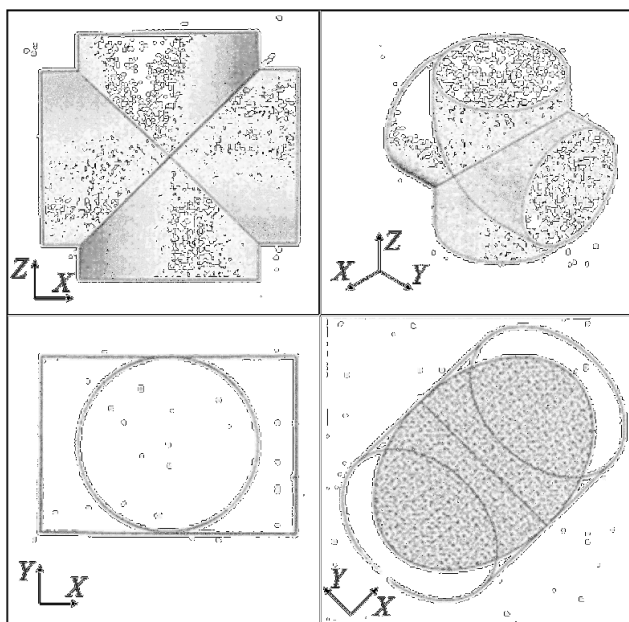


Рис. 1. Распадение линии пересечения двух цилиндров, описанных около сферы

При работе на компьютере пользователю компьютерных программ совсем не требуется вникать в устройство используемого оборудования; он должен умело использовать современный инструментарий для решения своих собственных задач. Такими задачами при обучении бакалавров в техническом вузе являются те разделы конструктивной геометрии, которые традиционно представляют интерес для будущих инженеров. Например, если темой изучения является «пересечение поверхностей», то именно на понятии о порядке линии пересечения поверхностей, условиях образования этих линий и тех частных случаях, когда кривая распадается на несколько линий более низкого порядка (см. рис. 1), и следует сосредоточить внимание слушателей и отказаться от морально устаревших способов ручного построения линии пересечения, полезных только при создании чертежа. Эти способы сегодня не актуальны и в присутствии компьютера не найдут практического применения.

Электронная модель изделия становится ключевым понятием в современном наукоемком машиностроении, являясь основным средством проектирования, производства, сопровождения изделия на протяжении всего жизненного цикла [1]. Эта стратегия научного, технического, технологического, экономического развития страны рассчитана на инженерные кадры, подготовленные вузами для решения таких

задач. Отсюда очевидно, что **в содержании программ при подготовке студентов в техническом вузе электронная модель становится первичным понятием** и заменяет собой плоскую модель-изображение, получаемую при проецировании на две плоскости проекций.

Как было отмечено выше, только для трехмерной модели мозг человека может создать ее зрительный образ по её зрительному восприятию. Поэтому все другие пространства с размерностью, отличающейся от $n = 3$, являются для человека абстрактными.

Творцом геометрии n -мерного пространства считают Грассмана, который ввел в рассуждение неопределенное число n координат точки X_1, X_2, \dots, X_n вместо трех координат X, Y, Z . Аналитический подход к n -мерной геометрии очень прост и удобен для многих приложений. Преимущество такого способа описания фактов заключается в том, что он подчеркивает некоторые обстоятельства алгебраического характера, которые не зависят от числа измерений n и вместе с тем в случае $n \leq 3$ могут быть наглядно интерпретированы.

Вместо формального обобщения обычной аналитической геометрии на произвольное число измерений Шлефли было предложено чисто геометрическое изложение n -мерной геометрии, не зависящее от аналитического аппарата.

Под пространством в современной геометрии понимают вообще любую совокупность однородных объектов (явлений, функций, фигур, значений переменных и т.п.), между которыми имеются отношения, подобные обычным пространственным отношениям (непрерывность, расстояние и т.д.). Эти отношения определяют то, что можно назвать строением или «геометрией» пространства. Сами объекты играют роль «точек» такого пространства; «фигуры» – это множество его «точек». Разнообразие возможностей совокупности объектов и различных отношений между ними отвечает неограниченному разнообразию пространств, изучаемых в науке, например, даже семантическое пространство в экспериментальной психологии.

Примером, на котором можно наглядно увидеть существенную разницу между пространствами разных измерений, служит геометрия многогранников, где рассматривается «пространство» тех или иных фигур. По рис. 2 можно наглядно наблюдать, как существенно изменяется геометрия такой фигуры, как симплекс (простейший правильный тетраэдр), при последовательном изменении размерности его пространства от $n = 0$ до $n = 4$. Последовательное добавление одной точки, не лежащей

в одной плоскости с рассматриваемой фигурой, позволяет «переводить» фигуру в новое измерение. Аналогию можно продолжить и далее, выйдя за пределы трехмерного пространства, т.е. для размерности $n = 4$. Теперь уже наглядно выявилась геометрия четырехмерного правильного многогранника, так называемого четырехмерного симплекса (см. рис. 2, *a*). Это есть не что иное, как пирамида с тетраэдром в основании. Если повторить такой же прием для любого числа измерений n , получим простейший n -мерный многогранник, так называемый n -мерный симплекс. Из построения можно определить, что он имеет $n + 1$ вершину. Можно убедиться, что все его грани суть симплексы меньшего числа измерений: $(n-1)$ -мерные, $(n-2)$ -мерные и т.д. Представленная наглядная геометрия позволяет вывести математическое понятие об абстрактном n -мерном декартовом пространстве, которое обозначается как R_n . Число n называется размерностью пространства или числом измерений. Таким образом, со структурной или комбинаторной точки зрения 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).

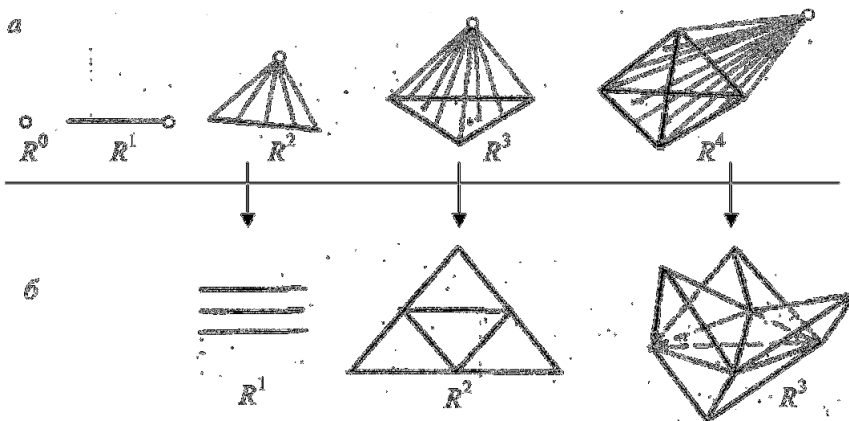


Рис. 2. Многогранники n -мерного пространства с размерностью $n = 0, 1, \dots, 4$: *a* – схема образования многогранников R_0, R_1, R_2, R_3, R_4 с размерностью $n = 0, 1, \dots, 4$; *б* – развертки многогранников R_1, R_2, R_3 , соответствующие многогранникам R_2, R_3, R_4

Из существования пространства многогранников и пространства их разверток установлено, что в n -мерном пространстве существует соответствие между точками этих пространств. На рис. 2, *б*, приведены примеры разверток соответствующих правильных многогранников.

Поскольку размерность развертки, являющейся по определению поверхностью многогранника, на единицу меньше, чем размерность самого многогранника, развертку четырехмерного симплекса можно непосредственно построить на компьютере, совместив её соответствующим образом с его трехмерным пространством.

Некоторые представления о многомерной геометрии правильных многогранников были апробированы в научно-исследовательских работах со студентами младших курсов МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках СНТО. Были построены на компьютере 3D-электронные модели разверток правильных четырехмерных симплекса, куба и 16-гранника (многогранник типа октаэдра). По построенным электронным моделям были напечатаны на 3D-принтере их материальные образы, фотографии которых представлены на рис. 3.

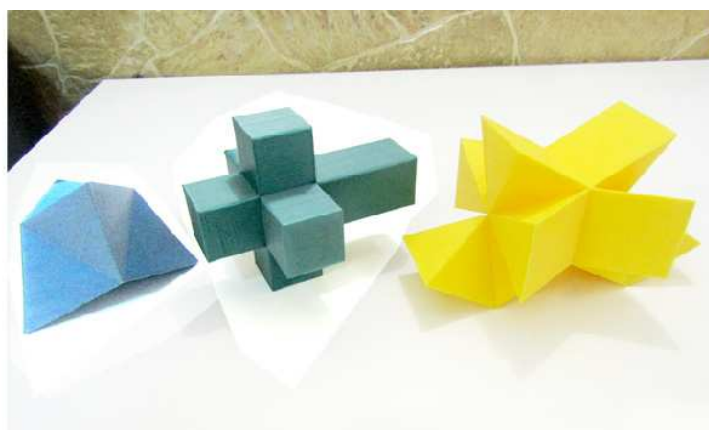


Рис. 3. Прототипирование на 3D-принтере разверток правильных четырехмерных многогранников: симплекса (из 5 тетраэдров), куба (из 8 кубов), 16-гранника (из 16 тетраэдров); слева – направо

Существует реальный физический смысл абстрактного понятия многомерного пространства. Оно отражает действительность и было вызвано потребностями науки, а не праздной игрой воображения. Именно такую мысль, по мнению А.Д. Александрова, и следует донести до студентов при их обучении наглядной многомерной геометрии. Так, если мы имеем сложную физическую систему, состояние которой задается не двумя, а, например, пятью данными, то графическое изображение ее поведения приводит к представлению соответственно о пятимерном пространстве, где каждая точка задается пятью координатами, со-

ответствующими пяти данным состояниям системы. Пример из области геометрии: шар задается четырьмя данными – тремя координатами его центра и радиусом. Поэтому шар можно представить точкой в четырехмерном пространстве. Такие представления находят применение в физической химии и материаловедении на основе понятия фазового пространства системы; в машиностроении при обработке материалов на многокоординатных станках с ЧПУ; при контроле изделий на многокоординатных контрольно-измерительных машинах, 3D-сканерах и т.д. Так, общий принцип действия координатно-измерительных машин состоит в сканировании объекта по точкам щупом. Координаты точек, определенных измерительным наконечником, затем передаются в компьютер для анализа. Эта процедура, называемая «математическим выравниванием», позволяет не использовать физические носители форм и размеров. Из всего изложенного выясняется общее реальное основание для введения понятия многомерного пространства. Если какая-либо фигура или состояние какой-либо системы задаются n -данными, то эту фигуру, это состояние можно представить как точку некоторого n -мерного пространства.

В профессиональную компетенцию инженера с политехническим образованием должны входить современные представления о многомерности пространства в самом широком смысле этого понятия. Такое представление современный студент может получить на начальной стадии своего профессионального обучения в рамках компетенции такой учебной дисциплины, как «Наглядная инженерная геометрия» [2, 3]. Эта первая профессионально ориентированная общеобразовательная дисциплина построена на современных информационных технологиях и использовании современного инструментария – компьютера, 3D-принтера и 3D-сканера. Время только подтвердило ранее высказанную мысль [4] о том, что в системе высшего технического образования нельзя полностью отказаться от предметного принципа разделения содержания образования, поскольку такое разделение объективно отражает структуру научного знания.

Список литературы

1. Международная энциклопедия CALS-технологий. Авиационно-космическое машиностроение / гл. ред. А.Г. Братухин; ОАО «Научно-исслед. центр автоматизированных систем конструирования». – М., 2015. – 608 с.

2. Соколова Л.С. Наглядная инженерная геометрия в техническом университете // Высшее образование сегодня. – М., 2016. – № 12. – С. 41–43.

3. Соколова Л.С. Геометрическая подготовка бакалавров в современных условиях // Труды КГП. – 2016. – Пермь, 2016. – Вып. 3. – С. 326–332. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2016/neus/35>.

4. Караваева Е.В., Богословский В.А., Харитонов Д.В. Принципы оценивания уровня освоения компетенций по образовательным программам ФГОС нового поколения // Вестник Челябинск. гос. ун-та. – 2009. – № 18. – Вып. 12. – С. 155–162.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИ ТОЧНАЯ 3D-АНИМАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Хейфец Александр Львович

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

Рассмотрена методика создания анимационных файлов кинематических моделей в пакете AutoCAD. Каждый кадр анимации является результатом геометрически точного расчета, выполняемого с применением программирования на языке AutoLisp. Приведены алгоритмы построения реалистичных 3D-моделей линейчатых кинематических поверхностей. Приведен презентационный файл из шести анимаций указанных моделей. Работа предназначена для учебного процесса кафедр графики.

Ключевые слова: линейчатые поверхности, 3D-моделирование, геометрические алгоритмы, анимация, программирование, AutoCAD, AutoLisp.

GEOMETRICALLY ACCURATE 3D-ANIMATION OF KINEMATIC SURFACES

Kheifetc (Kheyfets) Aleksandr Lvovich

South Ural State University

Methodology for creating animated files of kinematic models in AutoCAD package is considered. Each animation frame is the result of geometrically accurate calculation performed with the use of AutoLisp programming language. Algorithms for designing realistic 3D models of ruled kinematic surfaces are given. A presentation file consisting of six animations of the specified models is included. The article is intended for educational process of the Graphics Departments.

Keywords: ruled surfaces, 3D modeling, geometric algorithms, animation, programming, AutoCAD, AutoLisp.

Введение

При изучении и исследовании кинематических моделей существенную помощь оказывает анимация, т.е. воспроизведение и демонстрация модели в процессе ее формирования или изменения.

Автор активно применяет анимацию. Для студентов-строителей, архитекторов и дизайнеров применяется анимация в пакете 3dStudioMax: «облететь» вокруг проектируемого здания, осмотреть комнату, квартиру. Такие же задания выполняют студенты в пакете Revit и AutoCAD. В задании по расчету инсоляции студентам требуется показать движение солнечной тени по площадке и стенам зданий микрорайона. Построение

анимацией студенты выполняют в рамках контрольных заданий по специальным курсам компьютерной графики.

Можно выделить два типа анимаций. Для первого типа характерно постоянство геометрической формы модели. Такие анимации получают перемещением камеры и (или) ее точки прицела по заданной траектории. Примеры приведены выше. Построение этих анимаций является штатной операцией пакетов САПР и не вызывает трудностей.

Значительно более сложной является задача создания анимации, демонстрирующей формирование или изменение формы геометрической модели. В учебном процессе примером явились анимации формирования сложных кинематических поверхностей, изучаемых в курсе начертательной геометрии, работа зубчатых зацеплений в курсе инженерной графики.

Цель работы: изложение методики создания анимационных файлов в пакете AutoCAD на примере кинематических поверхностей, а также геометрических алгоритмов построения этих поверхностей.

Построения 3D-моделей выполнялись в пакете AutoCAD. Язык программирования – AutoLisp.

1. Программирование как основа построения анимации

Анимационный файл создается объединением отдельных растровых файлов – кадров съемки. Для плавного изменения формы модели при длительности фильма в ≈ 10 секунд желательно создать 150–200 кадров с геометрически точным преобразованием модели между кадрами. Это возможно лишь на основе программного формирования модели и кадров съемки.

Среди общедоступных пакетов САПР (это AutoCAD, SolidWorks, Компас) программирование развито лишь в пакете AutoCAD. В остальных программирование имеется, но недоступно пользователям. Практически отсутствует литература по программированию в этих пакетах. Напротив, в AutoCAD программирование возможно на трех языках: AutoLisp, Basic и C + + . Все они поставляются вместе с пакетом. Из них наиболее доступен AutoLisp. По AutoLisp'у имеется обширная литература [1, 2]. AutoLisp позволяет выполнять необходимые аналитические и, что особенно важно, геометрические вычисления, строить геометрические модели из линий, тел и поверхностей, реализовать диалог с пользователем по вводу данных и т.д.

Программа создания анимации должна решать следующие задачи.

1. Управление геометрией модели в соответствии с ее алгоритмом формирования и перестроения согласно сюжету фильма.

2. Управление видом, сохраняемым в кадре. Направление съемки может быть неподвижным или в процессе съемки изменяться.

3. Для наглядности применяются источники света, благодаря которым динамика процесса подчеркивается движением тени объекта. Положение и параметры источников света могут быть постоянными либо управляемыми программой.

4. Автоматическое сохранение кадров анимации как растровых файлов. В зависимости от назначения и выделяемых на создание анимации затрат времени для создания растровых файлов могут быть применены различные средства визуализации. Объединение кадров в единый файл выполняется, как правило, внешними общедоступными программами.

Геометрические модели, подлежащие анимации, должны быть пространственными (3D), реалистичными, и геометрически точными [3]. Модели желательно присвоить материалы, облегчающие восприятие и доставляющие эстетическое удовольствие при просмотре. Свойства материалов, как правило, постоянны, но могут быть переменными и управляемыми программой.

Основная сложность программ, создающих анимацию, связана с управлением геометрией модели. Этот этап требует разработки и программной реализации геометрического алгоритма построения модели и кинематического алгоритма преобразования модели между кадрами. Рассмотрим примеры.

2. Коническая прямозубая передача

Анимация (см. файл презентации, анимация 1, см. рис. 6, *a*) показывает согласованное вращение колес конической зубчатой передачи. Зацепление зубьев показано при плавном изменении направления взгляда вокруг колес, что повышает информативность фильма. Анимация предназначена для курса инженерной графики и деталей машин.

Прежде нужно в AutoCAD'е построить геометрически точную 3D-модель передачи (см. рис. 1). Пример построения подробно приведен в [4, с. 428]. На рис. 1, *a* – первый кадр анимации, на рис. 1, *б* – последний кадр, на рис. 1, *в* показана геометрическая точность модели.

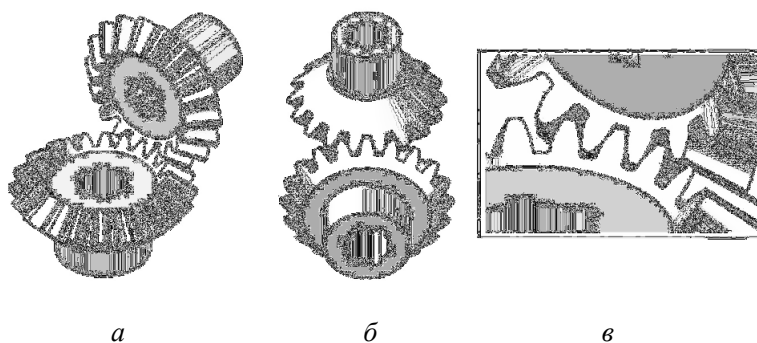


Рис. 1. Коническая прямозубая передача

Кадры анимации формируются программой 1. Приведем комментарии к этой программе.

В пакете AutoCAD, в файле, в котором построены шестерня и колесо, открываем редактор Visual Lisp. Набираем текст программы. О правилах набора, отладки и выполнения программ см. [4, с. 199], [5, гл. 12, 13]. Устраняем неизбежные ошибки набора текста, причем редактор активно помогает в этом своими подсказками. Загружаем программу и выполняем ее. Видим, как на экране колеса согласованно вращаются, при этом формируются растровые кадры, которые заносятся в предварительно указанную папку.

В программе предусмотрено, что колеса в начальном положении координированы относительно осей начальной системы координат (МСК). Шестерней названо колесо, имеющее 18 зубьев и ось, расположенную вдоль оси X . Второе колесо (просто «колесо») имеет 20 зубьев и ось вдоль Z .

Программа 1

```

;;;=====
;;; Анимация вращения конических зубчатых колес
;;;=====
(defun c:ani_1 ( ) ;_ главная функция
  (mu_setup) ;_ начальные настройки
  (data_calc) ;_ ввод данных и вычисления
  (kinematics) ;_ перестроение модели и покадровая съемка
  (mu_restore) ;_ восстановление настроек
)
(defun mu_setup ( ) ;_ начальные настройки

```

```

(command «_undo» «_m»);_создать метку
(setvar «cmdecho» 0);_отключить эхо-вывод
(setvar «osmode» 0);_отключить объектную привязку
(command «_mspace»);_перейти в пространство модели
)
(defun data_calc ( );_ввод данных и вычисления
(setq name1 (car (entsel »\n Укажи шестерню «));_имя объекта шестерни
name2 (car (entsel »\n Укажи колесо «));_имя объекта колеса
z1 18;_кол-во зубьев шестерни
z2 20;_кол-во зубьев колеса
w (/ z1 z2 1.);_передаточное число
n1 (getreal »\n Число оборотов шестерни = «)
n (getint »\n Количество кадров = «)
ang1 (/ (* 360 n1) n);_угол поворота шестерни на один кадр, градусы
ang2 (* ang1 w -1.);_угол поворота колеса
alf1 60;_горизонтальный угол зрения, начальное значение
alf2 -180;_горизонтальный угол зрения, конечное значение
bet1 60;_вертикальный угол зрения, начальное значение
bet2 -45;_вертикальный угол зрения, конечное значение
dalf (/(- alf2 alf1) n 1.);_шаговые приращения углов зрения
dbet (/(- bet2 bet1) n 1.)
num 101;_номер в имени 1-ого файла
i 0;_номер кадра
alf alf1
bet bet1
)
)
(defun kinematics ( );_перестроение модели и покадровая съемка
(repeat n ;_цикл перестроения модели и покадровая съемка
(command «_ucs» «_w»)
(command «_vpoint» «_r» alf bet);_изменение вида
(command «_plot» «« »« »« »« (itoa num) «« »«);_сохранение кадра в рас-
тровом файле
(command «_rotate» name2 «« '(0 0) ang2);_поворот колеса
(command «_ucs» «_y» 90)
(command «_rotate» name1 «« '(0 0) ang1);_поворот шестерни
(setq alf (+ alf dalf)
bet (+ bet dbet)
num (1+ num)
i (1+ i)
)
(princ (strcat «\nКадр « (itoa i) « Осталось « (itoa (- n i)) « «))
)
)
)
(defun mu_restore ( )

```



```

(command «_undo» «_b»);_восстановление начального положения колес
;;; ...;_команды восстановления предшествующих настроек
)
(defun c:mu ( )
  (command «_undo» «_b»);_отмена построений при аварийном сбое
)
(princ «\nДля выполнения введи ani_1»);_сообщение при загрузке программы
;;;=====Конец программы 1

```

Программа 1 состоит из главной функции *c: ani1* и четырех функций-подпрограмм. Назначение подпрограмм пояснено комментариями в тексте.

Функция *data_calc* выполняет запрос параметров анимации, которые нужно ввести в командную строку. Анимация 1 построена для $n1 = 1$ – одного оборота шестерни и $n = 150$ кадров.

Функция *kinematics* реализует цикл съемки из n кадров, выполняя согласованный поворот колес. Запись изображения экрана производит команда *plot*, которая должна быть предварительно настроена на запись в формате *jpg* или *png* в предварительно подготовленную папку [4, с. 417].

Поскольку команда *plot* сохраняет изображение, как оно выглядит на экране, то для красивой анимации необходимо задать и настроить визуальный стиль реалистичного изображения [4, с. 338].

Программа 1 весьма проста. Если создана модель колес, то даже при начальном опыте программирования она сразу заработает. Можно скопировать текст программы в окно редактора Visual Lisp.

3. Косой цилиндр с тремя направляющими

По классификации кинематических поверхностей, приведенной С.А. Фроловым [6], это наиболее сложная линейчатая поверхность. Она формируется движением прямолинейной образующей, которая в каждый момент перемещения пересекает три предварительно заданные неподвижные пространственные криволинейные направляющие (рис. 2, а).

В презентационном файле приведена анимация 2, показывающая формирование косого цилиндра как результат движения отрезка прямой, «скользящего» по трем направляющим (см. файл рис. б, б). Отрезок тянет за собой поверхность.

В AutoCAD'е строим три направляющие $n1$, $n2$, $n3$, как сплайн-кривые. В нашем примере координаты точек, необходимых для по-

строения сплайнов, приведены в работе [4, с. 469]. Там же приведен пример построения всей поверхности в ее конечном виде при «ручной» реализации.

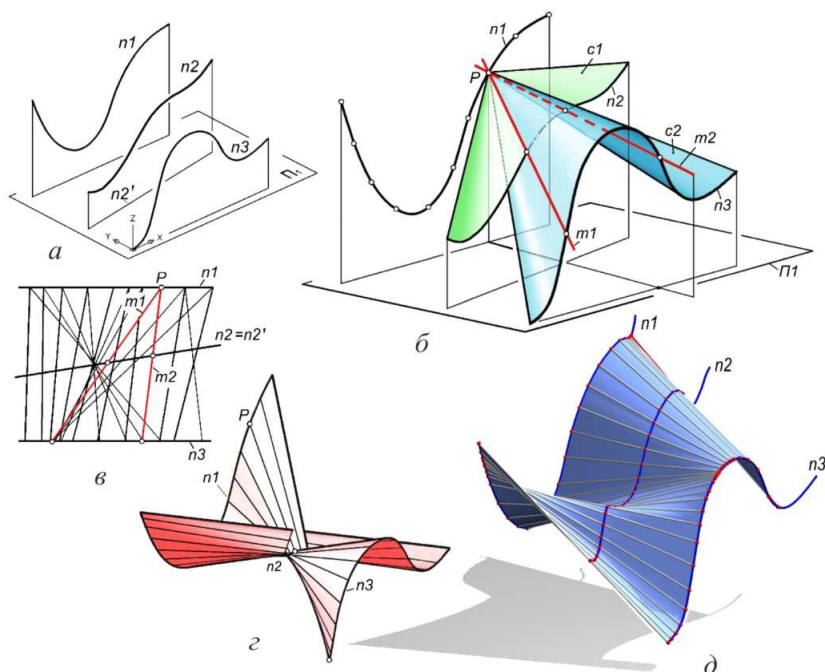


Рис. 2. Цилиндр с тремя криволинейными направляющими

Для построения анимации необходима программа, воспроизводящая кинематику плавного движения отрезка образующей по направляющим согласно геометрическому 3D-алгоритму формирования поверхности.

Алгоритм формирования поверхности косоугольного цилиндра с учетом его программной реализации представим следующим образом, несколько отличающимся от [6, 7].

Предварительно проверяется существование неразрывной поверхности искомого цилиндра путем погружения одной из его направляющих в линейчатую конгруэнцию, образованную двумя другими [6, 8]. При полном погружении возможно получение неразрывной поверхности. Иначе поверхность будет иметь разрывы. В нашем примере была построена конгруэнция [9], заданная направляющими $n1$, $n3$, и проверено, что имеет место полное погружение в нее направляющей $n2$, т.е. неразрывная поверхность при заданных направляющих существует.

Далее на одной из направляющих, выбрана направляющая $n1$, задаем точки P (см. рис. 2, б). Количество этих точек определяет плавность формирования поверхности и количество кадров анимации. В нашем примере для плавной анимации количество точек, следовательно, кадров, составило ≈ 50 .

Из каждой точки, как из вершины, строим конусы $c1$, $c2$ с направляющими $n2$ и $n3$. Находим прямые пересечения конусов как их общие образующие. Положительная проверка по конгруэнтности гарантирует в точках P наличие хотя бы одной образующей. В примере (см. рис. 2, б) в точке P таких образующих две: $m1$ и $m2$. Каждая из них пересекает три заданные направляющие и поэтому является образующей искомого цилиндра.

В итоге построено множество образующих искомого цилиндра (см. рис. 2, в). Формируем наборы образующих, близко расположенных друг к другу. По каждому из них строим поверхности. При одних и тех же направляющих возможно множество вариантов поверхностей косоугольного цилиндра. В нашем примере выявлены две наглядные неразрывные поверхности: одна из них с самопересечением (см. рис. 2, з, см. файл рис. 6, б), вторая – плавная поверхность без самопересечения (см. рис. 2, д). Другие варианты менее наглядны.

Анимация (см. анимация 2 презентационного файла и рис. 6, в) была построена для варианта плавной поверхности (см. рис. 2, д). Тот же рисунок является последним кадром анимации.

Рассмотрим меры повышения наглядности этой анимации, которые применены и в последующих анимациях.

Направляющие заданы как каналовые поверхности $\varnothing 0,5$ мм, образующие – как цилиндры того же диаметра, точки их пересечения с направляющими – заданы сферами $\varnothing 1,5$. Установлены два источника света: один теневой удаленный и источник подсветки. Тень от формируемой поверхности на плоскость «земли» подчеркивает кинематику формирования. Подобраны материалы, установлен фон. Элементы модели имеют различный цвет (материал).

В отличие от предыдущего примера программа анимации 2 является весьма сложной. Воспроизвести ее в тексте доклада не представляется возможным. Отметим лишь ее некоторые фрагменты и особенности. Часть из них можно найти в работах [4], [5, с. 264].

Конусы заменены на пирамидальные поверхности. Отрезки $m1$, $m2$ определяются несложными алгоритмами, как решение задачи о пересече-

чении граней этих поверхностей. Найденные отрезки сортируются по взаимному положению на основе определения расстояния между их конечными точками на направляющей $n3$. Формируется оптимальный набор близкорасположенных образующих. По этому набору командой *Loft* строится поверхность с последовательным добавлением по одной образующей в каждом кадре. Вокруг каждой образующей программа дополнительно строит цилиндры и сферы с центрами в точках пересечения. Для каждого кадра выполняется фотореалистичная визуализация командой *Render*, настроенной на сохранение растровых файлов размером 1024×768 .

4. Однополостный гиперболоид

Однополостный гиперболоид (ОГ) – линейчатая поверхность. Формируется движением прямой линии (образующей), которая в каждый момент перемещения пересекает три предварительно заданные скрещивающиеся прямые (направляющие). Представить этот кинематический механизм непросто. Построена анимация формирования такой поверхности (презентационный файл, анимация 3, см. рис. 6, 2).

В основе анимации лежит следующий геометрический алгоритм формирования ОГ.

Пусть заданы отрезки трех направляющих – попарно скрещивающихся прямых a, b, c . В нашем примере координаты направляющих приведены в [10]. На рис. 3, a приведен первый кадр анимации с этими направляющими.

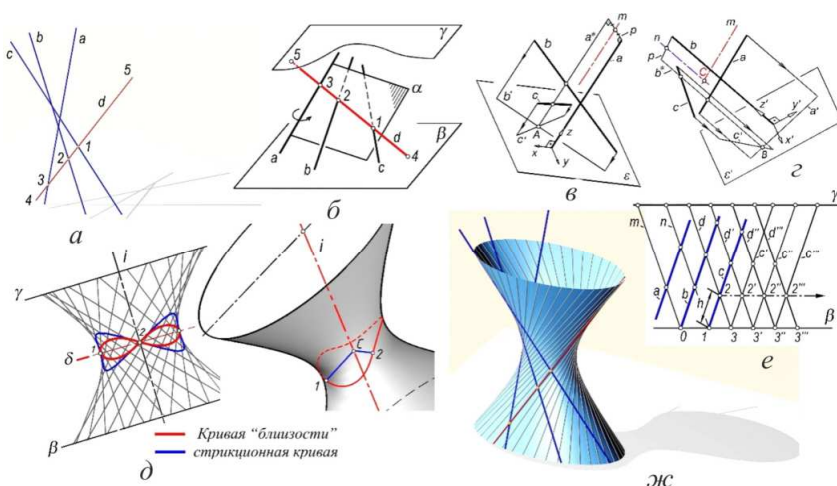


Рис. 3. Однополостный гиперболоид

Для построения множества образующих применим вращающуюся секущую плоскость α (рис. 3, б). Плоскость строим через одну из направляющих, например a . Находим точки пересечения 1, 2 двух других направляющих с этой плоскостью. Прямая d (1,2) является одной из образующих искомого ОГ. Поворот плоскости α вокруг направляющей a позволяет построить множество всех образующих [5–7, 10].

Однако реализация этого алгоритма выявила его существенные недостатки. При равномерном вращении плоскости α каркас из образующих получается крайне неравномерный. Неравномерность особенно проявляется при приближении плоскости к положению, параллельному одной из направляющих. Второй недостаток вращающейся плоскости – сложно сформировать наглядный отсек поверхности канонической формы. Поэтому потребовалась существенная доработка алгоритма, связанная с нахождением центра ОГ, плоскости его горловины и придания равномерности каркасу образующих. Для этого был разработан ряд геометрических алгоритмов.

Центр ОГ находим как точку пересечения двух «срединных линий» [10] согласно алгоритму [11]. Для построения срединной линии m решаем задачу о нахождении прямой, параллельной прямой a и пересекающей две скрещивающиеся прямые b, c (рис. 3, в). Задаем плоскость ε , перпендикулярную a . На этой плоскости строим проекции направляющих b, c , соответственно b', c' . Находим точку $A = b' \cap c'$. Строим a^* через точку A , a^* параллельно a . Находим отрезок p , перпендикулярный a , и его среднюю точку M . Строим отрезок m через точку M , m параллельно a .

По тому же алгоритму находим вторую срединную линию n (рис. 3, г). Центр ОГ, точка C определяется как пересечение прямых m и n .

Для нахождения плоскости горловины строим стрикционную кривую. Для этого вращающейся плоскостью генерируем 25–50 образующих. Находим отрезки кратчайшего расстояния между соседними образующими и соединяем их средние точки. Плоскость симметрии δ полученной линии (рис. 3, д), напоминающей «бабочку», является искомой плоскостью горловины ОГ. Находится и найденный ранее центр ОГ, точка C .

Однако более простым оказался алгоритм, при котором горловина находится как плоскость симметрии кривой «близости». Эту кривую, предложенную нами, строим, опуская перпендикуляры из центра ОГ, точки C , на предварительно найденные образующие. Плоскость горловины находим как δ (1,2, C), где 1, 2 – соответственно наиболее и наименее удаленные точки кривой «близости».

Строим ось ОГ, как i , перпендикулярную плоскости δ и проходящую через C . Строим плоскости β и γ оснований ОГ, параллельные δ .

Для построения равномерного линейчатого каркаса многократно решаем задачу о нахождении прямой, проходящей через заданную точку и пересекающую две скрещивающиеся прямые. Решение этой задачи позволяет найти *образующую*, проходящую через заданную точку одной из направляющих и пересекающую две другие направляющие, или найти *направляющую*, проходящую через заданную точку одной из образующих и пересекающую две другие образующие.

Обозначим $d(1,a,b)$ прямую d , проходящую через точку 1 и пересекающую скрещивающиеся прямые a,b (см. рис. 3, б). Задача решается построением плоскости $\alpha(a, 1)$ и определением точки $2 = b \cap \alpha$.

Пусть заданы три направляющие a,b,c . Согласно схеме (рис. 3, е) на направляющей c отмечаем точку 2 на заданном расстоянии h от точки 1 . Строим образующие $m(0,a,c)$; $n(1,a,b)$ и $d(2,a,b)$. Далее реализуем пошаговое действие. Каждый шаг связан с переопределением точек $2,3$. Шаг 1: $c' = (3,m,n)$; $d' = (2',a,b)$. Шаг 2: $c'' = (3'',m,n)$; $d'' = (2'',a,b)$. Шаг 3: $c''' = (3''',m,n)$; $d''' = (2''',a,b)$ и т.д. С каждым шагом к каркасу добавляется по одной образующей и направляющей. В итоге получаем равномерный каркас из направляющих и образующих, плотность которого определяется параметром h . Для анимации построен каркас только из образующих d, d', d'', d''' и т.д. (рис. 3, ж).

Несмотря на сложность геометрического алгоритма ОГ, его программная реализация не представляет особой сложности, программа получается лишь громоздкой. Приведенные алгоритмы характерны для решения задач геометрического моделирования на AutoLisp [5]. Основа рассмотренной программы ОГ приведена в [5, с. 254].

Анимация ОГ (файл презентации, анимация 3) показывает движение образующей. Приведены два оборота образующей. В первом показано только перемещение образующей, во втором – формирование поверхности, которую тянет за собой образующая. Поверхность ОГ строим по набору образующих каркаса применением команды *Loft* с добавлением одной образующей к каждому новому кадру. Применены те же средства повышения наглядности, что и анимации 2 (свет, тени, материалы, вспомогательные объекты, воспроизводящие исходные направляющие и искомую образующую). Первый кадр анимации см. на рис. 3, а; последний кадр см. на рис. 3, ж.

5. Торс и его развертка

Поверхность торса образована перемещением отрезка образующей прямой по направляющей так, что в каждый момент образующая является касательной к направляющей. Направляющая – любая пространственная кривая [6, 7].

В нашей работе получена анимация двух торсов. Первый торс – эвольвентный геликоид с направляющей гелисой. Второй торс – общего вида с произвольной пространственной кривой в качестве направляющей.

Предварительно в AutoCAD должна быть построена пространственная кривая как траектория движения. Далее необходима программная реализация кинематики формирования торса. Программа построения 3D-модели торса реализует следующее:

- 1) равномерное размещение точек на направляющей. Количество точек определяет дискретность модели, ее точность и плавность анимации;
- 2) задание направления касания к направляющей как вектора, соединяющего две рядом расположенные точки;
- 3) построение отрезка образующей по мере перемещения точки касания по направляющей;
- 4) построение поверхности по набору образующих и командой *Loft* или сдвигом образующей по траектории командой *Sweep*.

Программа построения торса для произвольной направляющей в упрощенном варианте приведена в [5, с. 204].

Для эвольвентного геликоида (анимация 4, см. презентационный файл, см. рис. 6, *д*) строим гелису (спираль, пространственная винтовая линия), которая предусмотрена во всех современных САПР. Параметры гелисы и длина образующей для нашего примера приведены в работах [4, с. 408], [12]. При построении анимации реализованы все рассмотренные выше средства повышения наглядности. В анимации первоначально показано «скольжение» образующей по гелисе, затем вращение построенного торса вокруг оси гелисы.

Для второго торса должна быть подготовлена пространственная кривая. В нашем примере [12] направляющая – это линия пересечения сферы и кругового конуса (рис. 4, *а*). Для ее построения следует решить задачу на пересечение указанных тел и выделить линию как самостоятельный объект. Эти средства также имеются во всех САПР. Образуется пространственная кривая 4-го порядка, реализованная, как сплайн *n*.

При выполнении программы формируется поверхность торса, показанная в анимации 6 (см. презентационный файл, рис. 6, *е*).

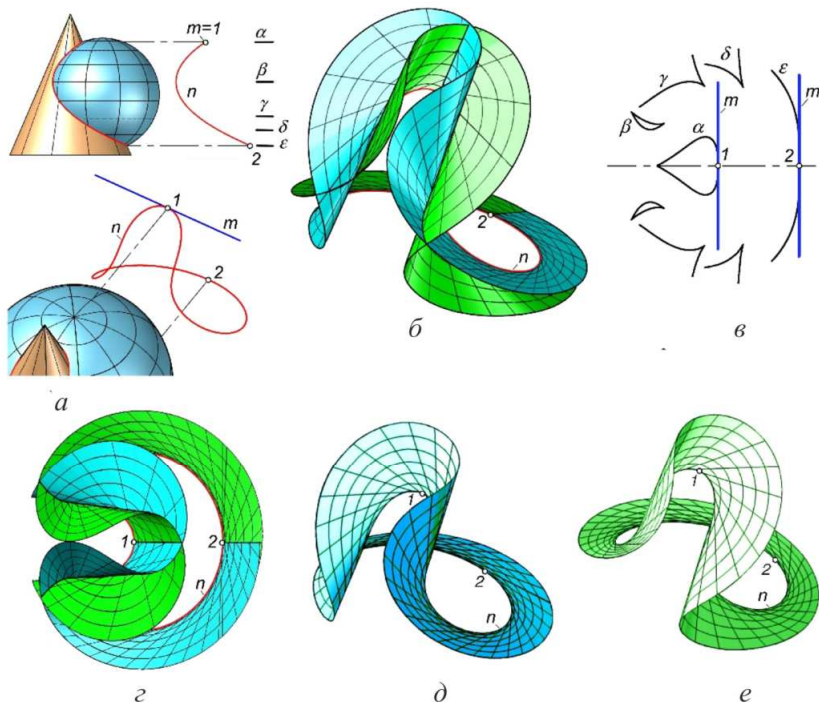


Рис. 4. Торс общего вида

В дополнение к анимации рекомендуем построить поверхность торса «вручную». В AutoCAD'е для этого к направляющей n добавляем образующую m и применяем команду *Sweep* (Сдвиг) (рис. 4, б) [4, 12]. Далее можно исследовать эту красивую поверхность, например, построив ее сечения (рис. 4, в) или рассмотрев каждую половину торса в отдельности (рис. 4, г–е).

Какой же торс без развертки! Ее построение реализовано специальной программой, которая разбивает пространственные четырехугольники сегментов, образующихся между двумя последовательными положениями образующей m и m^* , на треугольники (рис. 5, а). Например, 1–3–4–2–1 разбивается на 1–3–4 и 1–2–4. Затем треугольники поворачиваются (раскатка) вокруг общего ребра 1–4 и совмещаются в единую плоскость.

Эвольвентный геликоид разворачивается в два круговых сектора, один из них показан на рис. 5, б. В анимации (см. презентационный файл, анимация 5, см. рис. 6, ж) первоначально показано смещение вверх одной половины торса, что позволяет избежать наложения частей развертки. Затем выполняется раскатка обеих частей. Окончательно устанавливается вид, в котором отчетливо видны образовавшиеся два круговых сегмента.

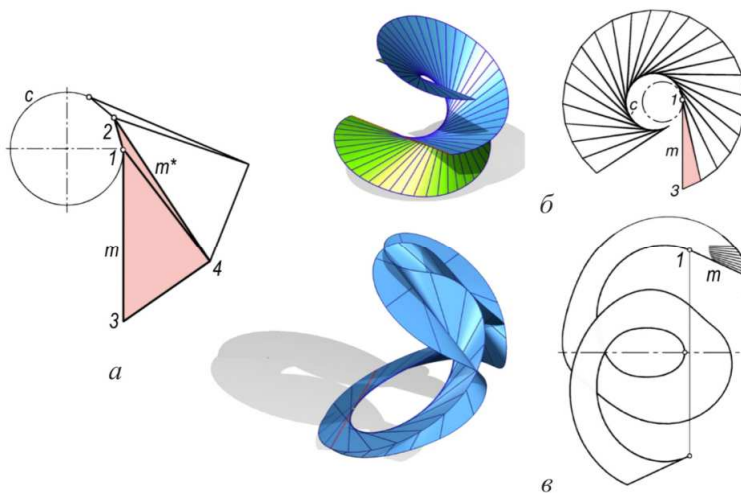


Рис. 5. Развертка тора

Значительно более сложный вид имеет развертка тора общего вида. Во избежание наложения приведена развертка только одной его части (рис. 5, в).

На рис. 6 приведена сводная таблица, содержащая кадры рассмотренных анимаций.

Коническая прямозубая передача	<i>a</i>						
Цилиндр с тремя криволинейными направляющими с самопересечением	<i>б</i>						
Цилиндр с тремя криволинейными направляющими	<i>в</i>						
Однополосный гиперболоид	<i>г</i>						
Торс – эвольвентный геликоид	<i>д</i>						
Торс, общий случай	<i>е</i>						
Развертка эвольвентного геликоида	<i>жс</i>						

Рис. 6. Сводная таблица анимаций

Выводы:

1. Создание анимаций требует «глубокого погружения» в геометрический алгоритм отображаемой модели, разработки специальных алгоритмов, реализующих кинематику формирования модели, владения основами программирования.

2. Наиболее близким к решению задач геометрического моделирования и программирования для кафедр графики является AutoLisp в среде пакета AutoCAD.

3. Построение геометрически точных компьютерных 3d-анимаций является эффективным средством совершенствования учебного процесса кафедр графики и одним из перспективных направлений их развития.

4. Получены файлы анимаций, приведенные в качестве презентации к докладу.

Список литературы

1. АВТОЛИСП – язык графического программирования в системе AutoCAD. – URL: http://kappasoft.narod.ru/info/acad/lisp/a_lisp.htm#L.

2. Гладков С.А. Программирование на языке Автолисп в системе САПР «Автокад». – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1991. – 96 с. – URL: <http://www.knigka.info/2016/08/29/programmirovanie-na-jazyke-avtolisp-v.html>

3. Хейфец А.Л. Геометрическая точность компьютерных алгоритмов конструктивных задач [Электронный ресурс] // Материалы VI Междунар. науч.-практ. интернет-конф.; Пермь, февраль-март 2016 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – Вып. 3. – С. 367–387. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2016/papers/74>.

4. 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., пер. и доп. – М.: Юрайт, 2015. – 602 с.

5. Хейфец А.Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. – М.: Диалог МИФИ, 2002, – 432 с.

6. Фролов С.А. Начертательная геометрия. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 285 с.

7. Начертательная геометрия / Н.Ф. Четверухин [и др.]. – М.: Высшая школа, 1963. – 420 с.

8. Токарь А.Е. Графическое исследование линейчатой конгруэнции, определяемой двумя отрезками линий, и ее применение при конструировании линейчатых поверхностей общего вида // Вопросы начерта-

тельной геометрии и ее приложение: сб. науч. статей / под ред. Г.К. Николаевского. – Харьков: Изд-во Харьков. ун-та, 1963. – Вып. 3. – С. 60–67.

9. Хейфец А.Л., Логиновский А.Н. 3D-модель линейчатой поверхности с тремя криволинейными направляющими // Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: межвуз. науч.-метод. сб. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 13–19.

10. Хейфец А.Л., Логиновский А.Н. 3D-модели линейчатых поверхностей с тремя прямолинейными направляющими // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Строительство и архитектура. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – Вып. 7. – № 25 (125). – С. 51–56. – URL: <http://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/615/10.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

11. Короткий В.А. Метрические свойства поверхностей второго порядка: учеб. пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 70 с.

12. Хейфец А.Л., Логиновский А.Н. 3D-модель торса // Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве: сб. материалов 1-й Междунар. науч. конф. / под ред. В.И. Якунина; Москва 24–26 июня 2008. – М.: Изд-во МГИУ, 2008. – С. 390–394.

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

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПО ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЕ В ЦИКЛЕ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ

**Абросимов Сергей Николаевич,
Рыбин Борис Иванович**

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

Показана целесообразность использования в учебном процессе по геометро-графической подготовке одной из форм заданий (проектов) по конструированию. В условиях ряда неопределенностей формируются инициатива и техническая фантазия, умение пользоваться конструкторскими библиотеками с опорой на прототипы.

Ключевые слова: конструирование, принципиальная схема, библиотеки стандартных элементов, унифицированные элементы, прототипы.

ON DESIGN ENGINEERING BASED ON SCHEMATIC DIAGRAM IN THE FRAMEWORK OF GEOMETRIC AND GRAPHICAL TRAINING CYCLE

**Abrosimov Sergey Nikolaevich,
Ribin Boris Ivanovich**

Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov

Feasibility of using one of types of design engineering tasks (projects) within the framework of the geometric and graphical training process is demonstrated. Some existing uncertainties awake initiative and technical imagination, the ability of referencing to engineering libraries relying on prototypes.

Keywords: design engineering, schematic diagram, libraries of standard elements, unified elements, prototypes.

В условиях современного образовательного процесса при подготовке специалистов необходимо ориентироваться, прежде всего, на ту часть обучаемых, которые пришли в высшую школу за знаниями и навыками и видят себя в будущем в технической среде. Как правило, эта часть сту-

денчества (по нашим оценкам 30–50 %) заинтересована в выполнении заданий, приближенных к реальным конструкциям и разработкам. Из значительного количества возможных направлений конструирования [1] особое место занимают конструкторские разработки со значительным количеством начальных неопределённостей. Кстати сказать, это бывает в реальных условиях конструкторской практики и в промышленности.

Целевая функция таких работ заключается в развитии у студентов инициативы, технической фантазии, умения пользоваться конструкторскими библиотеками и ориентироваться в имеющихся прототипах.

Как уже отмечалось выше, такие задания целесообразно предлагать студентам, успевающим и проявляющим интерес к такой работе с соответствующим уменьшением объема по основному учебному плану.

Приступая к выполнению конструирования по техническому заданию, содержащему структурную схему и основные параметры будущего изделия, студент должен с помощью преподавателя (руководителя проекта) определить назначение и область применения проектируемого устройства и его предварительные габаритные размеры, т.е. проводится начальная разработка теоретического чертежа. Также определяются внешние связи (соединительные магистрали, места крепления и некоторые другие данные) разрабатываемого изделия.

На данном уровне конструирования не проводятся прочностные расчеты (по понятным причинам), а исходят из ранее выполненных разработок (прототипов), представленных в виде изготовленных образцов (рис. 1), а также в специализированных альбомах (отраслевые альбомы) и библиотеках стандартных изделий (рис. 2). Значительное место занимает работа с руководящими материалами, например [5], и справочными пособиями [4, 6]. Возможно использование обратного инжиниринга [3].

При этом приходится решать широкий круг задач, а именно:

- ◆ какие составляющие части изделия (сборочной единицы) взаимодействуют между собой и какие геометрические особенности они имеют;
- ◆ какой характер взаимодействия имеют составляющие части изделия (подвижные, неподвижные, разборные, неразборные и т.п.);
- ◆ на какие качественные характеристики взаимодействия элементов конструкции необходимо обратить внимание (точность сопряжения, параметры шероховатости и т.п.);
- ◆ возможность использования унифицированных и стандартных элементов;
- ◆ решение комплекса вопросов по собираемости изделия;



Рис. 1. Изготовленные образцы изделий (прототипы)



Рис. 2. Стандартные изделия, используемые при конструировании

- ◆ оценка возможности модернизации деталей и изделия в целом для увеличения срока работы, уменьшения массы, изменения марки материала и т.п.;
- ◆ проведение анализа по силовому взаимодействию контактных поверхностей;
- ◆ возможный учёт технологических особенностей изготовления деталей;
- ◆ оценка характера и условий износа, влияющего на работоспособность деталей и в целом сборочной единицы;
- ◆ анализ целесообразности использования антифрикционных или антикоррозийных покрытий;
- ◆ необходимость смазки поверхностей, тип смазки и условия её подачи в зону трения.

Данный перечень вопросов, которые приходится решать (он в значительной степени связан с геометрией как отдельных деталей, так и всей

конструкции), может быть расширен или уточнён и даже может оказаться за пределами области знаний конкретных обучаемых, но это не значит, что эти вопросы не следует ставить или их обговаривать.

В значительной степени решение широкого круга поставленных вопросов возможно с использованием базы знаний по конструкторским разработкам в данной области (рис. 3).

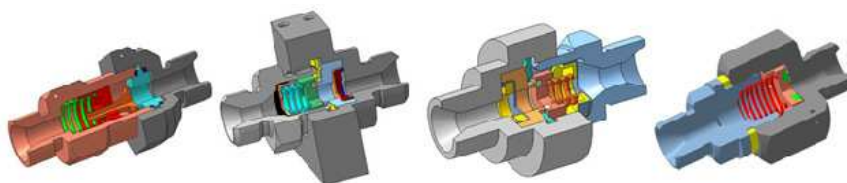


Рис. 3. Примеры опорных конструкторских решений, используемых при разработках

Указанные работы, но в большем объёме, можно использовать и в рамках проектного обучения [2], а также в условиях коллективного труда.

На рис. 4 приведена технологическая цепочка последовательности выполнения разработки для самого простого задания (обратный клапан).

При конструировании и решении значительной части указанных выше вопросов имеет смысл использовать CAD-технологии.

В заключение следует сказать, что конструирование по схеме, в рамках учебного процесса, относится к категории «тяжёлых», однако, по мнению авторов, является полезным и вызывающим интерес к технике.

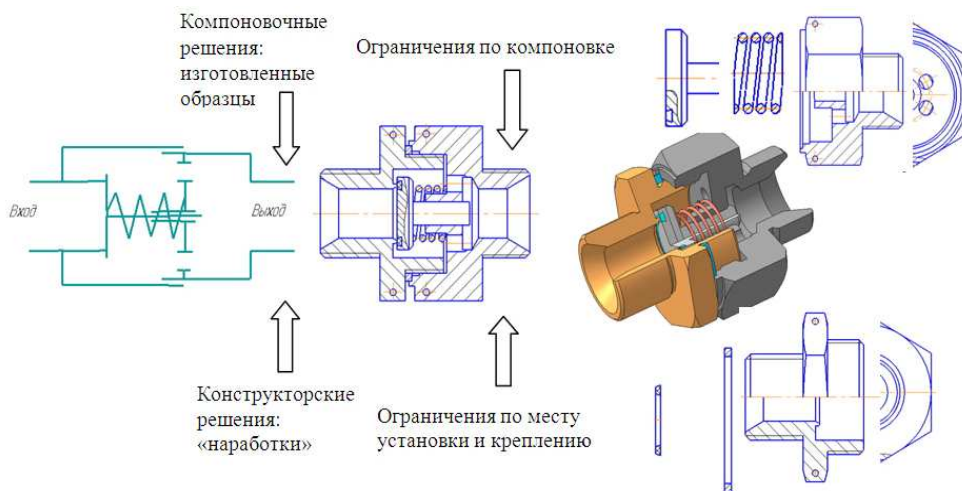


Рис. 4. Последовательность разработки элемента пневмогидроаппаратуры (обратного клапана)

В условиях современного образовательного процесса при подготовке специалистов необходимо ориентироваться прежде всего на ту часть обучающихся, которые пришли в высшую школу за знаниями и навыками и видят себя в будущем в технической среде. Как правило, эта часть студенчества (по нашим оценкам, 30–50 %) заинтересована в выполнении заданий, приближенных к реальным конструкциям и разработкам. Из значительного количества возможных направлений конструирования [1] особое место занимают конструкторские разработки со значительным количеством начальных неопределённостей. Кстати сказать, это бывает в реальных условиях конструкторской практики и в промышленности.

Целевая функция таких работ заключается в развитии у студентов инициативы, технической фантазии, умения пользоваться конструкторскими библиотеками и ориентироваться в имеющихся прототипах.

Список литературы

1. Абросимов С.Н., Рыбин Б.И. Конструирование как творческая составляющая учебного процесса // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. материалов 6-й Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь, 2016. – С. 143–149.

2. Абросимов С.Н. Проектное обучение в курсе «Основы автоматизированного проектирования» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. материалов 5-й Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь, 2015. – С. 469–475

3. Абросимов С.Н., Рыбин Б.И. Скицирование и восстановление геометрической информации в образовательном процессе // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: сб. материалов 5-й Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь, 2015. – С. 522–529

4. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

5. Орлов П.И. Основы конструирования: справ.-метод. пособие: в 2 ч. / под ред. Н.П. Учаева. – 3-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1988.

6. Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов, И.Ф. Малевич, А.П. Верхола [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989.

3D-ПЕЧАТЬ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЧАСТЬ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

**Абросимов Сергей Николаевич,
Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич**

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

Рассматривается одна из возможных технологических реализаций повышения эффективности учебного процесса при геометро-графической подготовке специалистов. Отмечается целесообразность использования 3D-печати на разных этапах обучения.

Ключевые слова: 3D-печать, инженерная геометрия, аддитивные технологии, слайсинг.

3D-PRINTING AS A COMPONENT OF GEOMETRIC AND GRAPHICAL DISCIPLINES TRAINING COURSE

**Abrosimov Sergey Nikolaevich,
Tikhonov-Bugrov Dmitrii Evgenievich**

Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov

One of possible engineering methods to enhance efficiency of teaching and learning process in the framework of geometric and graphical training course for specialists is considered. Feasibility of using 3D-printing for various training stages is pointed out.

Keywords: 3D-printing, engineering geometry, additive technologies, slicing.

Совершенствование учебного процесса по геометро-графическим дисциплинам строится как на использовании новых методических приемов, так и новых технологий.

К ним относятся CNC-технологии и, в частности, 3D-печать. Особенностью 3D-печати является то, что в отличие от остальных CNC-технологий в ней используется принцип послойного (аддитивного) наращивания модели.

Следует отметить, что вопросам применения 3D-печати в образовательном процессе уже посвящено значительное количество работ (например, [1, 2, 5–10]). Однако использование этой технологии в конкретных дисциплинах незначительно. Это объясняется определенными трудностями, связанными с материально-техническим обеспечением и обслуживанием учебного процесса и, в частности, кафедр.

Многообразие технологий 3D-печати, с одной стороны, предоставляет широкий их выбор, с другой – накладывает определенные ограничения на их практические реализации.

Среди известных сегодня разновидностей технологий 3D-печати: FDM (Fused Deposition Modeling), SLA (Stereo Lithography), SGC (Solid Ground Curing), SLS (Selective Laser Sintering), LOM (Laminated Object Manufacturing), DSPC (Direct Shell Production Casting), MJM (Multi-Jet Modeling), Polyjet, Polyjet Matrix, первая из них может быть использована непосредственно в учебном подразделении, т.е. на кафедре, остальные – в специализированных лабораториях или в фаблабах [3, 4].

FDM-печать, т.е. получение слоев из полимерной нити термопластика путем горячей экструзии, сегодня является наиболее доступной. Среди основных преимуществ этой разновидности печати можно выделить следующие:

- ◆ использование достаточно компактных печатающих устройств, не требующих специальных знаний и навыков по установке и эксплуатации;
- ◆ относительно низкая (по сравнению с устройствами, использующими другие технологические процессы) себестоимость как самих устройств, так и расходных материалов;
- ◆ сам принцип печати является простым и технологичным, не требующим специальных мест установки;
- ◆ открытость технологии, т.е. возможность её совершенствования и модификации (возможность сборки печатающего устройства из готового конструктора или набора компонентов).

С точки зрения содержательной части 3D-печати необходимость материального получения разработанной геометрической модели или изделия является наглядным подтверждением правильности выбранного решения и визуализацией направления совершенствования. В этом процессе должное место отводится учебным целям, позволяющим в полной мере осознать полученный результат.

Следует напомнить о массиве геометрических инженерных знаний, относящихся к системе геометро-графической подготовки (рис. 1). Как известно, инженерная графика включает в себя базовую геометрию, нормативы разработки конструкторских документов и компьютерную поддержку геометро-графической инженерной деятельности. Уровень получаемых знаний определяется понятными и часто цитируемыми причинами. В случае нормального учебного процесса базовая геометрия предполагает изучение поверхностей и их композиций как основы геометрического моделирования.

ЗНАНИЯ

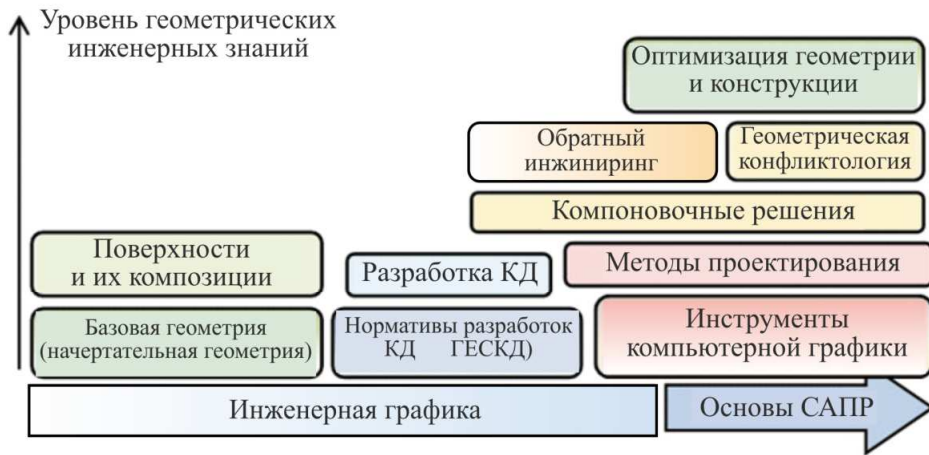


Рис. 1. Уровень геометрических инженерных знаний

В связи с этим компьютерные реализации уже могут присутствовать при рассмотрении отдельных композиционных задач базовой геометрической части дисциплины (рис. 2). Конечно, на этом уровне получение результата с помощью 3D-печати носит чисто учебный характер.



Рис. 2. Практическая реализация средствами 3D-печати конструкторских замыслов

Нормативная часть разработки конструкторских документов даёт представление о комплекте документации, их составе и содержании. Однако уже и здесь, при разработке конструкторских документов, встречаются компоновочные ошибки, которые в ряде случаев целесообразно решать не только средствами геометрического моделиера, но и натурной визуализацией, полученной при 3D-печати. То, что касается конструкторских разработок, их можно отнести к третьей и самой серьёзной части дисциплины «Инженерная графика», которую сегодня называют «Инженерная и компьютерная графика», отдавая, по-видимому, должное компьютерным технологиям.

Продолжением этой дисциплины является «Введение в автоматизированное проектирование», или «Основы САПР», где в полной мере реализуются ранее полученные геометрические знания и навыки, знания стандартов ЕСКД и умение ими пользоваться. Несомненно, при конструировании, используя инструмент геометрического моделиера, уже в значительной степени приходится прибегать к 3D-печати (см. рис. 2).

Сама технология 3D-печати имеет целый ряд особенностей, которые необходимо учитывать при подготовке задания (G-кода). Исходной информацией является геометрическая модель, полученная практически любой программой (например, SolidWorks, Autocad, Компас-3D и др.), ориентированной на моделирование и автоматизированное проектирование, записанная в форматах.obj,.stl,.com.

В настоящее время существует большое количество программ подготовки (слайсеров) для печати на 3D-принтерах: Poligon 2.0, Repetier-Host, KISSlicer, Cura, Skeinforge и ряд других. Наиболее подходящими для используемых 3D-принтеров Picaso 3D и PrintBox 3D 120 являются первые из указанных.

Подготовка G-кода при использовании указанных выше программы требует определённого опыта и навыков. Это связано с самой технологией печати, начиная с ориентации детали на рабочем столе, используемого пластика для печати, предусмотрение «поддержек» для висящих зон, степени заполнения объёма печатаемой детали и до ряда других факторов. Варьируемым параметром также является время печати.

В результате печати формируется деталь (рис. 3, 4), практически полностью совпадающая с компьютерной геометрической моделью. Однако она имеет ряд технологических особенностей: облой, нити поддержки, заусенцы. Они должны быть удалены механически.

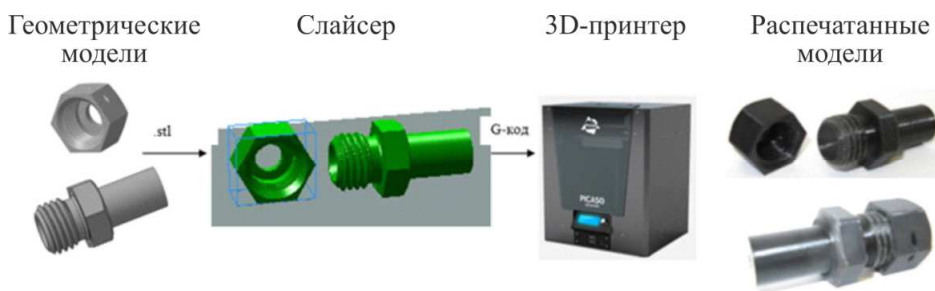


Рис. 3. Технологическая последовательность 3D-печати

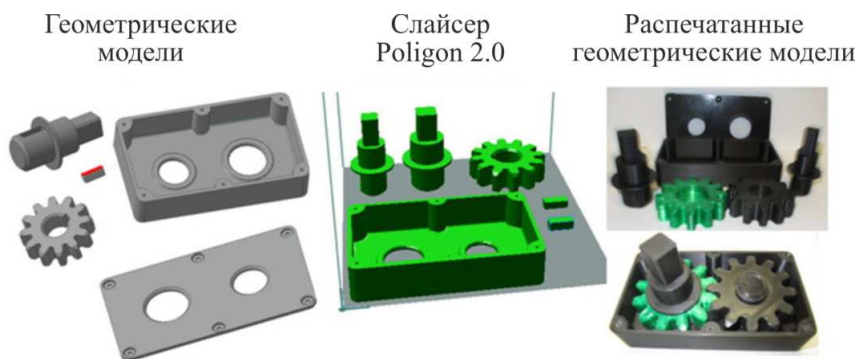


Рис. 4. Оптимизация подготовки 3D-печати

Следует отметить, что сегодня указанная технология, ориентированная прежде всего на визуализационную составляющую процесса проектирования, являясь полезной и во многих случаях даже привлекательной, требует определенного совершенствования и выделения дополнительного времени и материальных ресурсов, включающих в себя собственно 3D-принтеры и соответствующие расходные материалы.

Наиболее эффективным этапом использования 3D-печати в учебном процессе мы считаем начальный этап проектного обучения в курсе инженерной и компьютерной графики. На нашей кафедре он включает в себя так называемые «доконструирования» и «переконструирования». При знакомстве студентов с элементами пневмогидроарматуры летательных аппаратов обращается внимание студентов на особенности конструирования запорных пар (герметичность, ресурс), особенности обеспечения уплотнений, конструкции переходных штуцеров.

После этого студент получает набор деталей сравнительно простых вариантов обратных клапанов, в котором отсутствует какая-нибудь деталь (чаще всего это клапан или золотник), и в этом случае задача

студента заключается в создании модели данной детали с последующей распечаткой на 3D-принтере. Это и называется «доконструирование». Студент на практике убеждается в качестве своей начальной проектной деятельности, осуществляя сборку.

Немного более сложным заданием является «переконструирование». В этом случае при наличии полного комплекта деталей студент получает задание на изменение конструкции одной из деталей (чаще всего клапана) в связи с необходимостью, например, повлиять на ресурс работы запорной пары.

Некоторые сложности фронтального осуществления данного задания определяются временем печати и расходными материалами.

Список литературы

1. 3D-печать в образовании / Т.В. Окладникова, Е.А. Литвинова, А.П. Окладников, Л.В. Неведимова // Наука и образование в XXI веке: сб. науч. тр.: в 17 ч. – Тамбов, 2014. – С. 108–109.

2. Kostakis V., Niaros V., Giotitsas C. Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high school in Greece // Telematics and Informatics. – 2015. – № 32. – С. 118–128.

3. Gershenfeld Neil A. Fab: the coming revolution on your desktop-from personal computers to personal fabrication. – New York: Basic Books, 2005.

4. Troxler Peter. Libraries of the Peer Production Era // Open Design Now. Why Design Cannot Remain Exclusive. – Bis Publishers, 2011.

5. Голубева И.Л., Альтапов А.Р. Изучение цифрового прототипирования в курсе компьютерной графики с использованием продуктов Autodesk // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2014. – Т. 17. – № 13. – С. 343–344.

6. Заседатель В.С. Создание и автоматизация лабораторного практикума на основе систем 3D-печати // Применение инновационных технологий в образовании: материалы XXVI Междунар. конф. – Троицк, Москва: ИТО, 2015. – С. 59–60.

7. Заседатель В.С. Образовательный потенциал технологий быстрого прототипирования // Наукоедение: интернет-журнал. – 2015. – Т. 7. – № 5. – URL: <http://naukovedenie.ru>.

8. Иващенко М.И., Бодров К.Ю. Организация и структура открытой лаборатории идей, методик и практик. Работа с инициативной мо-

лодѣжью // Науковедение: интернет-журнал. – 2015. – Т. 7. – № 2. – URL: <http://naukovedenie.ru>.

9. Лейбов А.М., Каменев Р.В., Осокина О.М. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 93.

10. Разумов М.С., Разумова И.В., Комиссаров А.С. Центр оперативной и 3D-печати в ТвГТУ как инструмент профессионального и творческого развития специалиста высшего образования // Качество образования как характеристика образовательной деятельности: материалы докл. заоч. науч.-практ. конф. – Тверь: Изд-во ТвГТУ, 2015. – С. 67–7.

МОДЕЛЬ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИКУМА ПО ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

**Александрова Евгения Петровна,
Кочурова Людмила Владимировна,
Носов Константин Григорьевич,
Столбова Ирина Дмитриевна**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Обсуждается организация проектно-ориентированной деятельности студента в рамках графической подготовки студентов технического университета

Ключевые слова: графическая подготовка, проектная деятельность, технологическая карта.

MODEL OF PROJECT TRAINING IN THE IMPLEMENTATION OF THE PRACTICAL ON GRAPHIC DISCIPLINES

**Aleksandrova Evgeniy Petrovna,
Kochurova Lyudmila Vladimirovna,
Nosov Konstantin Grigor'evich,
Stolbova Irina Dmitrievna**

Perm National Research Polytechnic University

The organization of the project-oriented activity of the student in the framework of graphic training of students of the technical university

Keywords: graphic preparation, project activity, technological map.

В условиях глобальной информатизации производства, повышения наукоемкости современных технологий расширяются возможности использования компьютерных технологий и в области инженерно-конструкторской деятельности. Новые тенденции в изменении технологического уклада характеризуются высоким уровнем автоматизации деятельности инженера, смещением грани между проектированием и производством. На первый план выступает компьютерное моделирование, которое сопровождает весь производственный процесс, а в основе проектирования находится виртуальная модель изделия [1].

Интенсивный процесс обновления техники и производственных технологий потребовал новых подходов к организации образовательного процесса подготовки инженера, направленных на развитие у студента

практических навыков проектирования и конструирования, соответствующих современным технологиям. В качестве основного направления выбора концепции развития инженерного образования «будущего» выдвигается концепция, направленная на совершенствование графической подготовки за счет широкого использования так называемых проектно-ориентированных технологий, основанных на практико-проблемном обучении, где в качестве основного графического объекта выступает 3D-модель [2].

Инновационность новой технологии заключается в совершенствовании практического обучения на основе гармоничной связи теории и практики, когда практические задания побуждают студента постоянно «добывать» дополнительную информацию из различных источников. С этой целью следует разрабатывать комплексные учебные задания, интегрирующие различные разделы дисциплины и имитирующие квази-профессиональную учебную деятельность [3, 4].

Сложность реализации данного подхода заключается в том, что разрабатывать инновационные учебные задания и организовывать коллективную работу студентов требуется уже на младших курсах обучения. При этом необходимо уложиться в запланированные программой часы, отведенные в учебном плане на базовую графическую подготовку. В этих условиях для внедрения в учебный процесс проектно-ориентированных учебных заданий необходима большая методическая и технологическая подготовка соответствующего сопровождения такой интегративной деятельности студентов, включая оптимальный подбор проектируемых изделий, создание электронной базы параметрических типовых моделей составных частей и справочной информации, организацию учебной работы студентов и контроль разработанных проектов.

На современном этапе преподавателями кафедры «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ПНИПУ проведена большая работа по созданию интегративного курса «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», опирающегося на современные возможности компьютерной технологии, что получило отражение в публикациях [5, 6].

Целью настоящей работы является обсуждение опыта организации практико-ориентированной учебной деятельности студентов на конкретных примерах заданий, имитирующих реальную проектно-конструкторскую деятельность и создающих ситуацию профессионально направленных действий.

В качестве примера рассмотрим содержание одного из комплексных учебных заданий в рамках базовой графической подготовки студентов, предусматривающего разработку конструкторской документации на основе технологии создания 3D-модели объекта, представляющего собой аналог конструкции реального изделия.

Для выполнения поставленной задачи выбрана группа типовых изделий, называемых станочными приспособлениями. Такие «устаревшие» изделия могут быть привлекательны в качестве объекта для учебного проектирования, так как отличаются сравнительной простотой конструктивных решений и наличием большого количества стандартных деталей. Кроме того, из всего многообразия конструкций приспособлений можно выделить узлы и механизмы, общие для всех типов приспособлений. В частности, это узлы установки и базирования обрабатываемой детали, а также зажима ее для последующей обработки. Подобные конструкции использовались ранее при традиционной проработке темы «Сборочный чертеж» [7].

Общность устройства конструкций при переходе на компьютерный вариант выполнения значительно облегчает как подготовку необходимого методического материала к заданию, так и управление преподавателем работой учебной группы.

В техническом задании на проектную разработку заданы функциональные и геометрические характеристики объекта и его составляющих. При необходимости (в случае ограничения программой трудоемкости) можно для типовых деталей предварительно подготовить параметрические 3D-модели и занести их в электронную базу данных.

Студентам предлагается выполнить общую компоновку изделия и отдельных узлов, увязать взаимное расположение составных частей и соединяющих их элементов, выполнить подбор крепежных и специализированных стандартных деталей.

Практическая часть работы над техническим заданием складывается из ряда последовательных действий, требующих от студентов согласования своих решений с полученными ранее базовыми геометрическими знаниями, умелого владения выбранным инструментарием, умения получать и использовать требуемую справочную информацию. Учитывая ограниченные временные ресурсы, такую трудоемкую работу может обеспечить только коллективный подход (мини-студенческий коллектив в составе 2–3 человек), налаженное взаимодействие студентов при работе над общим проектом, а также индивидуальная работа каждого студента по детализации своей части проекта.



Рис. 1. Алгоритм выполнения проектного задания

Общий алгоритм работы над проектным заданием представлен на рис. 1, демонстрирующем следующие этапы работы:

1. Анализ исходных данных. Студентам сообщаются сведения об устройстве предлагаемого типового изделия, его назначение, предварительные геометрические характеристики оригинальных деталей, представленных 3D-моделями, а также перечень наименований стандартных деталей, входящих в конструкцию.

2. Составление конструктивной схемы изделия в виде эскизного варианта с анализом назначения и устройства основных узлов приспособления. На этой стадии проверяются геометрические характеристики составных частей сборочной единицы, учитывающие заданные параметры обрабатываемой заготовки.

3. Работа со справочным информационным материалом по подбору стандартных изделий, включая крепежные и специализированные детали. На этом этапе также уточняются и размеры соединяемых оригинальных деталей.



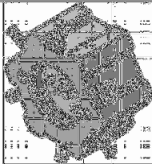



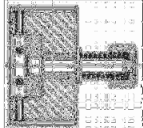
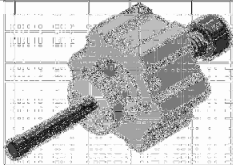

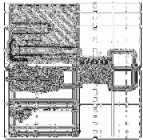
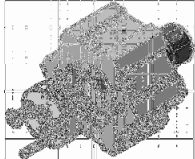


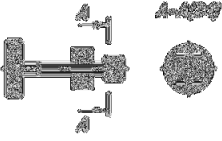



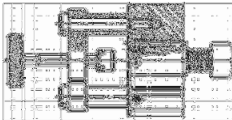
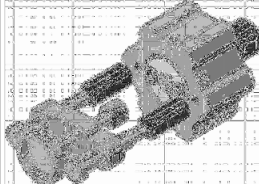
4. Разработка геометрических 3D-моделей основных узлов и конструкции в целом. Этот этап является наиболее трудоемким и предусматривает распределение работы между участниками проекта, а также согласованность действий с целью проверки «собираемости» модели приспособления.

Для контроля собираемости составных частей изделия, при формировании 3D-модели, преподаватель использует инструменты программы КОМПАС-3D. Например, команду «Проверка пересечений», которая применяется для обнаружения 3D-модели мест нежелательных пересечений и касаний составных частей. Отображение нежелательных пересечений и касаний на экране монитора происходит в виде подцветенных красным цветом зон (общих для компонентов сборочной единицы).

В случае невыполнения условий «собираемости» следует провести дополнительную работу по устранению ошибок конструирования.

5. Заключительным этапом работы над проектом является коллективная защита проекта, представление электронной документации на разработанное приспособление в виде 3D-моделей изделия в целом и его составных частей, а также их ассоциированных чертежей (при необходимости).

Технологическая карта сборки узлов приспособления

Основные операции	Исходные данные			Эскиз	Модель
1. Запросовка втулочных втулок в корпус		Стандартные детали: 1. Втулка втулочная (6 штук)			
2. Установка втулки центрирующей и сборка регулирующей					
	Стандартные детали: 1. Пружина 2. Шайба				
3. Установка и крепление фиксирующей втулки		Стандартные детали: 1. Винт (2 шт.) 2. Шайба			
4. Сборка регулирующего узла					
	Стандартные детали: 1. Пята 2. Шайба (2 шт.)				
5. Крепление регулирующего узла в корпус					
	Стандартные детали: 1. Винт (2 шт.) 2. Шайба (2 шт.)				

При затруднениях в работе над 3D-моделью студенты могут обратиться к технологической карте сборки, которая приведена в таблице и содержит последовательность выполнения основных операций при создании 3D-моделей конструктивных узлов приспособления. Общий вид разработанной модели приспособления изображен на рис. 2, *а*, *б*.

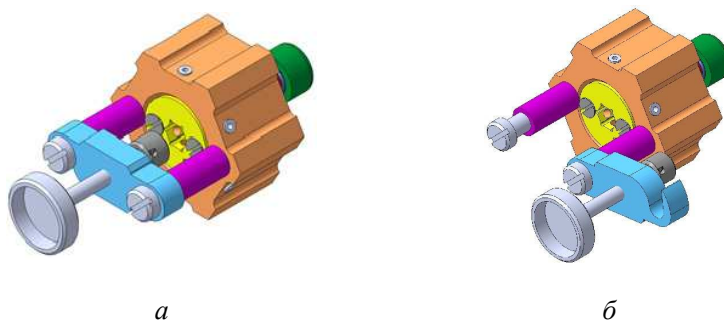


Рис. 2. Общий вид модели приспособления:
а – подготовленного к работе; *б* – в состоянии переустановки детали

На протяжении всей работы студенты используют разработанные учебно-справочные материалы, необходимые для анализа поставленной задачи и ее практической реализации, они доступны как в электронном, так и в печатном виде.

При выполнении представляемого задания студенты погружаются в атмосферу, близкую к реальной проектной деятельности. Подобная практика повышает уровень систематизации знаний, способствует повышению профессиональной направленности графических дисциплин, формирует у студентов устойчивые проектно-конструкторские компетенции [8], востребованные в будущем инженерном творчестве при моделировании изделий машиностроительного профиля.

Заключение

В представленной работе показан опыт использования в рамках графического обучения инновационных технологий, приближающих учебный процесс к реальной проектно-конструкторской деятельности. Разработанные учебные задания-проекты, приближенные к реальным конструкторским разработкам, повышают интерес студентов к графическому обучению, развивают образное и «операционное» мышление, формируют навыки и умения коллективного творчества. Такие задания создают ситуацию проблемного обучения, реализуют новые способы

учебных профессионально направленных действий, совершенствуют имеющиеся знания и умения. Интеграция «модельной технологии» начертательной геометрии, «графического документирования» инженерной графики и современных компьютерных технологий САПР обеспечивает получение студентами графических компетенций на достаточно высоком профессиональном уровне и в рамках запланированной учебной программой трудоемкости.

Список литературы

1. Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Компьютерное моделирование как основа геометро-графической подготовки в техническом университете // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – № 4. – С. 63–65.

2. Подготовка к проектной деятельности как средство обеспечения профессиональной компетентности выпускника технического вуза / С.И. Дворецкий, Н.П. Пучков, Е.И. Муратова, В.П. Таров // Вестник ТГТУ. – 2002. – Т. 8. – № 2. – С. 351–363.

3. Томилин С.А., Ольховская Р.А., Федотов А.Г. Обеспечение производственной направленности процесса обучения инженерной графике практико-ориентированных бакалавров // Концепт 2016. – № 03 (март). – URL: <http://e-koncept.ru/2016/16056.htm>.

4. Абросимов С.Н., Тихонов-Бугров Д.Е. Проектно-конструкторское обучение инженерной графике: вчера, сегодня, завтра // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3. – № 3. – С. 47–57. DOI: 10.12737/14419.

5. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Метод проектов в организации графической подготовки // Высшее образование в России. – 2015. – № 8–9. – С. 22–26.

6. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Практическая реализация проектно-ориентированной деятельности студентов в ходе графической подготовки // Открытое образование. – 2015. – № 5. – С. 55–62.

7. Конструирование типовых изделий машиностроения: учеб.-метод. пособие / В.А. Лалетин, Е.П. Александрова, Т.В. Грошева, Е.В. Корнилова. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011. – 87 с.

8. Амирджанова И.Ю., Виткалов В.Г. Современное состояние развития геометро-графической культуры и компетентности будущих специалистов // Вектор науки ТГУ. – 2015. – № 2 (32–2). – С. 26–31.

КОМПЛЕКС ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ КАК ОСНОВА ПРОФЕССИОНАЛЬНО НАПРАВЛЕННОЙ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Верещагина Татьяна Анатольевна

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

В статье раскрывается инновационный подход в геометро-графической подготовке студентов горно-геологического профиля. Сущность подхода заключается в составлении комплекса специально подобранных инженерных задач, позволяющих осуществлять профессионально ориентированное обучение. Показано влияние данных задач на формирование геометро-графической компетентности студентов в их профессиональной сфере.

Ключевые слова: геометро-графическая подготовка; комплекс задач; инженерная задача; профессионально направленное обучение.

SET OF ENGINEERING TASKS AS A BASIS FOR PROFESSIONALLY ORIENTED GEOMETRY AND GRAPHIC LEARNING OF STUDENTS OF MINING AND GEOLOGICAL PROFILE

Vereshchagina Tatiana Anatolyevna

Perm National Research Polytechnic University

This paper focuses on the innovative approach of geometric and graphic learning of students of mining and geological profile. The described approach is based on preparation of specially selected engineering tasks, which allows to carry out professionally-oriented educational process. The article shows influence of such tasks on shaping of geometry and graphic competence of students in their professional area.

Keywords: geometry and graphic education, set of tasks, engineering task, professionally oriented education.

На целесообразность использования профессионально ориентированных задач как основного средства формирования у студентов соответствующих умений указывают многочисленные исследования в данной области (Аммосова М.С., Ахметханова Е.М., Васяк Л.В., Говоркова Л.И., Григорьевская Л.П., Зубова Е.А., Петухова А.В., Скоробогатова Н.В., Федотова Т.И. и др.). Поскольку процесс решения задач является неотъемлемой частью геометро-графической подготовки, где задача как еди-

ница обучения играет ключевую роль, преподавание дисциплин графического цикла следует осуществлять с помощью специально подобранного комплекса задач. Между тем создание такого комплекса (обоснованный подбор задач и выстраивание их в определенной последовательности) является одной из важнейших проблем, стоящих перед преподавателем. Это связано с тем, что в теории и практике обучения всегда возникает проблема определенной систематизации задач, их специального подбора, расположения в некоторой последовательности и формирования умений специфической деятельности решения.

Задачи, представленные в классических учебниках по геометро-графическому образованию и традиционно применяемые в учебной практике технических вузов, не могут в полной мере выполнить эту функцию, а главное – они зачастую не способны показать студентам реальную связь дисциплины с будущей профессией, т.е. ее прикладную направленность, что негативно сказывается на мотивации обучения. Особенно это касается обучения студентов горно-геологического профиля, специфика будущей профессии которых значительно отличается от других.

В связи с этим перед нами стояла задача в рамках геометро-графической подготовки студентов горно-геологического профиля конкретизировать понятие «комплекс задач», установить наиболее общие принципы его формирования, удовлетворяющие определенному ряду требований и условий, и в соответствии с этим непосредственно разработать конкретные задачи.

Для уточнения понятия «комплекс задач» была выбрана исходная взаимообусловленная система, в которой выделен рассматриваемый объект. Под системой будем понимать множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образующих определенную целостность, единство. В качестве такой системы нами определена контекстная профессионально ориентированная образовательная среда геометро-графической подготовки (КПООС ГПП) [1]. В свою очередь, комплекс, согласно словарю С.И. Ожегова, – это совокупность или сочетание чего-либо. Таким образом, комплексом задач, предназначенных для реализации геометро-графической подготовки студентов горно-геологического профиля, будем называть совокупность специально отобранных и структурированных в определенной последовательности задач, которые бы удовлетворяли образовательным целям курса дисциплин графического цикла, были направлены на формирование компетентностной модели выпускника соответствующего направления

подготовки специалистов, мотивировали познавательную деятельность студентов, вызывали у них рефлекссию и играли воспитательную роль.

В качестве основополагающих при решении данной проблемы были приняты следующие положения. Теоретическую основу при разработке комплекса задач составили следующие подходы: задачный, системный, компетентностный, контекстный, личностно-деятельностный, проектно-исследовательский, междисциплинарный, синергетический. В совокупности они позволяют преподавателю через задачи моделировать необходимые учебные ситуации и успешно реализовывать цели геометро-графического образования. При отборе содержания задач мы руководствовались принципами фундаментальности, сложности, открытости, интегративности и нелинейности.

Задания разрабатывались с учетом восприятия и понимания студентов первого курса. В связи с этим базовые инженерные задачи [2] либо какие-то их составляющие, которые можно было рассматривать в рамках изучаемой дисциплины, преобразовывались и, соответственно, упрощались.

В результате был сконструирован комплекс задач, включающий задачи-упражнения (94 задачи) и 9 укрупненных задач, разработанных по вариантам – индивидуальные графические задачи (ИГЗ). Значительное место в комплексе занимают инженерные задачи, которые являются основой для решения практических задач разведки и разработки недр. Они содержат профессионально ориентированный контекст и подразумевают замещение реальных горно-геологических объектов их аналогами – геометро-графическими моделями. Для подготовки к решению таких задач была разработана тетрадь с печатными основами, содержащая задачи-упражнения [3]. Кроме того, изданы учебные пособия (рис. 1, а):

- ◆ «Начертательная геометрия в инженерных задачах» [4], где рассматриваются и технически обосновываются решения некоторых инженерных задач методами начертательной геометрии с алгоритмами решения и примерами оформления чертежей;

- ◆ «Теоретические основы построения геометрических объектов на планах» [5];

- ◆ «Метод проекций с числовыми отметками в решении инженерных задач» [6];

- ◆ «Экспресс-конспект» [7];

- ◆ «Начертательная геометрия применительно к решению горно-геологических задач. Геологическая структура с разрывным нарушением на горных чертежах» [8].



Рис. 1. Методическое обоснование для комплекса инженерных учебных задач:
 а – учебно-методическая литература; б – комплекс учебных задач,
 представленный в виде дерева задач

Для наглядности комплекс задач (КЗ) представлен в виде дерева задач (см. рис. 1, б). Все задачи комплекса вне зависимости от их сложности мы подразделяем на три группы. Первую группу составляют задачи классические (ЗК), традиционно представленные в учебниках по начертательной геометрии и инженерной графике. Во вторую группу включены профессионально ориентированные инженерные задачи (ЗИ), т.е. проекции базовых инженерных задач, имеющих горно-геологическую специфику, решение которых может быть реализовано средствами начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики студентами первого года обучения в вузе соответствующих специальностей. Группа инженерных задач, в свою очередь, состоит из двух подгрупп 1 (ЗИ1) и 2 (ЗИ2). В первую подгруппу включены задачи, выбранные из первой группы классических задач, в содержание которых в результате их переформулирования введена горно-геологическая лексика, что придает задачам профессиональную направленность и дополнительно требует применения терминологического тезауруса. Вторую подгруппу представляют комплексные многокомпонентные инженерные задачи, базирующиеся на начальных геометро-графических знаниях и умениях, требующие пропедевтических знаний спецдисциплин и также использования профессионального терминологического тезауруса. К третьей группе задач отнесены задачи нестандартные (ЗН), такие как олимпиадные, творческие, исследовательские, задачи для работы в ко-

манде и др. Каждая из перечисленных задач может быть реализована на комплексном чертеже (КЧ), в проекциях с числовыми отметками (ПЧО), в аксонометрии (А), а также представлена в виде трехмерной модели (3D) в графических редакторах AutoCAD или КОМПАС. Таким образом, суммарно комплекс задач складывается из следующих составляющих:

$$КЗ = \text{а ЗК (КЧ,ПЧО,А,3D)} + \text{а ЗИ1 (КЧ,ПЧО,А,3D)} + \text{а ЗИ2 (КЧ,ПЧО,А,3D)} + \text{а ЗН (КЧ,ПЧО,А,3D)}.$$

Далее каждую группу задач рассмотрим на примерах.

Задачи классические. Это задачи, которые в геометро-графической практике обучения решаются студентами всех технических вузов. В тетради с печатными основами классические задачи-упражнения занимают более 60 %. Они предназначены для решения на лекциях, на практических занятиях и для самостоятельной работы студентов. Отличительной особенностью данных заданий является то, что большинство из них предусматривает **бинарный** принцип решения, т.е. студенты должны представить два или три обязательных решения: традиционное на комплексном чертеже, в аксонометрии и в проекциях с числовыми отметками. При этом алгоритм зачастую является единым для всех вариантов решения данной задачи, хотя могут быть применены и различные алгоритмы. Такой подход является новацией, поскольку в практике преподавания дисциплин графического цикла ранее не применялся.

Задачи инженерные. Задачи первой подгруппы (ЗИ1) инженерных задач также включены в тетрадь с печатными основами и аналогично задачам классическим предназначены как для решения в аудитории, так и для самостоятельной работы и предусматривают одно, два или три решения. Вместе с тем в формулировке задач присутствует горно-геологическая лексика. *Приведем пример такой задачи.*

Через точку С запроектировать горную выработку CF, параллельную заданному направлению АВ. Через точку D запроектировать горизонтальную горную выработку DE до пересечения с горной выработкой АВ. Задачу решить в ПЧО (графически и аналитически), на эюре и в прямоугольной изометрии.

Также к данной подгруппе отнесена, например, следующая **индивидуальная графическая задача.**

На эюре (в двух проекциях) и в ПЧО определить расстояние между наклонными горными выработками *a* (АВ) и *b* (СD). Решение зада-

чи на эюре представлено в классических учебниках по начертательной геометрии. Пример выполнения задачи и алгоритм решения представлены на рис. 2, а.

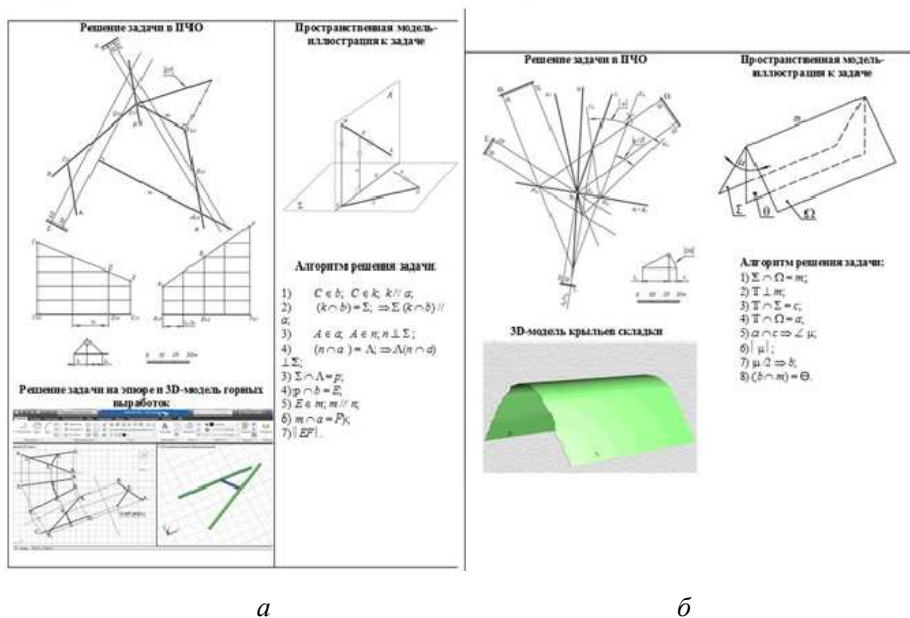


Рис. 2. Примеры выполнения инженерных задач:
а – ЗИ1; б – ЗИ2

Задачи второй подгруппы (ЗИ2) инженерных задач являются укрупненными комплексными инженерными задачами. Они играют обобщающую, интегративную, а также мотивирующую роль в процессе профессионально ориентированного освоения курса начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, в формировании и закреплении навыков геометро-графического моделирования, осознанного выбора в каждом конкретном случае определенной геометро-графической модели объекта и наиболее рационального алгоритма решения задачи.

Пример задачи из подгруппы ЗИ2.

Вертикальные буровые скважины вскрыли в точках A, B, C и K, L, M крылья складки, поверхности которых могут быть представлены соответственно как плоскости S и L . Из данных бурения известны координаты точек A, B, C, K, L, M .

На эюре (в двух проекциях) определить положение шарнира складки и величину угла складки m , а также натуральную величину

плоскости крыла складки, ограниченную треугольником ABC , и угол его наклона к горизонтальной плоскости проекций (метод выбрать самостоятельно). В ПЧО определить элементы залегания крыльев складки, величину угла складки m и элементы залегания осевой (биссекторной) плоскости Q .

Решение задачи на эпюре представлено в классических учебниках по начертательной геометрии. Пример выполнения данной задачи в ПЧО и алгоритм решения представлены на рис. 2, б.

Примеры выполнения других укрупненных комплексных задач из данной подгруппы приведены на рис. 3.

Здесь следует отметить, что в данной подгруппе задач в отличие от предыдущих (ЗИ2) уже не требуется выполнять несколько вариантов решения на различных геометро-графических моделях (комплексном чертеже, в проекциях с числовыми отметками или аксонометрии).

Решая данные задачи, студенты выбирают наиболее рациональную модель, выполняя конкретное действие в задании. Так, в некоторых индивидуальных комплексных инженерных задачах необходимо решить ряд отдельных промежуточных задач на разных геометро-графических моделях в зависимости от того, на какой из них горно-геологический объект может быть представлен наиболее полно и рационально.

Выполняя данные задания, учащиеся овладевают навыками работы с горно-геологической документацией, что является чрезвычайно важным в формировании профессиональных компетенций будущих инженеров.

В отличие от традиционных классических задач (Зк), которые обычно заданы в виде знакомой геометро-графической модели и символики, отдельные инженерные задачи являются весьма сложными для самостоятельного решения студентами от начала до конца, что сопряжено с описательной (словесной) формулировкой задачи, а также нестандартными алгоритмами решения. В этом случае задача подразделяется на блоки: одни, безусловно, объясняются преподавателем, другие студенты выполняют самостоятельно.

Необходимо подчеркнуть, что подавляющее большинство задач-упражнений служат подготовкой к выполнению индивидуальных графических заданий и являются аналогами их фрагментов, что значительно упрощает понимание сложных укрупненных задач.

Из третьей группы задач ЗН (задачи нестандартные) в настоящем исследовании нас интересуют только задачи, имеющие профессиональную направленность. Среди них можно выделить такие, которые

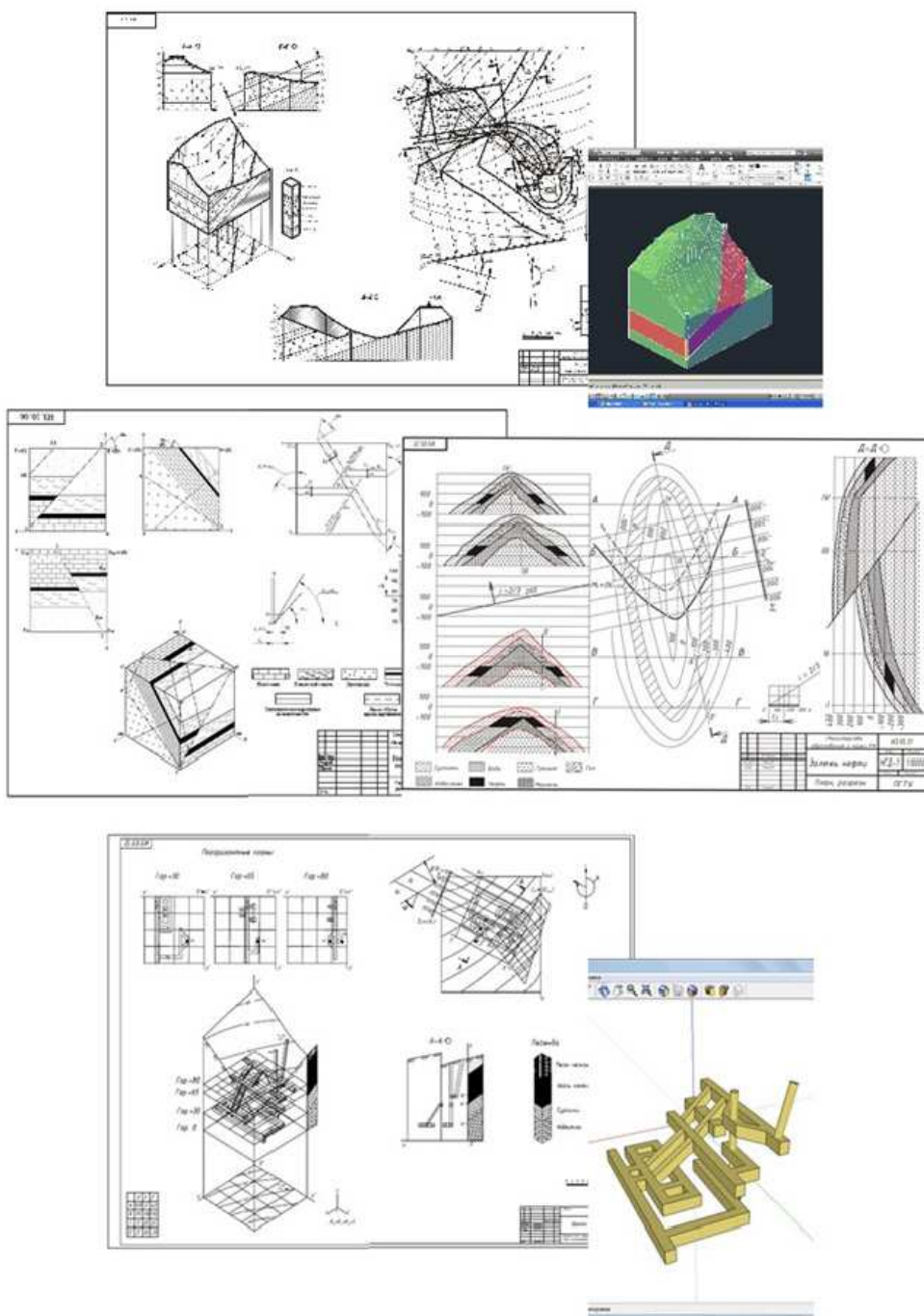


Рис. 3. Примеры выполнения укрупненных инженерных задач (подгруппа ЗИ2)

студенты по завершении курса геометро-графической подготовки формулируют и решают самостоятельно, а затем разбирают их с преподавателем (индивидуальная работа). В эту же группу задач входят задания, которые сильные и особо мотивированные студенты по желанию выполняют самостоятельно сверх программы курса. Кроме того, задачи, входящие в комплекс, могут быть расширены специальными дополнительными заданиями. Например, задача, приведенная на рис. 2, *a*, может рассматриваться как исследовательская задача [9], а одна из задач, представленных на рис. 3, как показал опыт, хорошо решается в команде. Также разработана методика решения этих задач. Все индивидуальные графические задания могут выполняться студентами вручную, а также в графических редакторах AutoCAD или КОМПАС в режиме 2D, причем одно не должно исключать другое, поскольку именно пара «голова–рука» активизирует процесс мышления. Кроме того, некоторые горно-геологические объекты для наглядности и лучшего понимания следует представлять 3D-моделями. Особенно это полезно при построении блок-диаграмм месторождений и тектонических нарушений, а также наглядных изображений горных выработок.

Разработанный комплекс задач способствует активному формированию дисциплинарных компетенций и соответствует синергетическим принципам: фундаментальности, сложности, открытости, нелинейности. Принцип фундаментальности согласуется с тем, что позволяет выявить в изучаемой дисциплине знания для профессионального использования. Принцип сложности проявляется в следующем: все индивидуальные графические задания (ИГЗИ2) являются сложными, но вместе с тем доступными для понимания студентам первого курса. Кроме того, при необходимости задания могут быть дополнены или упрощены. Это не влечет принципиальной потери их качества и позволяет реагировать на индивидуальность как отдельного учащегося, так и группы учеников. В соответствии с принципом открытости можно варьировать задачи в зависимости от направления подготовки учащихся, также имеется возможность применять в образовательном процессе различные методики и новации. Комплекс задач учитывает принцип нелинейности, поскольку предполагает возвращение к определенным темам на разных уровнях и различные методы решения одних и тех же задач, в результате чего у студентов формируется целостная система знания.

Присутствие в образовательном процессе инженерных задач ускоряет и качественно изменяет само обучение за счет появления дополнительной мотивации, поскольку студентам видна очевидная связь дисциплины с будущей профессиональной деятельностью. Кроме того, решение инженерных задач оказывает положительный эффект и на усвоение задач классических, усиливая их роль как в формировании геометро-графической компетентности, так и в формировании компетентностной модели выпускника вуза конкретного направления подготовки.

В связи с этим инженерные задачи, вошедшие в разработанный комплекс задач, удовлетворяют следующим условиям:

- ◆ описывают объекты или ситуации из горно-геологической инженерной деятельности;
- ◆ содержат некоторые неизвестные параметры горно-геологических объектов или явлений, которые необходимо определить или исследовать с помощью аппарата начертательной геометрии инженерной и компьютерной графики;
- ◆ способствуют прочному усвоению геометро-графических знаний, являющихся основой инженерной деятельности любого профиля и формированию геометро-графической компетентности;
- ◆ обеспечивают установление взаимосвязей дисциплин графического цикла со специальными дисциплинами;
- ◆ устанавливает пропедевтическую стадию изучения понятий спецдисциплин и терминологического тезауруса;
- ◆ направлены на формирование профессиональной компетентности (не только из-за большего количества ее квалификационных составляющих, но и с более высоким уровнем их сформированности);
- ◆ оказывают воспитательное действие на учащихся, что реализуется через такие многочисленные аспекты, как прикладная и мировоззренческая направленность, воспитание интереса, развитие творческих задатков и нравственных качеств личности и т.д.

Функции инженерных задач представлены на рис. 4.

Разработанный комплекс инженерных задач, включающих профессионально ориентированный контекст, соответствует пониманию и восприятию студентов первого курса, делает обучение профессионально направленным и при этом усиливает позиции классического обучения, способствует формированию способности и готовности применять полученные знания как в спецдисциплинах, так и в будущей профессиональной деятельности.

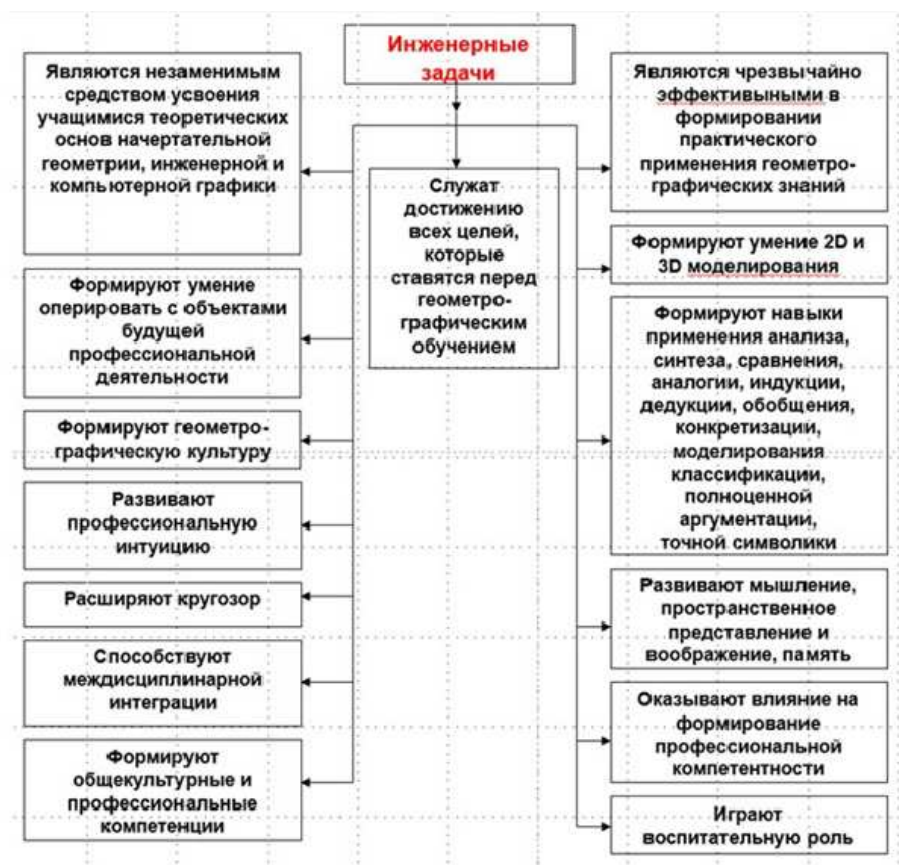


Рис. 4. Функции инженерных задач в геометро-графической подготовке

Принцип бинарности при решении задач, когда решение одной и той же задачи осуществляется параллельно на разных геометро-графических моделях с использованием единого или различных алгоритмов, благотворно отражается на понимании и усвоении учебного материала, дает опыт по выбору оптимального решения.

P.S. Уважаемые коллеги!

Описанный в статье комплекс задач разрабатывался и внедрялся на протяжении 20 лет. Результаты внедрения созданной методики положительные, о чем многократно докладывалось на различных конференциях как в нашей стране, так и за рубежом, имеется 5 публикаций в журналах ВАКа.

Однако в настоящий момент в связи с унификацией программ геометро-графическая подготовка студентов горно-геологического профиля в нашем вузе осуществляется наравне со студентами всех других специальностей.

Если для кого-то актуальны методические разработки в данном направлении, охотно поделюсь.

Список литературы

1. Контекстная профессионально ориентированная образовательная среда как средство // 2012. – № 6. – С. 27–37.
2. Верещагина Т.А. Эволюционный процесс формирования умений решения инженерных задач // Инновации в образовании. – 2013. – № 10. – С. 27–35.
3. Боброва Л.Г., Верещагина Т.А. Начертательная геометрия: задачи с печатными основами: прил. к учеб. пособию «Начертательная геометрия: экспресс-конспект: Ч. 1» (задачник). – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 55 с.
4. Боброва Л.Г., Верещагина Т.А., Микова В.В. Начертательная геометрия в инженерных задачах / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2010. – 49 с.
5. Боброва Л.Г., Верещагина Т.А., Микова В.В. Теоретические основы построения геометрических объектов на планах: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 35 с.
6. Верещагина Т.А., Кочурова Л.В., Турицына И.А. Метод проекций с числовыми отметками в решении инженерных задач. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 105 с.
7. Боброва Л.Г., Верещагина Т.А. Начертательная геометрия. Ч. I. Экспресс-конспект: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 55 с.
8. Начертательная геометрия применительно к решению горно-геологических задач. Геологическая структура с разрывным нарушением на горных чертежах: метод. пособие / сост. Т.А. Верещагина. – Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2000. – 24 с.
9. Верещагина Т.А. Исследовательская деятельность в геометрографической подготовке // Теория и практика общественного развития. – 2014. – № 1. – С. 226–229.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНОЙ ОБЪЕКТИВНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ДИСТАНЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТА

Вольхин Константин Анатольевич

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск

Рассматриваются особенности применения виртуальной обучающей среды «moodle» в инженерной графической подготовке, реализованные в курсе «Начертательная геометрия и инженерная графика» портала дистанционного обучения Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Анализируется влияние информационных и коммуникационных составляющих дистанционных технологий на успешность учебной деятельности студента очной формы обучения. Приводится оценка студентов целесообразности применения информационных технологий при изучении курса «Начертательная геометрия».

Ключевые слова: дистанционные технологии обучения, самостоятельная работа студента, начертательная геометрия, инженерная графика.

USE OF REMOTE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING GRAPHIC TRAINING OF THE STUDENT OF CONSTRUCTION HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Volkhin Konstantin Anatolevich

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

Consider the features of the application «moodle» – virtual learning environment for Engineering graphics preparation, which is realized in the course «Descriptive Geometry and Engineering Graphics», on Distance Learning Portal of Novosibirsk State Architectural University (Sib-strin). This article analyzes the impact of information and communication components of remote technologies the success of educational activity of full-time students. Assessment of students of expediency of use of information technologies when studying the course «Descriptive geometry» is given.

Keywords: distance learning technology, independent work of the student, descriptive geometry, engineering graphics.

Электронные учебно-методические материалы, подготовленные преподавателями кафедры «Начертательная геометрия» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) в 2003 г., представлены в свободном доступе на сайте кафедры (www.ng.sibstrin.ru) в разделе образование – закладка «Учебно-методи-

ческая литература». Формат образовательных ресурсов различен от pdf-копий опубликованных печатных изданий и презентаций теоретических основ курса до электронных интерактивных ресурсов. Таким образом, информационная составляющая дистанционных форм сопровождения учебного процесса есть, и она постоянно обновляется, кроме этого на просторах Интернета можно найти огромное количество различных ресурсов, содержащих материалы по дисциплинам графического цикла. Поэтому формирование контента по дисциплине «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика» на портале дистанционного обучения Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) (www.do.sibstrin.ru) было обусловлено в первую очередь необходимостью реализации контрольной и коммуникационной составляющей сопровождения учебной деятельности студентов заочной формы обучения. В нашем университете в качестве образовательной площадки для разработки курсов, как и в большинстве отечественных высших учебных заведений, используется сертифицированная модульная объективно-ориентированная дистанционная система обучения (Modular Object-Oriented Dynamic Learning (moodle)). Примеры ее использования для обучения дисциплинам графического цикла подтверждают наличие широкого спектра инструментов для реализации различных методик организации учебной деятельности [6, 7]. Таким образом, основной целью использования «moogole» было разрешение проблемы организации консультационной помощи в подготовке контрольных работ и проверки правильности выполнения графических заданий для иногородних студентов.

Опыт трехлетнего применения системы для сопровождения учебной деятельности студентов заочной формы обучения по изучению курса «Начертательная геометрия» показал невысокую активность студентов. Так, в 2014–2015 учебном году на курс не зарегистрировался ни один студент, в 2015–2016 – 12 человек, и в текущем учебном году – 121 студент (54 % от всего контингента учащихся). При этом следует отметить, что в основном востребована была только информационная составляющая, так как графические задания на проверку были представлены через «moodle» в 2015–2016 учебном году только 2 студентами, а в 2016–2017 – всего 26 (12 %). Это можно объяснить, тем что специфика заочной формы обучения традиционно предусматривает неравномерное распределение учебной нагрузки в течение семестра: «от сессии до сессии живут студенты весело», а в период сессии дис-

танционные технологии становятся лишними. Кроме того, чтобы использовать современные коммуникационные технологии для представления индивидуальных графических заданий по начертательной геометрии, они должны быть оформлены в электронном виде или оцифрованы, т.е. лучше всего, чтобы студент имел навыки работы в какой-либо системе автоматизированного проектирования. При этом программы, использованные для оформления чертежей, должны быть в университете, чтобы студент мог сдавать экзамен в привычной среде, и преподаватели должны уметь ими пользоваться для проверки работ в дистанционном режиме. Мы рекомендуем использовать для оформления работ имеющиеся в университете пакеты AutoCAD и КОМПАС, но не все прислушиваются к этим просьбам, были случаи, когда для оформления работ использовался CorelDraw, но большинство студентов заочной формы обучения свои индивидуальные графические задания оформляют карандашом на бумаге. Проверка точности решения метрической задачи на сканированном чертеже – работа, существенно осложняющая деятельность преподавателя. Подавляющее большинство студентов, оформивших чертежи с помощью графических программ, разместили их в «moodle» в период сессии, когда проще и быстрее проверить правильность выполнения заданий по распечатанной работе. Таким образом, наш опыт применения дистанционного сопровождения учебной деятельности студентов заочной формы обучения в процессе изучения «Начертательной геометрии» и «Инженерной графики» показал низкую эффективность и малую востребованность: студенты редко пользуются представленной им возможностью, а для преподавателя это дополнительная нагрузка.

Применение новых образовательных технологий всегда сопряжено с ростом нагрузки преподавателя, и если в результате мы видим, что происходит повышение качества знаний студентов или увеличение количества студентов, своевременно прошедших итоговую аттестацию по дисциплине, то работа выполнена не зря. Смещение приоритета от аудиторной к самостоятельной работе в организации учебной деятельности студентов очной формы обучения способствует внедрению информационно-коммуникационных инструментов [3, 4]. Использование систем автоматизированного проектирования (САПР) для оформления индивидуальных графических заданий является обязательным условием в организации дистанционных консультаций и в проверке правильности выполненных заданий. Поэтому такие дисциплины, как «Инженерная

и компьютерная графика», предполагающие применение САПР в учебной деятельности студента, являются наиболее удобными для реализации электронного сопровождения [5].

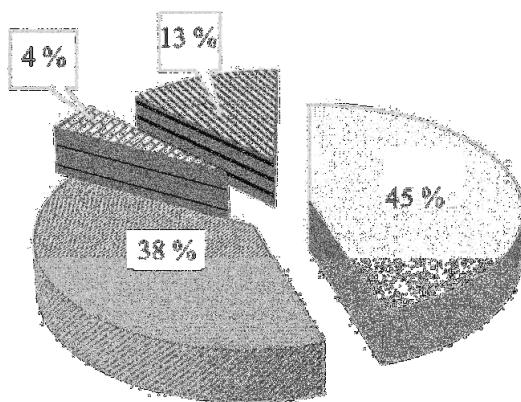
По-другому обстоят дела с курсом «Начертательная геометрия и инженерная графика», традиционно изучаемым в первом-втором семестре и не предусматривающим времени на изучение графических пакетов. При планировании учебного времени на выполнение индивидуальных графических заданий предполагается, что студент имеет навыки работы с чертежными инструментами. Поэтому применение САПР при оформлении графических заданий может носить только рекомендательный характер, и только степень внедрения дистанционных технологий в сопровождение учебной деятельности становится основным аргументом для учащегося в пользу изучения электронных методов оформления чертежа.

Курс дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика», подготовленный нами и размещенный на портале дистанционного обучения Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), используется для организации учебной деятельности студентов очной формы обучения на протяжении двух семестров первого года обучения. В контенте курса размещены электронные учебно-методические материалы, необходимые для самостоятельного изучения дисциплины. Теоретические основы курса представлены в виде лекции, это интерактивный ресурс, содержащий большое количество иллюстраций, моделей и чертежей изучаемых объектов, пошаговые иллюстрации алгоритмов решения позиционных и метрических задач. Индивидуальные графические задания также представляют собой электронный ресурс, содержащий варианты заданий, пошаговые методические рекомендации по их выполнению и примеры оформления работ. Курс структурно разделен не по темам, а по неделям, что позволяет реализовать занятия в среде курса в соответствии с календарным планом изучения дисциплины. Студент видит, на какой неделе какие темы нужно изучить и какие контрольные мероприятия будут проводиться на занятии. В течение семестра в качестве контрольных мероприятий предполагается прохождение 13 тестовых заданий по теоретическим основам курса, написание 2 контрольных работ и защиты индивидуальных графических заданий. Весь текущий контроль осуществляется во время аудиторных практических занятий и консультаций, проводимых в терминальном классе. Графические работы рекомендуется выпол-

нять в системе автоматизированного проектирования КОМПАС, что позволяет обращаться за помощью в случае возникновения затруднений к преподавателю и сдавать работу на проверку через элемент курса «Задание», размещая файл с работой в личном кабинете системы «moodle», при этом преподавателю приходит сообщение на электронную почту, что в курсе появились задания, требующие проверки.

Для изучения мнения студентов о целесообразности применения виртуальной обучающей среды «moodle» для сопровождения курса «Начертательная геометрия и инженерная графика» мы провели анкетирование студентов по окончании первого семестра обучения. В опросе приняли участие 69 респондентов из 8 учебных подгрупп одного потока. Четыре подгруппы сопровождался одним преподавателем (консультации только дистанционные), три – другим (консультации как аудиторские, так и дистанционные) и одна – третьим (консультации только аудиторские). Важнейшими факторами целесообразности применения дистанционных методов в сопровождении учебной деятельности студента являются оперативность и своевременность получения необходимой помощи от преподавателя. Из диаграммы на рис. 1, составленной из ответов студентов на вопрос: «Как оперативно вы получали ответ преподавателя на поставленный вопрос (оперативность проверки задания)?», следует, что применение коммуникационных технологий существенно повышает доступность преподавателя для студента. При этом нельзя не обратить внимание на то, что 13 % респондентов общались с преподавателем только во время практических занятий, и большинство из них не имело возможности общения с преподавателем через систему «moodle».

Кроме того, мы попросили оценить студентов значимость некоторых составляющих дистанционного образования (ДО) на успешность изучения дисциплины по пятибалльной системе. Результаты опроса, представленные на рис. 2, показали, что подавляющее большинство респондентов высоко оценили целесообразность применения дистанционных форм обучения для организации учебной деятельности по изучению начертательной геометрии. Самым популярным инструментом ДО, по мнению студентов, является возможность дистанционного представления индивидуальных графических заданий на проверку и электронные пошаговые учебно-методические рекомендации по выполнению индивидуальных графических заданий.



□ в течение суток; ▨ в течение 2-3 дней;
▩ в течение 4-5 дней; ▧ в течение недели

Рис. 1. Оперативность проверки задания

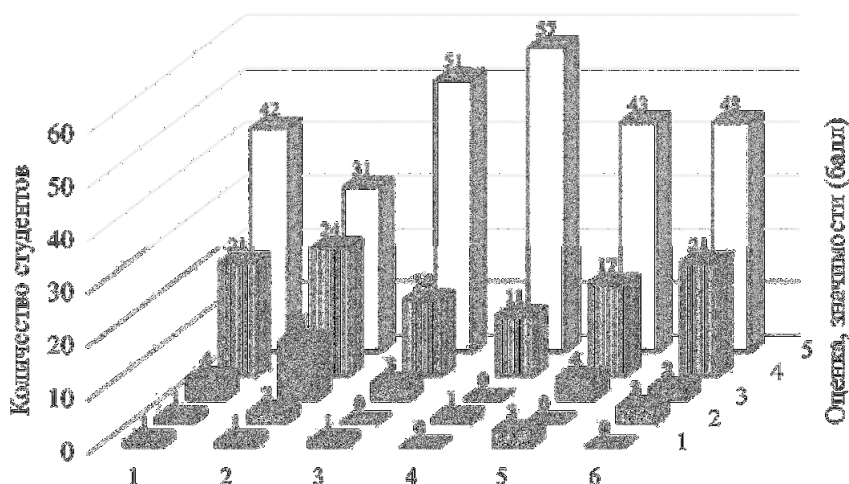


Рис. 2. Значимость ДО по результатам опроса:

1 – электронные учебно-методические материалы; 2 – текущего тематического тестирования в системе; 3 – электронные пошаговых учебно-методических рекомендаций по выполнению индивидуальных графических заданий; 4 – представления графических работ на проверку дистанционно; 5 – дистанционная консультация; 6 – инструментальные возможности «moodle»

На предложение сформулировать пожелания по улучшению результативности освоения начертательной геометрии 24 студента оставили вопрос без внимания, 20 – все устраивает и по 11 респондентов высказались за увеличение количества лекционных и практических

аудиторных занятий и модернизацию контента. Под модернизацией контента чаще всего предлагается сопровождать учебные материалы видеоуроками и более подробным описанием пошаговых алгоритмов решения задач.

Количество аудиторных занятий для изучения дисциплины «Начертательная геометрия» – это 8 лекционных и 17 практических занятий (всего 50 академических часов). Если учесть, что студент должен выполнить 10 индивидуальных графических заданий и защитить их – побеседовать с преподавателем по темам, для освоения которых предназначены работы, то можно с уверенностью 50 % времени практических занятий отнести к индивидуальной работе со студентами, по оценке уровня освоения предмета. Чтобы сохранить это время, преподаватели часто переносят индивидуальную работу на время аудиторных консультаций, делая их таким образом обязательными для студента, тем самым значительно повышая временные затраты студента на освоение учебной дисциплины [1]. Поэтому, с нашей точки зрения, только внедрение элементов дистанционной системы в учебный процесс должно снять остроту описанной проблемы. Но применение систем дистанционной поддержки самостоятельной работы студентов, как показали исследования, на 60 % повышают нагрузку преподавателя [2], которая никак не учитывается в оценке его работы. Решение вопроса по включению в нагрузку преподавателя тьюторской деятельности позволит изменить отношение преподавателей к применению дистанционных форм в сопровождении самостоятельной работы студентов очной формы обучения и, соответственно, будет способствовать повышению ее эффективности.

Список литературы

1. Астахова Т.А., Вольхин К.А. Консультация – способ организации самостоятельной работы студентов технического университета // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации (КГП-2015): материалы V Междунар. науч.-практ. интернет-конф.; февраль-март 2015 г. Вып. 2. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 671 с. – С. 256–267.
2. Вольхин, К.А. Использование информационно-коммуникационных технологий преподавателем в процессе обучения начертательной геометрии // Информатизация инженерного образования – ИНФОРИНО-2014; Москва, 15–16 апреля 2014 г. – М.: Изд. дом МЭИ, 2014. – 604 с. – С 35–36.

3. Вольхин К.А. Использование элементов дистанционной системы образования при обучении графическим дисциплинам // Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: межвуз. науч.-метод. сб. / Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2005. – С. 53–56.

4. Вольхин К.А. Организация учебной деятельности студентов в процессе изучения начертательной геометрии // Сибир. пед. журнал: науч. период. издание. – 2013. – № 4. – С. 102–110.

5. Ефремов Г.В., Ньюкалова С.И. Разработка электронного сопровождения учебного процесса курса «Инженерная и компьютерная графика» в открытой дистанционной среде MOODLE // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: материалы междунар. науч.-практ. интернет-конф.; февраль–март 2011. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 180–183.

6. Лалетин В.А., Столбова И.Д., Крайнова М.Н. Организация системы дистанционного обучения графическим дисциплинам [Электронный ресурс] // Информационные технологии в образовании (ИТО-2004): материалы XIV Междунар. конф.-выставки. – URL: http://www.ict.edu.ru/vconf/index.php?a=vconf&c=getForm&r=thesisDesc&d=light&id_sec=155&id_thesis=6526 (дата обращения: 17.0.2017).

7. Халуева В.В., Хамитова Д.В. Разработка курсов графических дисциплин на основе системы дистанционного обучения Moodle [Электронный ресурс] // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы IV Междунар. науч.-практ. интернет-конф.; февраль–март 2014. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/100/> (дата обращения: 17.02.2017).

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕЛОВЫХ ИГР ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ЧЕРЧЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ ТЕХНИКУМОВ

Гайдарь Олег Георгиевич

Донецкий национальный технический университет, Донецк

Корецкая Ирина Николаевна

Повышение квалификации преподавателей техникумов предложено проводить в форме деловой игры. Отмечены преимущества, цели и задачи такого метода активного обучения. Подробно даны план, правила, регламент и критерии оценки такой игры.

Ключевые слова: инженерная графика, методика преподавания, деловая игра, этапы и операции игры, инструкции.

USING BUSINESS GAMES IN THE STUDY OF METHODS OF TEACHING DRAFTING BY TEACHERS OF TECHNICAL SCHOOLS

Gaidar Oleg Georgiyevich

Donetsk National Technical University

Koretskaya Irina Nikolaevna

To advance in the qualification of teachers of technical school is propose to realize in the form of a business game. Goals and objectives of active learning have advantages. The plan, rules, regulations and criteria for evaluating this game are present in detail.

Keywords: engineering graphics, teaching methods, business game, stages and operations of the game, instructions.

На кафедре начертательной геометрии и инженерной графики Донецкого национального технического университета проходят стажировку преподаватели черчения и компьютерной графики из техникумов и колледжей. Повышение квалификации таких преподавателей мы решили организовать, основываясь на опыте использования апробированных еще в советские времена форм и методов активного обучения.

Такие методы и формы активизации обучения, как деловые игры, игровое проектирование, анализ производственных ситуаций, разыгрывание ролей, имитационные упражнения, проблемное обучение, математические дискуссии и другие, незаслуженно забыты.

Большие возможности в преодолении негативных стереотипов, выработавшихся у преподавателей за долгие годы работы в отношении к собственным знаниям, их глубине, таят в себе методы активного обучения – это один из перспективных путей совершенствования подготовки специалистов высокой квалификации. При правильной организации такие методы позволяют осуществлять подготовку в условиях, максимально приближенных к реальным, отвечающим задачам профессионального становления личности.

Важным достоинством методов активного обучения является то, что они, как правило, предусматривают коллективную работу малыми группами. Обучение в малых группах проходит значительно эффективнее, так как возрастает учебное взаимодействие участников: обмен мнениями, консультирование, споры, совместные поиски решений. При этом успех решения общей задачи зависит от конкретного вклада каждого участника. Таким образом, оценка деятельности всего коллектива – это общий результат работы всех его участников. Повышение ответственности каждого участника игры за порученную ему часть общей задачи обуславливает активизацию обучения.

Одним из факторов улучшения качества подготовки специалистов является совершенствование педагогического мастерства и квалификации преподавателей.

Целью данной работы является разработка модели открытого урока по черчению, имитирующей деятельность преподавателей, предметной комиссии и методиста при его подготовке, проведении и обсуждении.

Цели и задачи игры. Основная цель игры – углубление, расширение и закрепление знаний, умений и навыков, полученных студентами на лекциях и практических занятиях по инженерной графике.

В процессе игры формируется умение вырабатывать оптимальные решения на основе анализа учебно-воспитательного процесса и разбора методики преподавания конкретных тем курса инженерной графики, стимулируется активное самообразование студентов на примерах решения реальных задач.

Для достижения этих целей в игре имитируются обычные педагогические ситуации: подготовка и проведение урока, анализ его на заседании предметной комиссии, т.е. отрабатывается практическая деятельность каждого преподавателя техникума.

Процесс игры. Игра проходит в три этапа.

Этап 1 – подготовительный, включает в свой состав две операции:

Операция 1: руководитель игры (преподаватель) сообщает о проведении учебной игры, её содержании, правилах проведения, составе команд, дате игрового занятия. Составы команд могут быть названы руководителем или сформированы слушателями. В том и другом случае руководитель может назвать только кандидатуры на главные должности – преподавателя, проводящего открытый урок, председателя предметной комиссии, методиста. Остальные роли распределяются слушателями самостоятельно.

Операция 2: самостоятельная подготовка слушателей к игре. Все участники игры тщательно обдумывают возможные варианты проведения открытого урока; преподаватели, которые его проводят, готовят учебно-методическую карту, консультируются с коллегами, председателем предметной комиссии, методистом, изучают передовой опыт преподавания, в особенности по рассматриваемой теме. Председатель предметной комиссии оказывает помощь консультациями преподавателю в подборе учебного материала, средств обучения, рациональных методов и приемов проведения открытого урока. Методист предоставляет в распоряжение преподавателя информацию о передовых методах организации и проведения открытых уроков и, в частности, по рассматриваемой теме.

Этап 2 – деловая игра. Этот этап включает три операции:

Операция 1: руководитель размещает участников игры, объявляет её задачи, последовательность проведения, критерии оценки.

Операция 2: имитация открытого урока. Преподаватели, проводящие открытый урок, дают характеристику условий урока (профессиональная направленность подготовки специалистов техникума, специальность учащихся, для которых предлагается открытый урок, объем программы, время, отводимое на изучение рассматриваемой темы, оснащение кабинета и др.). Далее они подробно рассказывают о всех элементах урока, обращая особое внимание на методы актуализации опорных знаний учащихся, мотивации и активизации их деятельности, формы самостоятельной работы и др. Уточнение и выяснение отдельных аспектов предлагаемого урока осуществляются ответами на задаваемые участниками игры вопросы.

Операция 3: обсуждение открытого урока выполняется на заседании предметной комиссии. Открывая заседание, председатель предмет-

ной комиссии сообщает порядок обсуждения урока. Все участники заседания комиссии высказывают свое мнение о предложенном уроке, обязательно подчеркивают положительные и негативные стороны его. Преподаватели, проводившие открытые уроки, отвечают на сделанные замечания по уроку. В заключение принимается решение по каждому уроку, которое тут же сообщается участникам заседания предметной комиссии. Председатель предметной комиссии составляет протокол заседания.

Этап 3 – заключительный – подведение итогов открытых уроков. Руководитель игры анализирует деятельность всех её участников, дает оценку представленным документам (учебно-методическая карта, анализ урока, протокол заседания предметной комиссии), демонстрирует лучшие образцы методических разработок, методического обеспечения рассматриваемой темы. Затем подсчитываются суммы баллов по каждому участнику игры и каждой команде. Объявляется команда-победитель и победители личного первенства. Победители личного первенства освобождаются от зачета по методике преподавания черчения.

Действия участников игры определены их должностными обязанностями в среднем специальном учебном заведении.

1. Преподаватель, представляющий открытый урок:

- ◆ должен вести на высоком идейном и научном уровне учебную и методическую работу, обеспечивать выполнение учебных программ;
- ◆ вести учет успеваемости учащихся, организовать и контролировать их самостоятельную работу;
- ◆ осуществлять идейно-политическое воспитание учащихся и вести внеклассную работу согласно планам учебного заведения;
- ◆ на каждый семинар составлять календарно-тематический план, а также поурочные планы;
- ◆ систематически повышать свой идейно-политический уровень и педагогическое мастерство;
- ◆ руководить кружками учащихся.

В процессе деловой игры необходимо выполнить ряд процедур.

1. В ходе подготовительного этапа:

1.1. Изучить правила игры и последовательность её операций.

1.2. Ознакомиться с исходной деловой ситуацией.

1.3. Подготовить информацию об условиях проведения открытого урока.

1.4. Разработать учебно-методическую карту занятия в соответствии с программой и календарно-тематическим планом.

1.5. Доложить о плане проведения урока и содержании учебно-методической карты на предварительном заседании предметной комиссии.

2. В ходе игрового этапа:

2.1. Охарактеризовать условия проведения открытого урока – специальность учащихся, объем программы по черчению в часах и отведенное время на рассматриваемую тему, оснащение кабинета и др.

2.2. Развернуто осветить содержание учебно-методической карты и иллюстрационный материал на доске.

2.3. Дать аргументированные методические рекомендации для учащихся по изучению темы урока по учебной литературе.

2.4. Продемонстрировать образцы графических работ учащихся по рассматриваемой теме.

2.5. В ходе коллективного обсуждения урока аргументировано отстаивать свое мнение, в то же время проявить умение прислушиваться к высказываниям коллег.

2. Председатель предметной комиссии.

Председатель предметной комиссии несет ответственность за систематическое повышение уровня подготовки преподавателей, совершенствованию методической подготовленности преподавателей к проведению учебно-воспитательной работы; изучение и пропаганду передового опыта учебной и воспитательной работы; развитие навыков активной самостоятельной работы преподавателей над совершенствованием своей квалификации.

В процессе деловой игры необходимо выполнить:

1. В ходе подготовительного этапа.

1.1. Изучить правила игры и последовательность её операций.

1.2. Изучить исходную деловую ситуацию, помнить, что вместе с преподавателем несет ответственность за качество учебно-воспитательного процесса.

1.3. Оказать помощь преподавателю в подготовке учебно-методической карты, рациональном подборе материально-методического обеспечения урока.

1.4. Дать задание всем членам предметной комиссии внимательно прослушать урок, проанализировать и подготовиться к обсуждению его.

2. В ходе игрового этапа.

2.1. Внимательно ознакомиться с предлагаемым планом урока и учебно-методической картой к нему.

2.2. Организовать обсуждение заслушанного урока на заседании предметной комиссии, выработать рекомендации по совершенствованию учебно-воспитательного процесса.

2.3. Оказать помощь методисту в подготовке анализа урока.

2.4. Составить протокол заседания предметной комиссии.

3. *Методист техникума:*

а) систематически изучает, обобщает и распространяет передовой опыт работы преподавателей, классных руководителей, предметных комиссий, заведующих кабинетами и лабораториями;

б) внедряет в учебный процесс новейшие достижения педагогической и психологической науки, эффективные методы и приемы обучения и воспитания;

в) содействует повышению эффективности работы предметных комиссий, оказывает им помощь в планировании, организации и проведении заседаний, открытых уроков, олимпиад, смотров-конкурсов, конференций и т.д.;

г) совместно с председателями предметных комиссий разрабатывает предложения по дальнейшему совершенствованию учебно-воспитательного процесса, методики преподавания, эффективного использования технических средств обучения и наглядных пособий, организации самостоятельной работы, проблемного обучения, лабораторных, практических и лекционно-семинарских занятий, проверке, учету и оценке знаний, умений и навыков учащихся;

д) организует обсуждение учебных планов, программ и подготовку рекомендаций по их совершенствованию с учетом развития науки, техники и производства;

е) оказывает методическую помощь преподавателям в самообразовании и подготовке методических разработок, докладов, рефератов.

В ходе деловой игры необходимо выполнить следующее:

1. В ходе подготовительного этапа:

1.1. Изучить правила игры и последовательность её операций.

1.2. Изучить исходную деловую ситуацию, ознакомиться с календарно-тематическим планом.

1.3. Оказать помощь преподавателям в подготовке учебно-методической карты. Предоставить им информацию о передовых методах преподавания.

2. В ходе игрового этапа:

2.1. Ознакомиться с предлагаемым уроком и учебно-методической картой.

2.2. При коллективном обсуждении дать оценку урока, указав на его положительные и негативные качества, высказать методические рекомендации по совершенствованию учебно-воспитательного процесса.

2.3. Представить анализ посещенного урока.

2.4. Принять участие в составлении протокола заседания предметной комиссии.

4. Преподаватель, член предметной комиссии.

В процессе деловой игры необходимо выполнить следующее:

1. В ходе подготовительного этапа:

1.1. Изучить правила игры и последовательность ее операций.

1.2. Изучить исходную деловую ситуацию.

1.3. Дать рекомендации при необходимости преподавателям в подготовке ими методики проведения и оснащения открытого урока.

2. В ходе игрового этапа:

2.1. Внимательно ознакомиться с предлагаемой методикой проведения урока и учебно-методической картой к нему.

2.2. Принять участие в заседании предметной комиссии, дать свою оценку открытому уроку, отметив его положительные и негативные стороны.

2.3. Внести свои предложения по совершенствованию учебно-воспитательного процесса. В ходе деловой игры все действия участников подлежат обязательной оценке. В первую очередь учитывается качество принимаемых решений. Однако помимо основных критериев, учитываются культура поведения, тактичность, самокритичность и т.д. Критерии оценки сведены в таблице.

Критерии оценки деятельности участников игры

№ п/п	Операция	Критерии оценки	Участники, деятельность которых оценивается	Количество баллов
1	Составление учебно-методической карты	Правильность и полнота составления учебно-методической карты	Преподаватель, представляющий урок	До 5
2	Доклад о порядке проведения открытого урока	Методический и эмоциональный уровень предлагаемого урока		До 5
3	Анализ предложенного урока	Полнота и аргументированность анализа	Все посещающие урок	До 5

Окончание таблицы

№ п/п	Операция	Критерии оценки	Участники, деятельность которых оценивается	Количество баллов
4	Предложения по совершенствованию урока	Аргументированный методический уровень		До 2 5
5	Оформление анализа открытого урока	Полнота и лаконичность анализа	Методист	До 5
6	Оформление протокола заседания предметной комиссии	Полнота, точность, лаконичность протокола	Председатель предметной комиссии	До 5
7	Взаимоотношения	Этапы поведения	Все участники обсуждения урока	До 1

При подведении итогов определяется личное и командное первенство.

Выводы. Рассмотренная деловая игра была апробирована в учебном процессе при повышении квалификации преподавательского состава техникумов. Опыт применения игры показал целесообразность широкого внедрения её в учебный процесс. Игра активизирует учебную деятельность слушателей, позволяет по-новому взглянуть на все элементы урока, в особенности на формы актуализации опорных знаний и мотивацию учебной работы учащихся, формы и методы формирования у них знаний, умений и навыков.

Список литературы

1. Основные направления перестройки высшего и среднего специального образования в стране. – М.: Высшая школа, 1987. – 76 с.
2. Вербицкий А.А. Психолого-педагогические особенности контекстного обучения / Политехн. музей, НИИ пробл. высш. шк. – М.: Знание, 1987. – 109 с.
3. Игровые занятия в строительном вузе / под ред. Е.А. Литвиненко, В.И. Рыбальского. – Киев: Вища школа, 1985. – 303 с.
4. Педагогика / А.Д. Бондарь, А.П. Кондратью, В.В. Швидкий. – Киев.: Вища школа, 1982. – 382 с.

ОБ ОПЫТЕ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ СО ШКОЛЬНИКАМИ В ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРОЕКТОВ

Головкина Валерия Борисовна

Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС», Москва

В статье рассматриваются основные теоретические и практические вопросы, связанные с проектной деятельностью школьников в инженерных классах, организованных на базе университета с целью освоения трехмерного компьютерного моделирования САПР «Компас-3D».

Ключевые слова: трехмерное компьютерное моделирование, проектный подход, САПР «Компас-3D», средства визуализации, современные методы обучения, школа – вуз.

ABOUT THE EXPERIENCE OF VOCATIONAL GUIDANCE WITH STUDENTS IN ENGINEERING CLASSES ON THE BASIS OF PROJECTS

Golovkina Valeriya Borisovna

National University of Science and Technology

Examines the main theoretical and practical issues related to project activities of students in the engineering school, organized by the University, with the aim of developing three-dimensional computer modeling, CAD «Compass-3D».

Keywords: three-dimensional computer modeling, project approach, CAD system «Compass-3D», visualization tools, modern teaching methods, school-university.

Вопросы о ведении профориентационной работы со школьниками не сходят с повестки дня при решении важных вопросов, касающихся развития вузов страны. Причины этому вполне очевидны, перечислять их не имеет смысла.

Стоит признать, что в последние годы ведущие университеты страны стали существенно повышать требования к качеству набора контингента, решая задачи привлечения в вузы абитуриентов, имеющих достаточно высокий уровень начальной подготовки по ряду профильных предметов, часть из которых подтверждается результатами успешно сданных ЕГЭ. Университеты заинтересованы в будущих студентах, стремящихся получить качественное образование, способных ответственно подходить к решению задач, касающихся выбора будущего на-

правления обучения и т.д. Чтобы привлечь мотивированных и заинтересованных в своем будущем обучении абитуриентов, вузы регулярно проводят дни открытых дверей и аналогичные мероприятия.

Теме профориентационной работы посвящен ряд статей и докладов. Среди них стоит выделить активные и пассивные методы этой работы в высших учебных заведениях, которые подробно рассмотрены авторами в статье [1]. С.В. Титова [2] обосновывает актуальность разработки целостной педагогической системы профориентационной работы с учащимися на различных уровнях обучения. Ключевые направления работы по привлечению абитуриентов в вузы предлагают авторы в работе [3]. Т.Г. Гдалина и М.Ю. Челпанов выделяют следующие направления: применение интернет-технологий, использование различных форм интеллектуальных и творческих соревнований, включающих олимпиадное движение, тесное взаимодействие преподавателей вузов с представителями школьного учебного корпуса и т.д.

Наряду с вышеперечисленными методами профориентационной работы в последнее время в университетах все чаще обсуждается проектная деятельность учащихся. Метод проектов, зародившийся во второй половине XIX в. в школах США, получил подробное освещение в трудах таких американских педагогов, как Дж. Дьюи и У.Х. Килпатрика («Метод проектов. Применение целевой установки в педагогическом процессе», 1925 г.) [4]. Основой метода проектов является приобретение учащимися знаний и умений в процессе выполнения конкретных практических заданий.

В настоящее время преподаватели вузов используют этот метод в рамках профориентационной работы в мероприятии «Инженерный класс».

По данным mos.ru [5], проект «Инженерный класс в московской школе» был запущен властями Москвы совместно с лучшими техническими вузами и высокотехнологичными предприятиями города в 173 московских школах. Проект стартовал в 2015 г., в нём задействовано более 100 предприятий. В 2016 г. в 50 школах появились цифровые лаборатории, оборудование для 3D-моделирования, нанотехнологические комплексы, электронные пушки, наборы для архитектурного конструирования, изучения электротехники. Как отмечается на сайте НИТУ «МИСиС» [6], основной задачей проекта «Инженерный класс в московской школе» является создание современных форматов обучения, которые позволили бы школьникам использовать уникальные образовательные

возможности столицы. Организация инженерных классов подразумевает не только создание специализированных компьютерных аудиторий, но и разработку особой программы обучения, включающей факультативные занятия по техническим дисциплинам. Программа введена для школьников 10–11-х классов. При поступлении в НИТУ «МИСиС» успешным выпускникам инженерных классов к результатам ЕГЭ будут добавлены дополнительные баллы.

В частности, метод проектов применяется на кафедре автоматизированного проектирования и дизайна (АПД) НИТУ «МИСиС». Преподаватели, занимающиеся со школьниками, получают дополнительные баллы при избрании на новый срок работы. К участию в инженерных классах приглашаются ученики 10–11-х классов.

На общем собрании школьники выполняют профориентационный тест, по результатам которого организаторы рекомендуют им выбрать подходящий проект. Преподаватели кафедр НИТУ «МИСиС» заранее передают темы проектов организаторам мероприятия. В данной статье будет рассмотрена работа над проектом, имеющим название «Конструирование модели робота в САД-системе».

Для работы в инженерных классах создана общеобразовательная программа дополнительного образования детей «САПР «Компас-3D» как инструмент развития творческого потенциала школьников» для обеспечения приема в университет студентов из числа профессионально-ориентированных поступающих.

Целью данной программы является развитие творческих и интеллектуальных способностей учащихся в области трехмерного компьютерного моделирования на примере разработки модели робота. Среди поставленных задач стоит выделить: приобщение учащихся к графической культуре путем формирования целостного представления пространственного моделирования и проектирования объектов на компьютере, повышение интереса школьников к трехмерному компьютерному моделированию, популяризация профориентационной работы в области освоения 3D-графики в системе «Компас-3D», укрепление сотрудничества между школьным и высшим инженерным образованием, активизация научно-технического творчества.

К планируемым результатам освоения программы относится владение навыками решения практических задач при работе с техническими устройствами, владение навыками создания трехмерных моделей в САПР «Компас-3D», демонстрация практических навыков для реше-

ния задач и реализации проектов в области трехмерного моделирования, развитие способности эффективно обрабатывать и хранить информацию.

На контактную работу обучающихся с преподавателем выделяется 16 часов, 26 часов приходится на самостоятельную работу школьников.

Итогом освоения данной программы является разработка индивидуального проекта, предполагающего прохождение всех этапов разработки 3D-модели робота от построения отдельных эскизов до создания трехмерной сборки.

Для школьников разработаны краткие рекомендации, в которых в доступной для ребенка форме отмечаются роль учения в жизни человека, важность активной, творческой жизненной позиции, разъясняется понятие «метод проектов». Там же конкретизируется название проекта, перечисляются его цель и задачи, требования к конечным результатам выполнения. Рекомендации содержат план работы над проектом, в котором отмечается, в какие сроки должен быть сдан определенный этап работы, ответственность сторон (школьника и преподавателя) за успешное завершение мероприятия, форма работы и место проведения занятий.

Опыт показывает, что далеко не всегда в школе есть специалисты, готовые оказать школьникам педагогическую поддержку на всех этапах разработки проектов. Для преподавателей графических дисциплин ситуация осложняется тем, что в школах черчение преподается редко, а о трехмерном компьютерном моделировании большинство школьников имеет смутное представление.

Неоценимую помощь в работе со школьниками оказывают магистранты, обучающиеся на кафедре АПД по программе «Дизайн света пространственной среды». В рамках прохождения педагогической практики студенты разработали методическое руководство, которое помогало школьникам готовить проекты. На примере разработки трехмерной модели робота в системе «Компас-3D» в руководстве рассматриваются возможности применения инструментария программы и выполнение различных операций трехмерного компьютерного моделирования. Разделы руководства имеют логическую взаимосвязь, поддерживают работу школьников в вопросах прохождения всех этапов обучения и тренировки по схеме «от простого к сложному». О содержании подобной разработки мы писали в статье [7]. Кроме создания методического руководства магистранты помогали преподавателям на занятиях в аудитории и консультировали школьников дистанционно.

Школьники с большим интересом взялись за освоение системы «Компас-3D», выполняя работу в аудитории и закрепляя полученные знания дома. Первые трудности возникли на этапе выбора робота для индивидуальной разработки, так как в рамках выполнения проекта учащиеся должны придумать не фантазийного персонажа, а смоделировать робота, который будет служить интересам людей. После долгих размышлений и обсуждений были утверждены варианты разработки робота-спасателя, роботизированного медицинского кресла, робота-снегоуборщика, робота-пожарного. На этапе эскизной проработки школьники рисовали своих роботов карандашом, продумывая особенности будущих моделей.

Процесс моделирования отдельных деталей робота и их сборку учащиеся вели самостоятельно. В случае необходимости они задавали вопросы в электронных письмах. В этот период стало ясно, что не все школьники справятся с поставленными задачами. Это объясняется рядом факторов: учащиеся перегружены школьными заданиями, часть факультативных занятий вынесена на вторую половину дня, учителя недооценивают важность проектов своих учеников и не способствуют тому, чтобы школьники закончили работу в срок. Отсутствие таких предметов, как черчение и информатика, лишает учащихся возможности обсудить в школе с кем-либо возникшие вопросы. Наконец, далеко не все умеют самостоятельно работать и решать поставленные задачи.

До того момента, как началась непосредственная работа в инженерных классах, автором статьи был проанализирован ряд школьных проектов, многие из которых представлены в Интернете. В результате был сделан неутешительный вывод о том, что для достижения высоких показателей, учителя и преподаватели порой работают над созданием проектов больше своих учеников. В результате на защиту выносятся проекты, которые школьники самостоятельно не способны разработать. Тут возникает вопрос, как поступить, если, с одной стороны, шаблоны данной работы уже есть и их нельзя игнорировать, а с другой – надо дать возможность школьнику продемонстрировать свои реальные, а не мифические достижения

В результате было решено, что на этапе трехмерного моделирования школьники самостоятельно работают над проектом, реализуя собственное видение робота (рис. 1).

Преподаватель оказывает консультацию, если возникают вопросы и непосредственно не участвует в 3D-разработке. После того, как была

создана трехмерная модель сборки, на ее основе школьниками был выполнен сборочный чертеж (рис. 2) и заполнен лист спецификации (рис. 3).

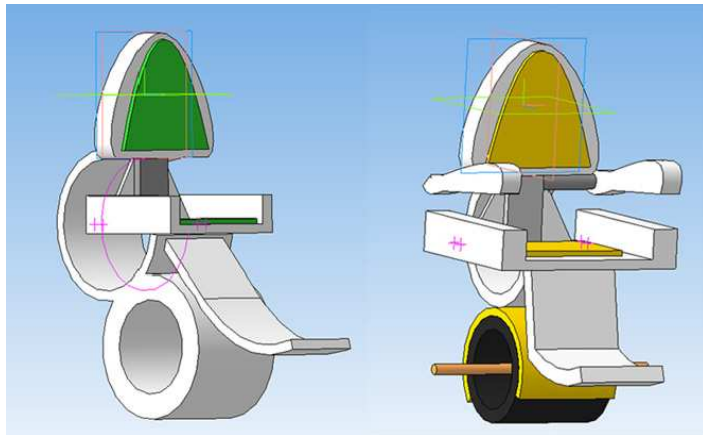


Рис. 1. Промежуточные этапы моделирования роботизированного медицинского кресла

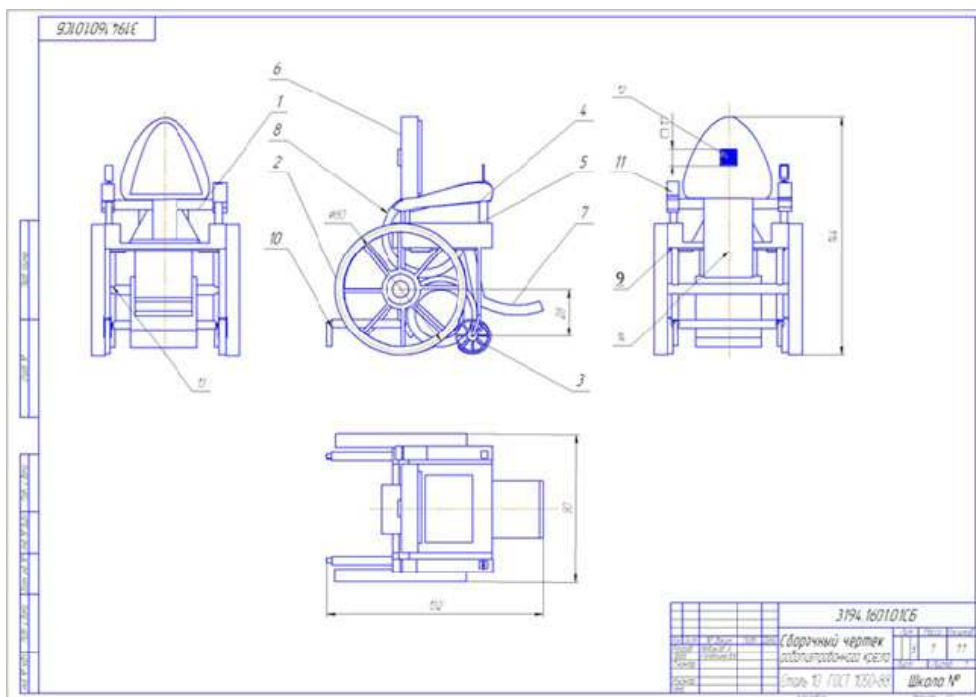


Рис. 2. Сборочный чертеж роботизированного медицинского кресла в САД «Компас-3D» (разработчик А.А. Новиков ГБОУ Школа № 1324 корпус «Сеченовский»)

ладу на конференцию и готовить сам доклад. Защита готовых проектов состоится в апреле 2017 г.

Список литературы

1. Безусова Т.А., Шестакова Л.Г. Методы профориентационной работы высшего учебного заведения [Электронный ресурс]. – URL: <http://povainfo.ru/article/8479> (дата обращения: 25.02.2017).

2. Титова С.В. Эффективный метод профориентационной деятельности вуза // Мир современной науки. – 2011. – № 6. – С. 3–18.

3. Гдалина Т.Г., Челпанов, М.Ю. О деятельности университета по привлечению абитуриентов // Universum: Вестник Герценов. ун-та. – 2010. – № 11. – С. 26–29.

4. Томина Е.Ф. Педагогические идеи Джона Дьюи: история и современность // Вестник ОГУ. – 2011. – № 2 (121). – С. 360–366.

5. Инженерные классы появились в 173 столичных школах [Электронный источник]. – URL: <https://www.mos.ru/news/item/16173073> (дата обращения: 1.03.2017).

6. НИТУ «МИСиС» открыл 9 инженерных классов в школах Москвы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ucheba.ru/article/1431#> (дата обращения: 25.02.2017).

7. Головкина В.Б., Мокрецова Л.О., Ефименко С.М. Тренажерный комплекс как инструмент развития творческого потенциала и навыков трехмерного компьютерного моделирования у учащихся // Высшее образование сегодня. – 2015. – № 12. – С. 27–30.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СКБ В ТВЕРСКОМ КОЛЛЕДЖЕ ИМ А.Н. КОНЯЕВА

Головнин Алексей Алексеевич

Тверской государственной технической университет, Тверь

Романов Юрий Михайлович

ГБПОУ «Тверской колледж им. А.Н. Коняева», Тверь

Козлов Сергей Павлович

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
механизации льноводства», Тверь

Приводится информация об организации в рамках учебного процесса инженерной среды (студенческое конструкторское или проектное бюро), способной решать задачи производственной или проектной организации. Рассмотрены некоторые организационные приемы организации работы СКБ. Перечислены основные ошибки обучающихся при выполнении ЭМД.

Ключевые слова: студенческое конструкторское бюро.

ORGANIZATION AND FIRST RESULTS OF THE WORK OF SKB IN THE TVER COLLEGE NAMED AFTER A.N. KONYAEVA

Golovnin Alexey Alexeevich

Tver State Technical University

Romanov Yuri Michailovich

GBPOU «Tverskoy kolledzh im. A.N. Konyaeva»

Kozlov Cergey Pavlovich

FGBNU VNIIML

Provides information about the organization in the training process engineering environment (student design or design office), able to solve problems of manufacturing or design organization. Discusses some of the organizational methods of organization of work of SKB. Lists the main errors of students when you run EMD.

Keywords: student design Bureau.

Приводится информация об организации в рамках учебного процесса инженерной среды (студенческое конструкторское или проектное бюро), способной решать задачи производственной или проектной организации.

Место организации такой инженерной среды выбрано не случайно. Тверской колледж им. А.Н. Коняева – это престижное, динамично развивающееся образовательное учреждение, являющееся базовым учебным заведением среднего профессионального образования Тверской области. Колледж – постоянный участник экспериментальных исследований в области профессионального образования, программ по развитию социального партнерства, программ в области молодежных инициатив. Колледж является победителем всероссийского конкурса «Лидер среднего профессионального образования России» в номинации «Колледж – лидер в подготовке специалистов XXI века», лауреатом конкурса «100 лучших ССУЗов России», победителем конкурса по реализации приоритетного национального проекта «Образование», участником эксперимента по реализации прикладного бакалавриата*.

СКБ было организовано на базе двух групп обучающихся 3-го курса специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств». Работа СКБ осуществлялась в рамках учебного процесса, была привязана по времени к занятиям по курсу «Основы компьютерной графики», 80 аудиторных часов, всего 116 часов, распределенных на 16 недель. Аудитории для проведения занятий оснащены компьютерами с установленными программами КОМПАС-3D V15.

Предшествующий фактический объем базовой графогеометрической (геометро-модельной) подготовки составил 130 аудиторных часов инженерной графики, причем вся она проводилась с использованием САПР КОМПАС-3D. Программа обучения, реализованная в эти 130 часов, включала все предоставляемые САПР КОМПАС-3D основные возможности: геометрические построения, получение чертежа, геометрическое моделирование деталей, выполнение сборочных единиц, оформление спецификаций. Это позволило с первого же занятия приступить к работе СКБ.

Тематика работы СКБ определена заключенным непосредственно в начале учебного 2016–2017 г. договором о творческом сотрудничестве между ГБПОУ «Тверской колледж им. А.Н. Коняева» и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства» (ВНИИМЛ). Заключению такого договора предшествовало совещание во ФГБНУ ВНИИМЛ с приглашением ведущих ученых Тверской области по смежным отраслям, проведенное в апреле 2016 г. На этой

* Тверской колледж им. А.Н. Коняева: сайт. – Тверь, 2017. – URL: <http://www.tgiek.ru> (дата обращения: 02.03.2017).

встрече, в частности, говорилось о желательности объединения усилий заинтересованных специалистов Тверской области в связи с необходимостью значительного наращивания производства льноволокна. Актуальность такого наращивания усилена принятием курса на импортозамещение.

При заключении договора стороны исходили из того, что совместное приложение их творческих усилий может ускорить решение задачи по модернизации универсального пресс-подборщика ПРУ-200, а именно разработать его электронную модель изделия (ЭМИ). ЭМИ отличается повышенной по сравнению с имеющимися чертежами информативностью, в том числе и наглядной, что создаст предпосылки для рассмотрения ЭМИ пресс-подборщика ПРУ-200 на предмет возможной его модернизации.

Исходные материалы включали 1051 файл спецификаций, сборочных чертежей и чертежей деталей. Необходимо было выработать систему для организации работы 44 обучающихся: распределения заданий и сбор выполненных ЭМИ, анализ и исправление ошибок.

Большое внимание уделялось мотивированию обучающихся на производительное и качественное выполнение работы. Обращалось их внимание на то, что кроме приобретения знаний, умений и навыков непосредственно по компьютерной графике обучающиеся в процессе работы приобщатся к результатам работы отраслевого КБ, реализованных в действующем опытном образце интересной новой машины.

Вопросы, возникавшие в процессе работы, можно объединить в две группы: вопросы, касающиеся возможностей САПР, т.е. по компьютерной графике и вопросы организации работы СКБ, не относящиеся к компьютерной графике.

Вопросы по компьютерной графике

Большинство деталей имело либо форму тела вращения, либо пластины, либо куска проката. В этом случае получение электронной модели детали (ЭМД) сводилось к операции вращения или выдавливания контура. С учетом наличия электронных чертежей контур имелся готовый, и достаточно было скопировать и вставить его в эскиз детали методом КОПИРОВАТЬ-ВСТАВИТЬ.

Здесь надо оговориться, что электронные чертежи выполнены в КБ ВНИИМЛ несколько лет назад для последующей распечатки их на плоттере. Тщательного черчения для этого не требовалась, и контур часто имел дефекты, которые никак не отражались при использовании чертежей для перевода их в бумажную форму. При использовании же тех же

самых контуров для получения ЭМД программа выдавала сообщение об ошибке. Для использования таких чертежей в качестве эскизов ЭМД была необходима проверка с использованием команды «Собрать контур».

Организационные вопросы:

а) Распределение и перераспределение заданий

Путем арифметических действий можно видеть, что на одного обучающегося приходилось по 25 файлов или чуть больше одного файла в одно занятие. С учетом того, что получение большинства ЭМД сводилось к выполнению одних и тех же простейших действий, обучающиеся за одно занятие вполне могли выполнить до 10 простых ЭМД или 1–2 сложных или до 3 простых сборочных единиц (ЭМСЕ). Однако равномерное распределение работы между всеми обучающимися по количеству файлов, по вполне понятным причинам, оказалось малоэффективным. Все обучающиеся разные как по уровню усвоения знаний, так и по мотивировке к работе. Фактически к работе СКБ оказался применимым известный закон Паркинсона 80/20, т.е. 80 % работы выполнили 20 % обучающихся. Парадокс заключается в том, что силами только этих 20 % обучающихся всю эту работу можно было выполнить в кратчайшие сроки, но не будем забывать, что работа СКБ была организована как часть учебного процесса с участием всех обучающихся группы.

Неудовлетворительно выполненная по разным причинам часть работы передавалась другим обучающимся. Ввиду продолжительности самого процесса сбора работ возможности для сплошной проверки выполненных работ во время занятий не было, поэтому наличие невыполненных заданий или выполненных на неудовлетворительном уровне выявлялось только после их сбора и размещения в одной папке.

б) Сбор выполненных ЭМИ

Большое значение при работе с комплектом конструкторской документации имеют выбор и тщательное соблюдение системы обозначения файлов. Удобно для этого использование предусмотренной в САПР КОМПАС-3D опции присвоения имени по умолчанию, а именно по типу ОБОЗНАЧЕНИЕ-НАИМЕНОВАНИЕ. В этом случае, заполнив атрибуты СВОЙСТВА ДЕТАЛИ, можно автоматически получить имя файла, пригодное для построения файлов в стандартном приложении ПРОВОДНИК в виде электронной структуры изделия (ЭСИ). Присутствие атрибута НАИМЕНОВАНИЕ в имени файла помогает, не открывая файл, заранее иметь представление о том, что кроется за его именем.

Заполнение атрибутов **ОБОЗНАЧЕНИЕ** и **НАИМЕНОВАНИЕ** из основной надписи электронного чертежа методом **КОПИРОВАТЬ-ВСТАВИТЬ** позволило не только экономить время, но и способствовало исключению ошибок по невнимательности.

На первых занятиях пришлось столкнуться с тем, что файлам часто присваивались имена по умолчанию «Деталь», «Деталь 1» и т.п. Такие файлы легче было удалить, чем разбираться, к какой детали они относятся. К тому же они, как правило, содержали и другие ошибки. Здесь, по-видимому, отчасти проявилось то, что в процессе обучения акцент делается на геометрическую составляющую конструкторского документа, такие же «мелочи», как корректное заполнение атрибутов модели или чертежа, остаются в тени (то же замечание можно отнести и к заполнению основной надписи при обучении карандашному выполнению чертежей).

в) Проверка работ, проводилась в несколько этапов:

1) на занятиях в процессе контроля работы или по просьбе обучающихся;

2) после сбора работ в папках обучающихся (проверка правильности имени файла);

3) после сбора в общей папке, частично путем сравнения двух файлов ЭМИ с одинаковыми именами без обращения к чертежу-первоисточнику (по причине растянутости во времени процедуры «выдача – сбор-проверка – выбраковка – повторная выдача» вести четкий контроль выдачи каждого файла одному обучающемуся нам не удалось, случались повторы, при этом попыток сдать повторно чужую работу нами выявлено не было).

г) Группирование ошибок в чертежах, выявляемых в процессе проверки

Модели, выполненные с небольшими, грубыми и очень грубыми ошибками оценивались как на предмет внесения исправлений в ошибочно выполненный файл, так и возможных корректив учебного процесса. К ошибкам, некоторые из которых приведены и разобраны ниже, может быть применен уже упомянутый закон 80/20, 80 % ошибок сделали 20 % обучающихся. Фамилии ошибающихся не фиксировались, выяснилось только, что очень грубые ошибки делали обучающиеся, которых можно отнести к сложному контингенту (2–3 обучающихся на обе группы). Небольшие ошибки, которые были допущены, несмотря на старания обучающихся, анализировались и исправлялись, по возможности, на занятии вместе с обучающимися.

На рис. 1 показан образец содержания папки с файлами. Ряд одинаковых цифр в конце файла добавлялись преподавателями для воз-

возможности размещения одинаковых файлов в одной папке рядом для более удобного анализа. После оставления одного файла с правильно выполненным заданием ряды цифр в конце имени файла удалялись. Часто ошибки выявлялись на основании беглого осмотра по критерию правдоподобия. Иногда достаточно было оценить аватарку файла прямо в папке размещения, не открывая самого файла. Если при беглом просмотре на правдоподобие явных ошибок в двух файлах не было заметно, для сравнения открывался файл исходного чертежа.

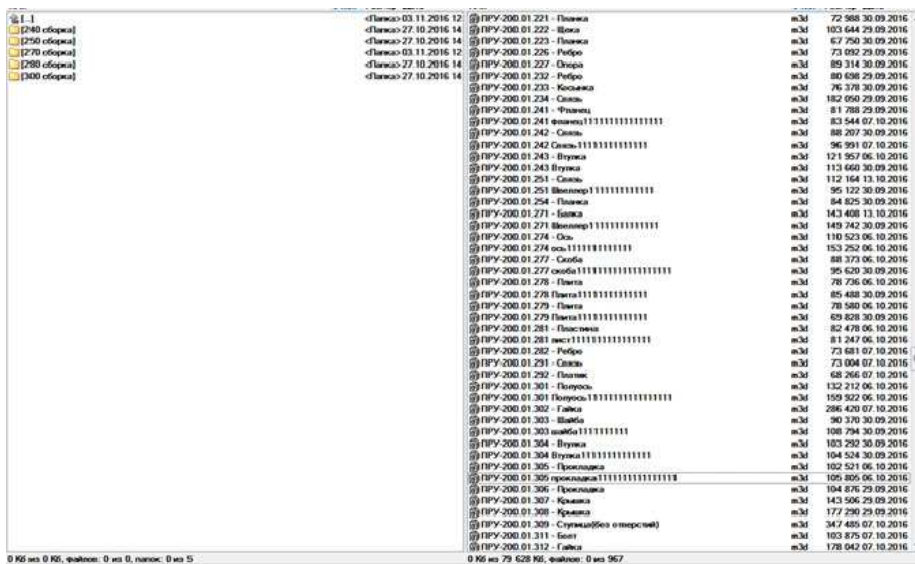


Рис. 1. Образец содержания папки с файлами выполненных ЭМД на этапе проверки

Часто для отбора одного правильного из двух имеющихся файлов одной и той же детали достаточно было оценить правильность имени файла. Обучающийся, не способный присвоить файлу имя, как правило, не может правильно выполнить и геометрическую составляющую ЭМД. Мы неоднократно убеждались в том, что такой метод работает и значительно сокращает время на проверку работ, особенно в начале работы СКБ.

1. Варианты и предпочтения, некритичные для ЭМИ

Возможности САПР КОМПАС-3D не ограничиваются воспроизведением формы изделия. Процесс геометрического моделирования – один из этапов жизненного цикла изделия. В частности, в процессе геометрического моделирования может закладываться информация о будущем технологическом процессе. Для иллюстрации на рис. 2 представлена листовая деталь. САПР КОМПАС-3D предлагает инструменты для

моделирования листового тела, копирующие известные технологические операции гибки, просечки и т.п. ЭМД точно с такими же геометрическими характеристиками, полученная кинематическими операциями, представлена рядом. Несмотря на более простое дерево построения во втором случае, с позиций дальнейшего использования файла в соответствии с требованием стандартов ЕСКД об информационном обеспечении жизненного цикла изделия, предпочтение, по видимому, следует отдавать первому варианту.

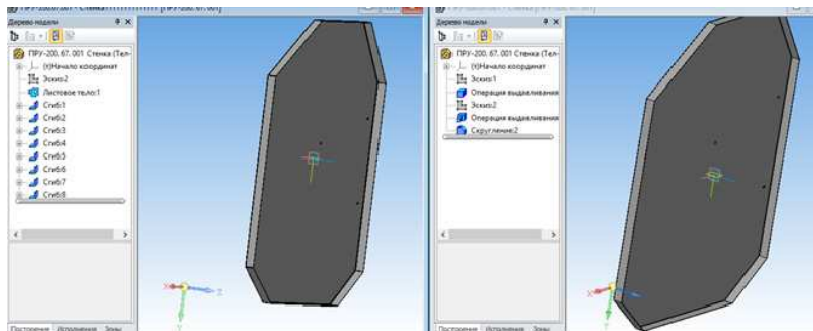


Рис. 2. Два варианта выполнения электронной модели листовой детали

На рис. 3 представлены два варианта построения детали типа *втулка*: вариант, повторяющий технологию изготовления на токарном станке и «экономичный вариант» с использованием имеющегося чертежа путем вращения контура вокруг оси. Несмотря на простоту и экономию времени, нам также представляется, что предпочтение надо отдавать первому, более громоздкому построению, в процессе выполнения которого учащийся повторяет операции при изготовлении деталей на токарном станке.

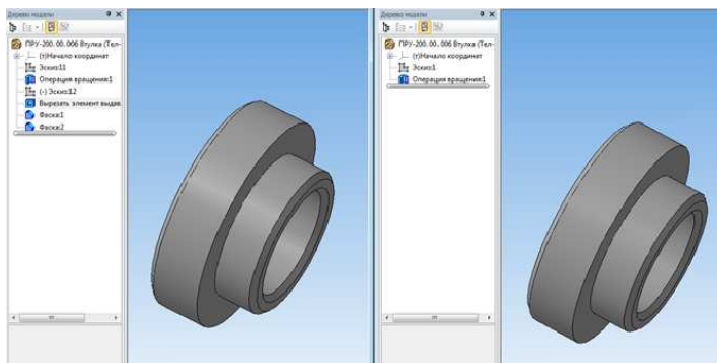


Рис. 3. Два варианта выполнения электронной модели детали типа *втулка*

2. Ошибки, относящиеся к качеству выполнения чертежей

Грубые ошибки можно было бы и не анализировать, отнеся их на плохое прилежание отдельных обучающихся, но не исключаем, что ознакомление с ними может послужить улучшению учебного процесса. На рис. 4 рядом показаны ЭМД с ошибками, вызванными ошибочным прочтением чертежей, а также слабым знанием САПР, на которой выполнялась работа. Внизу справа показан вариант правильного исполнения. Также были выявлены ошибки, свидетельствовавшие о плохом уяснении элементов детали типа *вал* и о непонимании изображений местных разрезов.

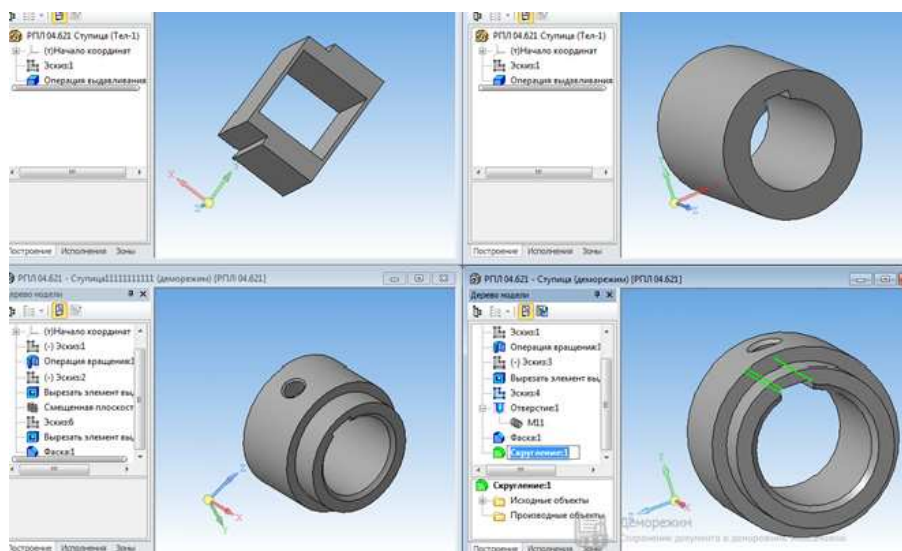


Рис. 4. Три варианта выполнения электронной модели детали типа *ступица* с ошибками разной степени (внизу справа вариант правильного исполнения)

Было замечено, что обучающиеся слабо ориентируются в информации, содержащейся в атрибутах и реквизитах основной надписи чертежа, такими как вид проката (лист, уголок, швеллер, двутавр и т.п.), а также не могут извлечь из основной надписи информацию о толщине листа, а также испытывают затруднения по чтению информации, передаваемой значками и символами, такими как квадрат, диаметр и т.п.

При переходе к сборочным единицам обнаружилось, что обучающиеся оказались не готовы к использованию содержащейся в спецификации информации о деталях без выпуска по ним чертежей. А ведь эта информация содержит исчерпывающие сведения для выпуска ЭМД.

К «простительным» ошибкам мы отнесли бы неспособность самостоятельно выполнить ЭМД деталей, отличающихся от типовых деталей, рассматриваемых в учебниках, например эксцентриковых валов. Также мы посчитали, что можно не требовать тщательного выполнения ЭМД всевозможных пружин, хотя бы по причине того, что их форма в сборочной единице заранее не известна. Для ускорения работы над ними обучающимся даже давались соответствующие рекомендации по ускорению работы в ущерб качеству. Грамотное выполнение ЭМД пружин, на наш взгляд, может стать предметом методической разработки.

Выводы и рекомендации

1. Фактический объем базовой геометро-модельной подготовки в колледже позволил на базе двух академических групп 3-го курса колледжа организовать СКБ.

2. Отработаны некоторые организационные приемы работы СКБ, связанные с охватом в СКБ большого (44 человека) числа обучающихся.

3. Выявлены некоторые темы, не сложные по сути, которым было уделено недостаточно внимания в курсе инженерной графики, например, содержание графы материал основной надписи, оформление сведений о деталях без выпуска чертежей.

4. Подтверждена важность естественной мотивации обучающихся, когда они сами видят интересную задачу. Потраченное на формулировку проблемы и постановку задачи время с лихвой окупается и для преподавателя, и для обучающихся.

ИСТОРИЮ ПОМНИМ

**Грошева Татьяна Владэлиновна,
Шелякина Галина Геннадьевна**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассматриваются вопросы истории становления кафедры инженерной графики, ныне дизайна, графики и начертательной геометрии через призму судеб заведующих кафедрой, их взглядов на организацию, содержание деятельности как преподавателей, так и всей кафедры.

Ключевые слова: история, становление, институт, университет, кафедра, инженерная графика.

HISTORY REMEMBER

**Grosheva Tatyana Vladelinovna,
Shelyakina Galina Gennadiyvna**

Perm National Research Polytechnic University

Discusses the history of formation of the engineering graphics, now design, graphics and descriptive geometry through the prism of fate of Heads of Department, their views on the Organization, content of both teachers and departments.

Keywords: history, formation, Institute, University, Department, engineering graphics.

Без уважения к нашей истории, реальной оценки настоящего, трудно правильно прогнозировать будущее. Главными в истории явились люди, чьи судьбы, творческие устремления и душевные качества достойны подражания, а может, даже и восхищения за те результаты их труда, воспользовавшись которыми мы и смогли подойти к современной университетской жизни [4].

4 мая 1723 г. был заложен медеплавильный завод, место строительства завода и поселка при нем было выбрано выдающимся государственным деятелем Василием Никитичем Татищевым, который понимал значимость Урала для России и явился, по сути, отцом нашего города, а Егошихинский медеплавильный завод – родоначальником пермской промышленности [1].

Рудники вскоре истощились, и позднее на месте медеплавильного завода возникли всем известные пушечные заводы Мотовилихи.

На берегу Камы, в преддверии богатого Урала, на границе Европы и Азии родился город, которому суждено было сыграть огромную роль

в освоении обширнейшего региона. Губернский город получил новый импульс для своего развития, когда бурно стала развиваться горно-металлургическая и машиностроительная промышленность Урала.

Рост экономики края сразу же поставил вопрос о необходимости пополнения промышленных предприятий техническими кадрами.

12 сентября 1876 г. было положено начало первому техническому учебному заведению: в Перми по инициативе пароходчика Любимова было открыто реальное училище, готовившее техников для горной и металлургической промышленности, репутация которых была весьма высока: они успешно работали по всему Уралу, в Сибири и даже в Донецком промышленном районе. Но все острее в регионе ощущался недостаток кадров с высшим образованием.

В 1910 г. Пермская городская дума подготовила докладную записку об открытии в городе Политехнического института имени императора Александра II. Предполагалось в институте иметь три отделения: сельскохозяйственно-лесное, горнозаводское и механическое.

Однако лишь в 1916 г. в Перми открылось отделение Петроградского университета, преобразованного в Пермский университет. В 1917 г. в Екатеринбурге был открыт Горный институт, затем на Урале было открыто еще несколько вузов, но Пермь своего технического вуза тогда так и не получила.

И вот 18 июля 1953 г. вышел приказ об открытии в Перми Горного института (ПГИ) [4]. В городе открылось полномасштабное высшее техническое учебное заведение. Исполнение обязанностей директора ПГИ было возложено на Михаила Николаевича Дедюкина – выдающегося организатора высшего образования. Он был первым ректором и Пермского политехнического института, проработавшим на этих трудных должностях без малого 29 лет – до конца жизни, вложившего все свои незаурядные способности, душу и сердце в создание одного из крупнейших вузов не только Урала, но и России [3].

В будущем на комплексе ППИ – детище М.Н. Дедюкина – появилась улица его имени, и она навсегда сохранит память об этом настоящем человеке.

ПГИ стал основной базой будущего Пермского политехнического института. Очень быстро институт, задуманный для подготовки горных инженеров, превращался в многопрофильный вуз, соответствующий потребностям Западного Урала. В 1959 г. создается машиностроительный факультет, предназначенный для подготовки высококвалифицирован-

ных специалистов оборонной промышленности, которой была насыщена Пермь [2].

Не были забыты кафедры фундаментального и общетехнического профиля. В 1953 г. организованы кафедры высшей математики, общей физики, общей химии, кафедра машиностроительного черчения (заведующий кафедрой инженер А.К. Гампер, а с 1958 г. по 1972 – доцент Г.А. Михайловский), кафедра начертательной геометрии (зав. кафедрой кандидат технических наук Г.С. Асхимов, а затем – доцент Е.И. Сербина) [5, 6].

Георгий Алексеевич Михайловский родился в г. Каргополе Архангельской области, в 1941 г. окончил Архангельский лесотехнический институт. В Красную Армию призван в июле 1941 г. Участвовал в освобождении городов Калинин, Ржев, Смоленск и др., был тяжело ранен. За участие в боевых действиях был награжден орденом Отечественной войны I степени, двумя медалями «За боевые заслуги», медалью «За победу над Германией» и др. [7, 8].



Г.А. Михайловский

Работал в Пермском политехническом институте с 1955 г., много сделал для укрепления материальной базы кафедры инженерной графики. Главным для Георгия Алексеевича был учебный процесс, он всегда был требовательным и к себе, и к преподавателям, и к студентам.

Очень строго выстраивал Георгий Алексеевич кадровую политику на кафедре, считая, что преподавать дисциплины кафедры могут только люди, имеющие стаж инженерной и конструкторской деятельности. Для

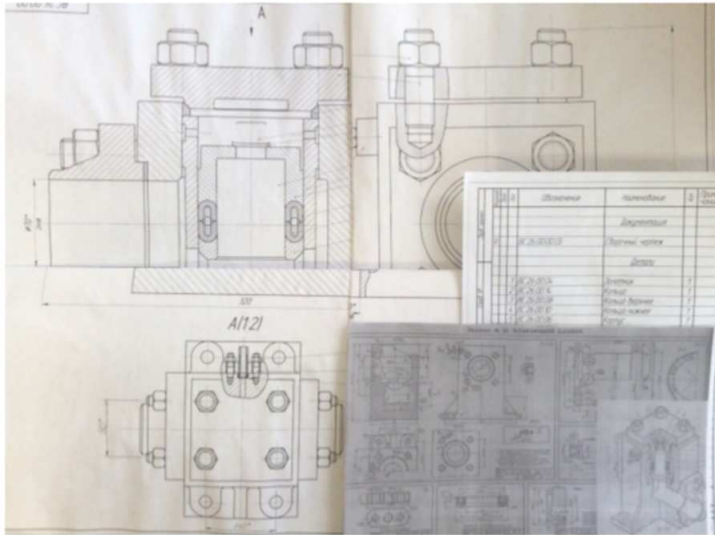
поддержания высокого уровня квалификации преподавателей им была организована научно исследовательская работа совместно с Пермским научно-исследовательским технологическим институтом по разработке и проектированию специального нестандартного оборудования. Работая совместно с ведущими конструкторами одного из пермских заводов, преподаватели на практике отшлифовывали свои знания по разработке технической документации на изделие – от технического задания до подготовки технологического процесса. И это было необходимо, так как в тот период машиностроительное черчение преподавалось студентам в течение трех семестров, и учебные задания [15], особенно в конце обучения, были сформированы таким образом, что требовали от студентов не только простых мыслительных операций, но и анализа взаимосвязей, принципов построения конструкций, и в конечном итоге – выполнения достаточно сложных чертежей деталей и сборочных единиц (рис. 1, а, б).

Продолжал традиции, заложенные Георгием Алексеевичем, и новый заведующий кафедрой профессор Леонид Борисович Белоногов.

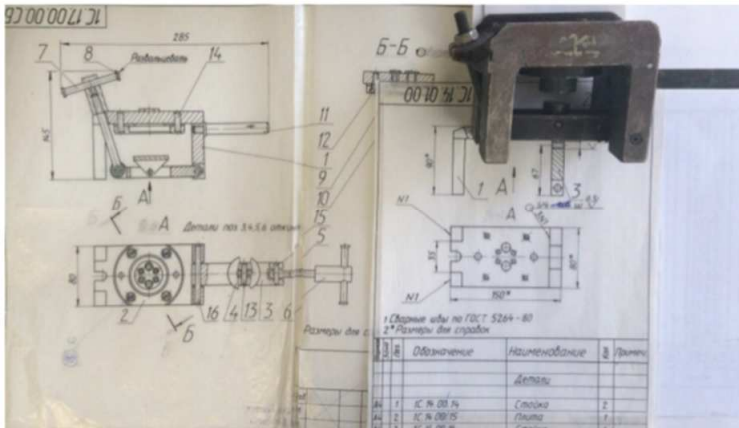
В 1977 г. были объединены кафедры «Машиностроительное черчение» и «Начертательная геометрия» в кафедру «Инженерная графика».

В 1978 г. кафедру возглавил молодой кандидат технических наук Николай Николаевич Григорьев [9]. В это время на кафедре происходил естественный процесс смены поколений. Задачу сохранения профессионального уровня Григорьев решает, используя опыт старшего поколения. Молодые преподаватели приглашались на лекции ведущих преподавателей, для них были организованы занятия, на которых рассматривались наиболее сложные темы дисциплины и разбирались домашние задания, выполняемые молодыми преподавателями полностью за весь курс дисциплины по одному из студенческих вариантов. Работы разбирались как с точки зрения правильности, так и с точки зрения методики оценки работ. В учебном процессе Николай Николаевич в качестве активации самостоятельной познавательной деятельности студентов рассматривал также проектную деятельность [13, 14]. Студенческая группа на темах «Эскизирование» и «Деталирование» разбивалась на команды по 4–5 человек, имеющих одно задание или в виде сборочного чертежа, или в виде готового изделия, например насоса. В дальнейшем студенты представляли результаты своей совместной коллективной деятельности.

Такая организация учебных занятий позволяла повысить профессиональный уровень будущих выпускников и в настоящее время является актуальной в процессе геометро-графической подготовки.



а



б

Рис. 1. Примеры заданий:

а – выполнение сборочного чертежа по чертежам деталей;

б – выполнение сборочного чертежа по модели сборочной единицы

С ноября 1983 г. кафедрой инженерной графики стал заведовать Валерий Алексеевич Лалетин, до этого времени возглавлявший в течение девяти лет факультет авиадвигателей [7]. В этот период факультет вышел на передовые рубежи, стал одним из ведущих в институте. Под руководством В.А. Лалетина был осуществлен переезд факультета вслед за машиностроительным факультетом за Каму, где пришлось провести большую работу по освоению отведенного ему корпуса. На факультете была создана хорошая лабораторная база. При этом одной из

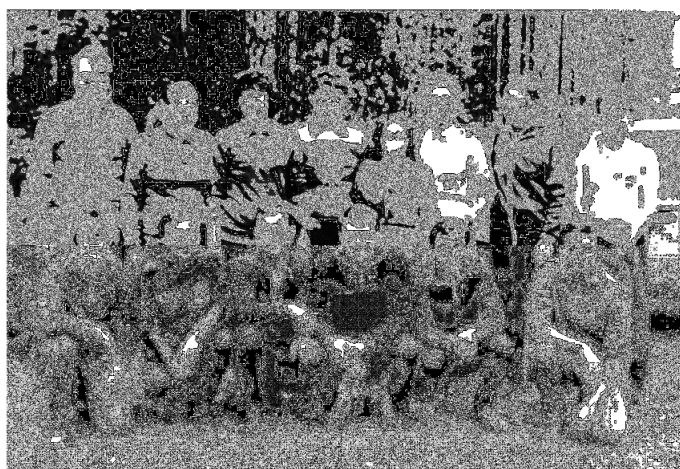
отличительных черт факультета являлась его «спортивность». Валерий Алексеевич, сам мастер спорта, прекрасно пропагандировал спорт среди студентов своего факультета. По инициативе В.А. Лалетина, благодаря его организаторским способностям, на комплексе был сооружен ряд спортивных площадок. При его активном участии была построена лыжероллерная трасса, оборудована лыжня с освещением. И, будучи заведующим кафедрой инженерной графики, он «вовлекал» сотрудников кафедры во всевозможные спортивные состязания.



**Лалетин
Валерий Алексеевич**



**В.А. Лалетин – победитель
в спортивных соревнованиях**



Кафедра на соревнованиях вместе с В.А. Лалетиным

Имея такой большой опыт руководства коллективом и благодаря своим организаторским способностям Валерий Алексеевич практически создал новую кафедру, с новой структурой, с новыми задачами, с новой материальной базой, с новым имиджем. Используя демократический стиль руководства, создавая атмосферу товарищества и делового сотрудничества, он всех преподавателей подключил к организации деятельности кафедры, к определению содержания ее деятельности, что способствовало развитию у них самостоятельности и инициативы.

Создавая условия для комфортной командной работы сотрудников, Валерий Алексеевич обеспечивал решение задачи о новом современном методическом комплексе кафедры, о включении компьютерной графики в учебный процесс. На кафедре открывались два компьютерных класса, в рамках ФПК проводились курсы по обучению всех преподавателей графическим пакетам AutoCAD и КОМПАС.

Позднее к кафедре инженерной графики была присоединена кафедра дизайна. Названием кафедры стало «Дизайн, графика и начертательная геометрия».

Стали регулярно проводиться вузовские и областные студенческие олимпиады по начертательной геометрии, инженерной, а затем и компьютерной графике. Команды студентов вуза становятся участниками и призерами всероссийских олимпиад по инженерной графике и компьютерному моделированию.

Было издано более 100 научно-методических работ [10, 11, 12]. Стали издаваться учебные пособия под грифом УМО Министерства образования РФ (рис. 2).



Рис. 2. Учебные пособия

В 2005 г. проводится всероссийское совещание заведующих кафедрами графических дисциплин вузов РФ, в рамках которого проходит всероссийская конференция по графической подготовке в высшем профессиональном образовании.

За свою деятельность В.А. Лалетин награжден орденом «Знак Почета», имеет пять знаков «Ударник пятилетки», «Победитель соцсоревнования», «Заслуженный работник высшей школы», бронзовую медаль ВДНХ, грамоты района, города.

Можно отметить и то, с каким пониманием он относился к воспитанию и становлению молодых ученых, создавая им максимум необходимых условий для успешной научной деятельности и защиты диссертаций. Состоялись и защиты кандидатской и докторской диссертаций Ирины Дмитриевны Столбовой, ныне профессора, заведующей кафедрой ДГНГ.

Но это уже современная история.

Список литературы

1. Путь к университету / А.А. Бартоломей [и др.]. – Пермь, 1993. – 300 с.
2. Журавлев С. Такие близкие звезды. – Пермь, 2003. – 152 с.
3. Это все о нем / под ред. И.А. Шапорева. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 208 с.
4. Это наша с тобою судьба, это наша с тобой география...». МГИ – ППИ – ПГТУ / автор-составитель М.А. Киприянова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 378 с.
5. Ветераны Пермского национального политехнического университета: в 2 ч. / под ред. И.А. Шапорева, Н.А. Ярмонова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013 – Ч. 1. – 289 с.
6. Ветераны Пермского национального политехнического университета: в 2 ч. / под ред. И.А. Шапорева, Н.А. Ярмонова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – Ч. 2. – 312 с.
7. Ветераны Пермского государственного технического университета / под ред. И.А. Шапорева, Ю.Г. Ковалева. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2003. – 306 с.
8. Они трудились во имя победы / под ред. Ю.Г. Ковалева, И.А. Шапорева. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2000. – 288 с.
9. Материалы архива ПНИПУ. – Пермь, 2017.

10. Проектирование изделий. Конструкторская документация: учеб. пособие / В.А. Лалетин, Е.П. Александрова, Т.В. Грошева, Е.В. Корнилкова; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2005. – 144 с.
11. Конструирование типовых изделий машиностроения: учеб.-метод. пособие / В.А. Лалетин, Е.П. Александрова, Т.В. Грошева, Е.В. Корнилкова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 88 с.
12. Инженерная графика: справ. пособие / сост. В.А. Лалетин, Е.П. Александрова, Т.В. Грошева, Е.В. Корнилкова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 211 с.
13. Альбом заданий для выполнения сборочных чертежей: учеб. пособие для вузов / под ред. В.В. Рассохина. – М.: Машиностроение, 1974. – 72 с.
14. Шелякина Г.Г., Ширяев А.А. Графическое образование студентов высшей школы // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы IV Междунар. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – С. 372–377.
15. Грошева Т.В., Кочурова Л.В., Турицына И.А. К вопросу об организации самостоятельной работы студентов в процессе графической подготовки // Геометрия и графика. – 2014. – Т. 2. – № 2. – С. 43–48. DOI: 10/12737/55924.

О ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЯХ В ПРЕПОДАВАНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

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

Статья посвящена обоснованию внутрипредметных и межпредметных компетенций в преподавании начертательной геометрии. Внутрипредметные компетенции базируются на сочетании графических и аналитических способов решения геометрических задач, что следует из известного принципа двойственности. Начертательная геометрия при расширении ее предмета формами многомерного пространства способна обеспечить ряд смежных разделов курса высшей математики. Этот тезис подтверждается рассмотрением конкретных задач линейной алгебры и геометрии.

Ключевые слова: начертательная геометрия, линейная алгебра, многомерное пространство, принцип двойственности, внутрипредметные и межпредметные компетенции.

ABOUT THE PROFESSIONAL COMPETENCES IN TEACHING THE DESCRIPTIVE GEOMETRY

**Dmitrieva Ilzina Michaylovna,
Ivanov Gennady Sergeevich**

Bauman Moscow State Technical University

The article is devoted to justify the intra-subject and inter-subject competences in the teaching of descriptive geometry. The intra-subject competences based on a combination of graphical and analytical methods to solve geometric problems, which follows from the known principle of duality. Descriptive geometry is able to provide the adjacent sections of higher mathematics, if her expand by the forms of the multidimensional space. This thesis is confirmed by the consideration of specific problems of linear algebra and geometry.

Keywords: descriptive geometry; linear algebra; multidimensional space; the principle of duality; intra-subject and inter-subject competences.

Методика и практика геометро-графической подготовки студентов технических вузов в современных условиях должны реализовываться в рамках внедрения в учебный процесс компетентностного подхода «как ключевого элемента новизны и главного принципа проектирования ГОС ВПО» [1]. Его реальное внедрение в преподавание

геометро-графических дисциплин (начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика) возможно, по-видимому, только при условии трансформации курса начертательной геометрии в инженерную [3]. В этом случае объем и глубина геометрических знаний позволят студентам полноценно изучить не только курсы инженерной и компьютерной графики, но и смежные разделы курса высшей математики.

Такая модернизация курса (начертательной геометрии) обеспечит, по нашему мнению, геометрическое сопровождение при изучении последующих дисциплин инженерного образования (САПР, математическое моделирование и др.). Это можно реализовать за счет:

1) усиления **внутрипредметных компетенций** в виде рационального сочетания синтетических и аналитических способов решения геометрических задач, т.е. отказа от догматического понимания начертательной геометрии как сугубо графической дисциплины;

2) установления **междисциплинарных компетенций** на базе расширения предмета начертательной геометрии многомерными формами.

Теоретическое обоснование тезиса об усилении внутрипредметных компетенций в преподавании начертательной геометрии дано в нашей статье [4]. Здесь показано наглядное построение многомерного проективного пространства, дано синтетическое и аналитическое описание его линейных форм, подсчетом их параметров выявлена их симметричность. Существование двойственных пар линейных форм объясняет диалектическое единство синтетических и аналитических способов решения геометрических задач.

Это единство иллюстрируется на примерах:

◆ задания (изображения) линейных форм частного и общего положения на обобщенном чертеже Монжа проекциями определяющих их независимых точек;

◆ решения задач на принадлежность и пересечение.

Тезис о возможности и целесообразности установления междисциплинарных компетенций проиллюстрируем на показе единства предмета линейной алгебры и многомерной начертательной геометрии на следующих двух примерах.

Пусть на чертеже Монжа даны три плоскости общего положения Σ , Δ , Γ . Требуется построить их общую точку K .

Как правило, в начертательной геометрии эта задача решается в такой последовательности:

◆ строится линия l пересечения плоскостей Σ и Δ ;

◆ строится искомая точка K пересечения прямой l и плоскости Γ .

На языке линейной алгебры эта задача сводится к решению системы трех линейных уравнений плоскостей Σ , Δ , Γ с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z + d_1 = 0, \\ a_2x + b_2y + c_2z + d_2 = 0, \\ a_3x + b_3y + c_3z + d_3 = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Она решается методом последовательного исключения неизвестных. Например, умножив первое уравнение на число и сложив со вторым уравнением, получаем новое уравнение от двух неизвестных x и y :

$$\left(a_2 - \frac{a_1c_2}{c_1}\right)x + \left(b_2 - \frac{b_1c_2}{c_1}\right)y + d_2 - \frac{d_1c_2}{c_1} = 0. \quad (2)$$

Геометрически это означает, что в пучке плоскостей, заданном осью, выбрана горизонтально проецирующая плоскость Φ , определяемая уравнением (4).

Отсюда следует рациональный алгоритм графического решения данной задачи:

- ♦ одну из заданных плоскостей Σ , используя какое-либо преобразование, например замену плоскости проекций, преобразуем в проецирующую;
- ♦ в преобразованной системе строим линии пересечения проецирующей плоскости с плоскостями общего положения;
- ♦ строим точку и обратным преобразованием находим искомую точку K в исходной системе координат.

В качестве второго примера рассмотрим решение системы четырех линейных уравнений с четырьмя неизвестными.

Дана система четырех линейных уравнений с четырьмя неизвестными x, y, z, t :

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z + d_1t + f_1 = 0, \\ a_2x + b_2y + c_2z + d_2t + f_2 = 0, \\ a_3x + b_3y + c_3z + d_3t + f_3 = 0, \\ a_4x + b_4y + c_4z + d_4t + f_4 = 0, \end{cases} \quad (3)$$

т.е. имеем четыре 3-плоскости четырехмерного пространства. Они пересекаются в одной точке K , если система (3) совместна.

Если большинство студентов прекрасно понимают геометрический смысл линейных уравнений от двух (x, y) и трех (x, y, z) неизвестных, то линейное уравнение от четырех и более неизвестных ставит их

в тупик. На кафедре высшей математики их учат **решать** системы линейных уравнений, но не объясняют геометрического смысла уравнения, систем уравнений, условий их совместности и т.д. Это же в полной мере относится к преподаванию дифференциального и интегрального исчисления функций многих (более двух) переменных, а также других разделов высшей математики (математическое программирование, решения оптимизационных задач и т.д.). Поэтому представляется обязательным при трансформации начертательной геометрии в инженерную обобщение 2-, 3-пространств на многомерные, общеизвестных линейных (точка, прямая, плоскость) и нелинейных (кривая, поверхность) на многомерные. Такое обобщение, по нашему глубокому убеждению, обеспечит возможность установления реальных междисциплинарных компетенций между многомерной геометрией и смежными математическими дисциплинами.

Далее, вернемся к решению системы (3): даны четыре 3-плоскости четырехмерного пространства; считая систему совместной, требуется построить их общую точку K .

Геометрически решение этой системы можно объяснить как определение точки K пересечения гиперплоскости, заданной первым уравнением системы (3) и прямой l , заданной системой последних трех ее уравнений [2].

Эту систему трех уравнений с четырьмя неизвестными путем элементарных преобразований приводим к системе уравнений:

$$\begin{cases} \bar{a}_1x + \bar{b}_1y + \bar{f}_1 = 0, \\ \bar{a}_2x + \bar{c}_2z + \bar{f}_2 = 0, \\ \bar{a}_3x + \bar{d}_3t + \bar{f}_3 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

трех проецирующих плоскостей.

Это равносильно заданию прямой l на обобщенном чертеже Монжа ее проекциями (на рис. вырожденные проекции не обозначены).

3-плоскость задаем проекциями определяющих ее четырех независимых точек A, B, C, D , т.е. проекциями тетраэдра $ABCD$. Тогда графически задача решается в такой последовательности.

Через прямую l проводим проецирующую вспомогательную гиперплоскость, которая пересекает данную гиперплоскость по 2-плоскости. На чертеже в качестве точек 1, 2, 3 выбираются три точки пересечения вырожденной проекции плоскости с любыми тремя сторонами тетраэдра $ABCD$. В результате размерность задачи понижается на еди-

ницу и сводится к определению точки K пересечения прямой l (l_2, l_3) с 2-плоскостью Γ_2 (123). Эта задача решается по общеизвестному алгоритму: через прямую l проводим проецирующую 2-плоскость, которая пересекается с 2-плоскостью Γ_2 (123) по прямой m ($4, 5$). Построенная прямая m пересекает данную прямую l в искомой точке K , проекции K_1, K_2 строятся из условия принадлежности прямой.

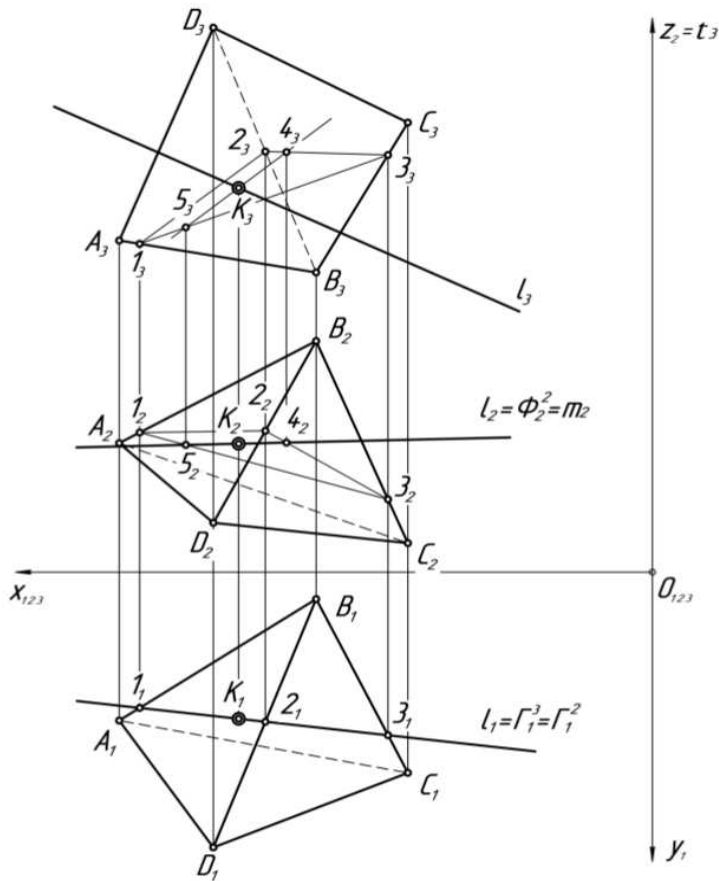


Рис. 1. Нахождение точки пересечения прямой с гиперплоскостью в четырехмерном пространстве

Таким образом, размерность задачи последовательно понижается на единицу $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$, т.е. графическое решение наглядно демонстрирует метод Гаусса о последовательном понижении размерности решаемой задачи и, как следствие, о месте начертательной геометрии в системе высшего технического образования.

Список литературы

1. Байденко В.И. Выявление состава компетенций выпускников вузов как необходимый этап проектирования ГОС ВПО нового поколения: метод. пособие. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006.
2. Иванов Г.С. Начертательная геометрия. – М.: Изд-во МГУЛ, 2012.
3. Иванов Г.С. Предыстория и предпосылки трансформации начертательной геометрии в инженерную // Геометрия и графика. – М.: ИНФРА-М, 2016. – Т. 4. – Вып. 2. – С. 29–36.
4. Иванов Г.С., Дмитриева И.М. Принцип двойственности – теоретическая база взаимосвязи синтетических и аналитических способов решения геометрических задач // Геометрия и графика. – М.: ИНФРА-М, 2016. – Т. 4. – Вып. 3. – С. 3–10.

КОМПЕТЕНЦИЯ «УМЕНИЕ РАБОТАТЬ В КОМАНДЕ» В КУРСЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

**Дюмин Владимир Андреевич,
Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич**

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

Отмечается значение компетенции «умение работать в команде» при подготовке инженерных кадров. Предложена концепция формирования задания в курсе «Инженерная и компьютерная графика», способствующего развитию данной компетенции.

Ключевые слова: инженерная графика; компетенция; команда; конструирование.

COMPETENCE «ABILITY TO WORK IN A TEAM» WHILE STUDYING «ENGINEERING AND COMPUTER GRAPHICS»

**Diumin Vladimir Andreevich,
Tikhonov-Bugrov Dmitrii Evgenievich**

Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov

. It notes the importance of competence: «teamwork» in the preparation of the engineering staff. The concept of the formation of the task in the course «Engineering and Computer Graphics», contributing to the development of this competence is shown.

Keywords: engineering Graphics; competence; command; construction.

Активное вхождение отечественной высшей школы в Болонский процесс привело к существенной потере специалитета, что, в свою очередь, приводит к проблемам обеспечения качества графической подготовки, выхолащиванию теоретической составляющей обучения на кафедрах, преподающих графические дисциплины. В итоге активизирован процесс объединения этих кафедр с другими. В большинстве случаев такое объединение является надуманным и не способствует ни развитию учебного процесса, ни сплочению преподавательского состава на почве межпредметных связей.

В последнее время мы слышим всё больше высказываний о том, что в своём рвении в «Болонском укладе» мы явно превосходим деятельность коллег на западе. Это касается и ступеней высшего образования, и продолжительности обучения. Бывший заместитель министра Л.С. Гребнев во время дискуссии по проблемам подготовки научно-

педагогических кадров, организованной редакцией журнала «Высшее образование в России», заметил [1], что в Великобритании и США никто не заморачивается тремя уровнями подготовки. Те, кто хотят идти в науку, минуя магистратуру, идут сразу в аспирантуру (6–7 лет), а кто хочет, может учиться без бакалавриата шесть лет в магистратуре. Неоднозначным является и отношение к компетентностной модели обучения [2, 3, 4]. Развитие личности обучаемого предполагает предварительное формирование у него устойчивой системы знаний, умений, навыков и только после этого, на их базе – формирование компетенций.

Не являясь поклонниками данной модели, авторы отдают себе отчёт в том, что кроме фундаментальной (базовой) подготовки, обучение должно быть направлено на выработку у студентов качеств, актуальных для заказчика. Важное место среди таковых занимает умение работать в команде. В подтверждение необходимости развития данной компетенции Л.С. Гребнев [5] упоминает высказывание декана факультета экономики МГУ. Профессор А. Аузан часто в своих интервью цитирует одного из западных экспертов, который советует единичные уникальные вещи заказывать русским, а массовые и одинаковые не заказывать русским ни в коем случае. Делать одинаковые вещи им скучно. Для отечественных специалистов в общей массе характерны креативность и неумение работать в команде.

Оценивание (включая взаимное оценивание и самооценку!) не только профессиональных, но и чисто человеческих качеств становится органичной частью образовательных технологий.

Переход на Болонскую систему не открыл Америки в данном аспекте. Изменилась лишь «идеологема», работая над учебным пособием с элементами конструирования и исследований в 1987 г., мы называли важным качеством будущего специалиста умение работать в коллективе [6].

В учебном задании, над которым работал коллектив из трёх или четырёх исполнителей, по конструктивной схеме создавался комплект конструкторской документации на пневмогидроустройства двигательных установок летательных аппаратов и испытательных стендов. Проводились подбор литературных источников, выбор способов формообразования деталей, нормоконтроль разработанной документации (перекрёстный), подготовка пояснительной записки, защита проекта.

Для оценки работы студентов использовались критерии личного трудового вклада, принятые в то время в конструкторско-технологиче-

ческих организациях города. Актуальны были три подхода: коэффициент трудового участия (КТУ); оценка эффективности труда по баллам (ОЭФТ); коэффициенты качества труда (К).

КТУ определялся с учётом индивидуальной производительности труда, качества, выбора рациональных инженерных решений, участия в изобретательской и рационализаторской деятельности. Оценивались также активность в создании опытных и головных изделий, разработка и внедрение прогрессивных технологических принципов, новой техники, снижение трудоёмкости и металлоёмкости изделий.

В ОЭФТ учитывались четыре основных критерия: своевременность выполнения работ и интенсивность труда; качество работ; трудовая дисциплина; творческий вклад в разработку и нововведения.

Оценка по критерию «К» осуществлялась по таким критериям: выполнение работ в срок; качество работы; новизна технических решений; степень сложности и эффективности решений; дисциплинированность.

Студенты самостоятельно оценивали свою работу по выбранному преподавателем комплексному критерию. Преподаватель вносил свои коррективы.

Многолетний опыт использования рейтинговой системы при обучении начертательной геометрии показал, что она является сильным мотиватором на достижение следующей цели: досрочное получение экзаменационной оценки «автоматом». Следует честно сказать, что главным недостатком такого подхода является снижение качества подготовки – утрачивается момент выстраивания полученных знаний и умений в систему при подготовке к экзамену, стадия обсуждения с преподавателем вопроса экзаменационного билета. Однако в условиях низкого уровня базовой подготовки первокурсников, в условиях борьбы за сохранение контингента в рамках пресловутого «подушевого» финансирования она даёт определённый эффект.

Совсем другую роль рейтинговая система, по нашему мнению, может сыграть в ситуации, когда в завершающем семестре обучения команда студентов работает над проектным заданием. Она позволит более объективно (не в пятибалльной системе) оценить работу обучаемого, а главное, стимулировать работу и оценить, как в условиях «индивидуалистского» образования студент вписывается в командную работу. Способность оценивать других и самого себя в рамках команды – чрезвычайно важное качество.

Целесообразно выделить пять составляющих измерительно-оценочной системы, так, чтобы каждый компонент оценивался максимально в 10 баллов. К ним мы отнесём:

- ◆ степень слаженности (коммуникативность) работы команды, персональный творческий вклад членов команды;
- ◆ оригинальность проекта в целом;
- ◆ работу со справочными ресурсами;
- ◆ своевременность представления этапов работы;
- ◆ качество документации.

Оценку по первому критерию проводят члены команды тайно. Преподаватель вносит свои коррективы. Остальные критерии – прерогатива преподавателя.

Если считать оценку в 4 балла, граничащей с провалом по критерию, то среднюю оценку 7 баллов можно считать соответствующей качественному исполнению. В переводе на пятибалльную систему зачёт с оценкой «хорошо» выставляется в интервале 35–40 баллов, отлично при превышении 40 баллов, удовлетворительно – при 25–34 баллах.

Концептуально содержательная часть задания должна представлять собой не создание единичного устройства по конструктивной схеме и описанию, а некий небольшой комплекс связанных устройств. Такой концепции соответствуют сравнительно простые лабораторные комплексы (стенды). В настоящее время кафедра озабочена подбором соответствующих заданий, что является весьма сложной задачей.

При этом всплывает ещё одна проблема обучения на кафедрах, преподающих графические дисциплины. Заключается она в разрешении спора о том, насколько при изучении инженерной графики следует внедряться в технологию производства и практику конструирования. Авторам памятна дискуссия на данную тему с С.А. Фроловым, который был категорическим противником азов технологии и конструирования в курсе инженерной графики. Противоположную точку зрения имел В.С. Полозов, который считал, что изучая простановку размерной информации на чертеже, студент должен не только представлять технологию изготовления, но и знать ГОСТ на базирование. Этот ГОСТ он называл самым геометрическим ГОСТом ЕСКД.

В настоящее время с внедрением проектного обучения становится ясным, что кафедре графики необходимо работать на стыке с профилирующими кафедрами. В Военмехе политика «конструктивизма» в учебном процессе начала осуществляться в 70-е гг. прошлого столетия.

Следствием стало использование элементных баз соответствующих факультетов, создание собственных альбомов чертежей общего вида и сборочных чертежей, кафедральной библиотеки справочной литературы. Мы считаем важным этапом обучения – ознакомление студента с такими классическими монографиями, как работы П.И. Орлова, А.И. Половинкина, Дж.К. Джонса [7, 8, 9].

При разработке заявленного выше задания (лабораторного комплекса) в качестве прототипа была взята экспериментальная вакуумная установка, предназначенная для испытания элементов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов. Такая установка была спроектирована, изготовлена и успешно использовалась авторами.

Для того чтобы исключить в ходе экспериментов конвективный теплообмен и теплоперенос за счет теплопроводности воздуха между испытуемой моделью и окружающими элементами (в частности, корпусом камеры), испытания проводились в вакуумной камере при давлении около 0,00005 мм ртутного столба. При таком давлении теплоперенос в окружающей среде мог осуществляться только за счет излучения.

Поскольку это задание для курса инженерной и компьютерной графики ориентировано на студентов-механиков, то весь комплекс измерительной аппаратуры и электрических цепей был условно отброшен.

Таким образом, структурно установка состоит из трех основных частей:

- ◆ вакуумная камера для размещения в нее испытуемой модели;
- ◆ насосная часть, обеспечивающая необходимое давление;
- ◆ переходной отсек между камерой и насосной частью, содержащий элементы оборудования, обеспечивающие связь камеры с окружающей средой и с измерительным комплексом (в частности, с манометрическими преобразователями).

Рассмотрим эти части несколько подробнее и определимся с составом исполнителей.

Возможная схема вакуумной камеры представлена на рис. 1. По своей конструкции камера представляет собой сварные сборочные единицы, соединяемые с помощью резьбовых крепежных деталей. При этом главной задачей является обеспечение герметичности конструкции. Тема конструирования уплотнений является одной из важнейших при создании изделий машиностроения. По этой причине ей уделяется внимание в учебном процессе, имеется специальный раздел в кафедральном справочнике по инженерной графике.

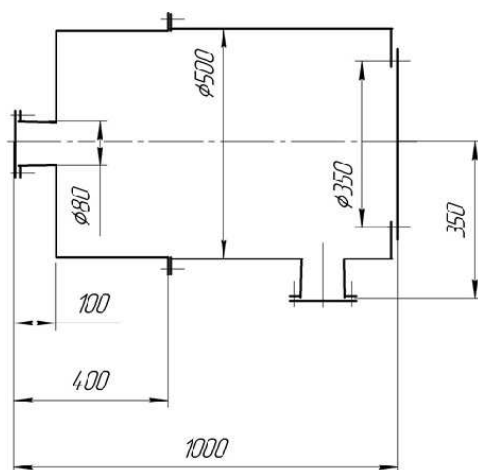


Рис. 1. Схема вакуумной камеры

Схема насосной части представлена на рис. 2. Насосная часть представляет собой связанные трубопроводами и оснащенные необходимыми вентилями два откачивающих устройства – механический насос, обеспечивающий получение вакуума до 0,005 мм ртутного столба, и высоковакуумный паромасляный агрегат, обеспечивающий получение необходимого вакуума и состоящий из паромасляного насоса и вакуумного затвора во входной части агрегата. Естественно, что насос и вакуумный агрегат являются покупными изделиями, и их конструировать нет необходимости. Предметом конструирования являются два сильфонных вентиля – прямого потока и угловой.

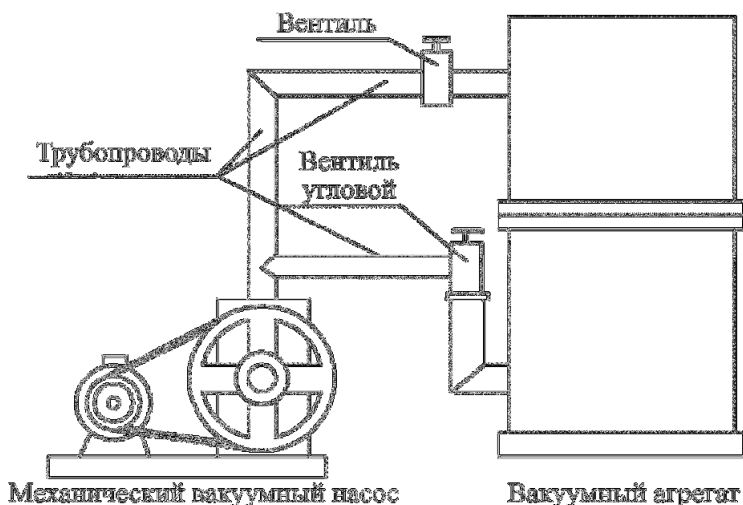


Рис. 2. Схема насосной части

На рис. 3 представлена классическая конструкция сифонных вентилях. При этом в конструкциях имеется литой корпус. Мы усложняем задачу наших конструкторов: вентили изготавливаются в условиях единичного производства, и литые конструкции должны быть заменены сварными. Составной частью вентиля является сифон (покупное изделие).

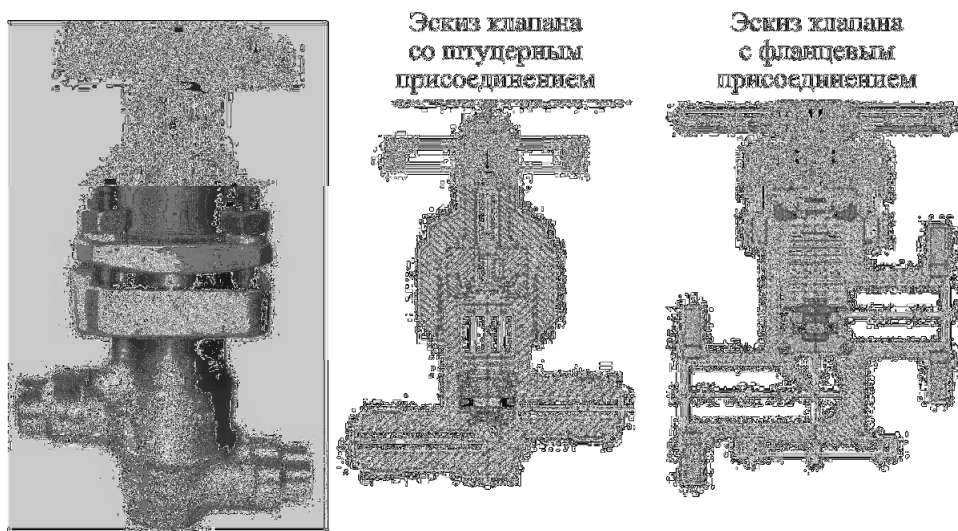


Рис. 3. Классическая конструкция сифонных вентилях

Конструкция переходного отсека отдаётся полностью на усмотрение его создателя. Он должен предусмотреть не только стыковку отсека с вакуумной камерой и насосной частью, но и наличие на переходном отсеке элементов, обеспечивающих подсоединение к нему следующих модулей:

- ◆ кран напуска воздуха (если его не предусмотреть, то фланцы вакуумной системы после окончания работы отсоединить будет невозможно, так как они будут прижаты к конструкции атмосферным давлением – а это 1 кг на каждый квадратный сантиметр);
- ◆ модуль подсоединения двух манометрических преобразователей (покупные изделия);
- ◆ модуль герметичного ввода электрических проводов;
- ◆ модуль ввода и отвода охлаждающей жидкости.

При использовании такого задания команда конструкторов может меняться по численному составу за счёт замены части модулей переходного отсека фланцами (заглушками). Важно, что все исполнители

связаны единой задачей, успешное решение которой зависит от способности работать в команде.

Список литературы

1. Подготовка научно-педагогических кадров, педагогика высшей школы и инженерная педагогика // Высшее образование в России. – 2016. – № 7.

2. Корчагин Е.А., Сафин Р.С. Компетентностный подход и традиционное представление о высшем образовании // Высшее образование в России. – 2016.

3. Мартышина Н.И. Базовый уровень знаний как объект нормирования в системе образования // Высшее образование в России. – 2015. – № 3.

4. Тихонов-Бугров Д.Е. О компетентностной парадигме обучения в высшей школе // Развитие современного образования: теория, методика и практика: сб. материалов 9-й науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2016.

5. Гребнев Л.С. Общекультурные компетенции и воспитывающие технологии // Высшее образование в России. – 2015. – №10.

6. Тихонов-Бугров Д.Е. Выполнение работы по машиностроительному черчению с элементами конструирования и исследований. – Ленинград: Изд-во ЛМИ, 1987.

7. Орлов П.И. Основы конструирования. Т. 1, 2. – М.: Машиностроение, 1988.

8. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988.

9. Джонс Дж.К. Инженерное и художественное конструирование. – М.: Мир, 1976.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕПОДАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Карабчевский Виталий Владиславович

Донецкий национальный технический университет, Донецк

Рассмотрено содержание подготовки студентов, изучающих программирование и информационные технологии, в области компьютерной графики и геометрического моделирования. Описаны мультимедийные системы и средства выполнения заданий, предназначенные для повышения наглядности построений при решении задач начертательной геометрии. Особое внимание уделяется совместному использованию методов начертательной геометрии и инструментов трехмерного геометрического моделирования при создании и исследовании моделей геометрических фигур.

Ключевые слова: начертательная геометрия, компьютерная графика, геометрическое моделирование.

EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF

Karabchevskiy Vitaliy Vladislavovich

Donetsk National Technical University

The content of the training of students studying programming and information technologies in the field of computer graphics and geometric modeling is considered. Multimedia systems and tools, designed to improve visualization of the constructions in solving tasks of descriptive geometry are described. Special attention is paid to the joint use of methods of descriptive geometry and tools of three-dimensional geometric modeling in the creation and study of models of geometric figures.

Keywords: descriptive geometry, computer graphics, geometric modeling.

Роль, которую играют компьютерная графика и геометрическое моделирование в разработке САПР и моделирующих систем, мультимедийных систем, игровых приложений, порождает потребность во введении в учебный план подготовки программистов соответствующих дисциплин. Это было понятно и в середине 90-х гг. прошлого века, поэтому в составе учебного плана подготовки по специальности «Программное обеспечение ВТ и АС» были учебные дисциплины «Инженерная графика» и «Диалоговые системы и машинная графика». Однако в курсе «Инженерная графика» рассматривались правила изображения электрических схем, программа второго предмета предусматривала изучение средств разработки графического интерфейса. Поэтому в 1995 г. названия предметов были заменены на «Инженерная и компь-

ютерная графика» и «Графическое и геометрическое моделирование и интерактивные системы». Лектором был назначен автор доклада, была поставлена задача организовать подготовку программистов, владеющих инструментальными средствами и алгоритмами геометрического моделирования и способных участвовать в разработке графических систем. В программу курса «Инженерная и компьютерная графика» было включено изучение начертательной геометрии (к чему никто не принуждал), в качестве средства начертания был применен AutoCAD, который также стал и средством трехмерного моделирования в курсе «Графическое и геометрическое моделирование и интерактивные системы». Компьютерные классы кафедры позволяли обеспечить выполнение лабораторных работ и курсовое проектирование, которое представляло собой разработку на языках высокого уровня графического редактора, обеспечивающего генерацию и редактирование параметризованных трехмерных моделей. На этом этапе курс «Инженерная и компьютерная графика» обеспечивал освоение основ двумерного моделирования AutoCAD, изучались основные примитивы, режимы построения, способы редактирования и т.п., а главное – AutoCAD является инструментом точных построений, что позволило повысить качество получаемых изображений.

Компьютерные мальчишки (и девочки) середины и конца девяностых в основной массе легко и быстро выполняли предложенный объем лабораторных заданий, но представление о связи построений, выполненных на комплексном чертеже, с трехмерными объектами у многих почти отсутствовало. Можно было предложить студентам и другие упражнения в AutoCAD, опыт работы в Донецком филиале учебного центра Autodesk позволял так поступить. Тем более, что разговоры о скорой смерти начертательной геометрии пришлось услышать еще в 1989 г. на конференции в Севастополе. Позднее, при утверждении конспекта лекций услышал от рецензента, что «наших студентов мучают начерталкой, теперь еще и программистов, а нужно сразу изучать трехмерное моделирование». Ясно было, что дело не в отказе от ручного черчения и не в том, что курс ведет «программист» (базовая квалификация – «инженер-математик», начертательную геометрию изучал), проблема нечеткого представления о связях построений на комплексном чертеже с трехмерными объектами носит общий характер.

В 1998–1999 гг. была предпринята первая попытка разработки программных средств, обеспечивающих связь между комплексным чер-

тежом и трехмерным представлением объектов и позволяющих студенту сопровождать построения на комплексном чертеже генерацией трехмерного представления [1, 2]. Пример работы системы приведен на рис. 1.

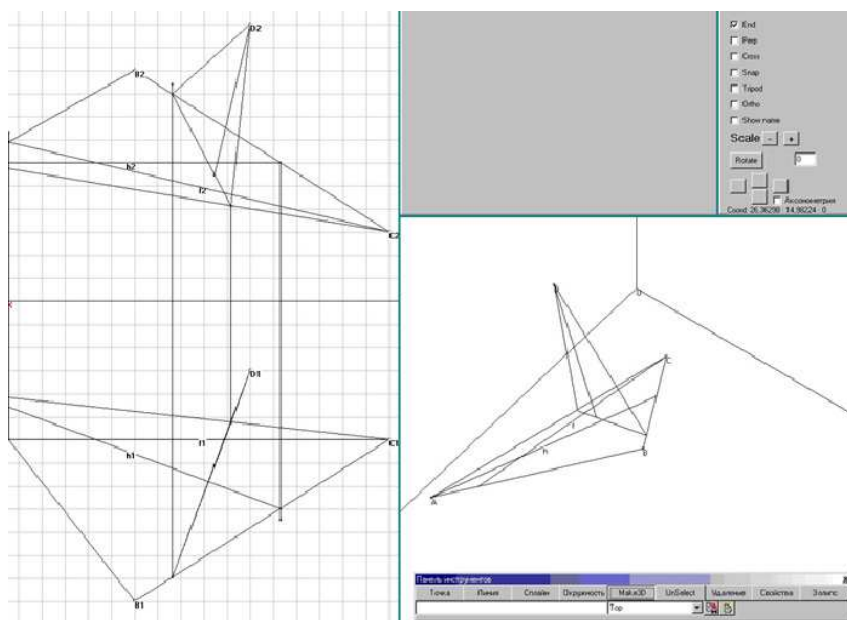


Рис. 1. Пример работы системы визуализации построений

Интерфейс системы предусматривает использование как панели инструментов, так и командной строки. Это дает возможность применения обучающих и тестирующих скриптов, использующих командный язык. Допускается ввод координат с помощью графического курсора и с клавиатуры. При построении двумерных объектов в зоне комплексного чертежа необходимо указывать, на какой из ортогональных плоскостей строится объект.

Такую систему можно было применять и при чтении лекций, так как лекции по большинству дисциплин читаются с использованием компьютеров. Это позволяет не только показывать слайды, но и применять в ходе лекции программные продукты. Применяется, конечно, и AutoCAD, так как упомянутая выше система может работать с полигональными моделями поверхностей, но твердотельное моделирование в ней не реализовано, режимы построения слабее, чем в AutoCAD. Для поддержки самостоятельной работы при изучении предмета, который сейчас называется «Компьютерная графика», под руководством автора разработано несколько версий мультимедийного электронного учебника [3, 4] (рис. 2).

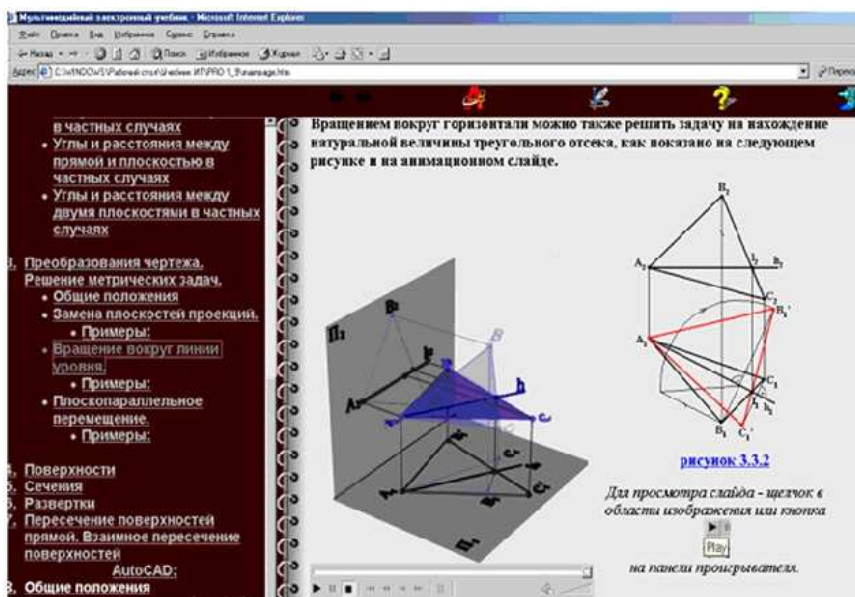


Рис. 2. Страница мультимедийного учебника

Такие учебники получили широкое распространение, их обзор приведен в [5], в [6] описан учебник, изданный Украинской ассоциацией прикладной геометрии. В мультимедийных учебниках и других методических материалах [7] автора наглядно показывается связь между комплексным чертежом и трехмерной моделью, приводятся статические и динамические иллюстрации, повышающие наглядность изложения. Для получения таких иллюстраций использованы в основном AutoCAD и 3D Studio MAX.

Описанный подход многократно апробировался на различных конференциях и был встречен с пониманием, хотя отдельные преподаватели «в штывки» встретили методику безбумажного черчения. В то же время были и те, кто увидел в переходе к черчению в AutoCAD возможность сохранить свои курсы.

Приходилось слышать также и замечание, что разработки, названные «учебниками», не содержат средств проверки знаний. Некоторое внимание этому вопросу было уделено в [8]. В статье описана реализованная в среде AutoCAD подсистема генерации условия геометрической задачи (определение расстояния от точки до плоскости) и проверки правильности решения, которое должно быть получено способом замены плоскостей. Студент получал задание в виде комплексного чертежа, содержащего условие, и должен был решить задачу (выполнить необхо-

димое построение). Проверка правильности осуществлялась после указания на результат (выбора отрезка, представлявшего искомое расстояние). Для проверки задача решалась не аналитически (что гораздо проще), а путем автоматического решения в AutoCAD с применением универсального алгоритма. Практика показала, что длина отрезка, представляющего ответ, будет одинаковой как при автоматическом решении, так и при решении, полученном путем построений, выполняемых студентом с применением средств точного построения (привязок и т.п.). Если расстояние отыскивалось аналитически и рассчитывалось на калькуляторе, а затем строился и указывался в качестве ответа соответствующий отрезок, это обнаруживалось (длины немного различались). Однако острой потребности в автоматизации оценивания знаний не ощущалось и этот подход дальнейшего развития не получил.

Со временем была осознана и реализована возможность включения в состав заданий по некоторым лабораторным работам требования генерации трехмерных моделей в соответствии с построениями на комплексном чертеже [9, 10]. Для этого с помощью команды «Rotate3D» фронтальная плоскость разворачивается вокруг оси X на 90° , остальное понятно из рис. 3 и 4.

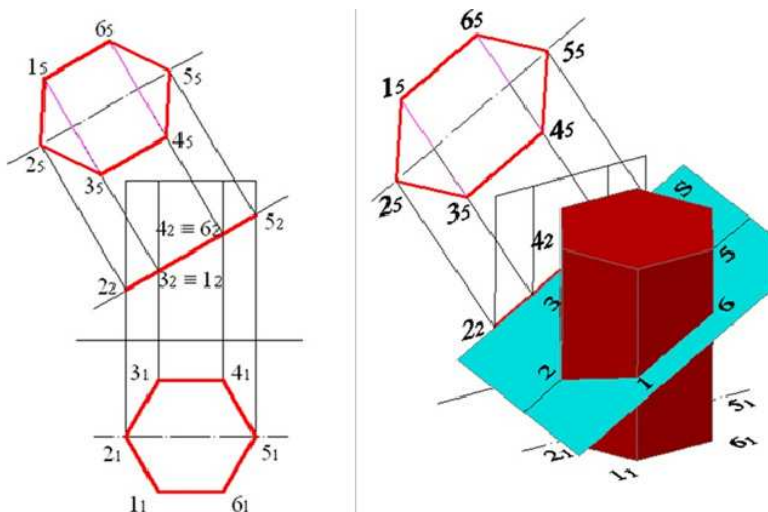


Рис. 3. Сечение шестиугольной призмы

При изучении многогранников и кривых поверхностей эффективно применение инструментов твердотельного моделирования. Если фигура может быть представлена поверхностью сплошного объекта, сече-

ние ее плоскостью можно получить с применением команды «Section». Сравнивая левую и правую части рис. 3, можно убедиться в совпадении результатов, полученных с применением этой команды, и на комплексном чертеже.

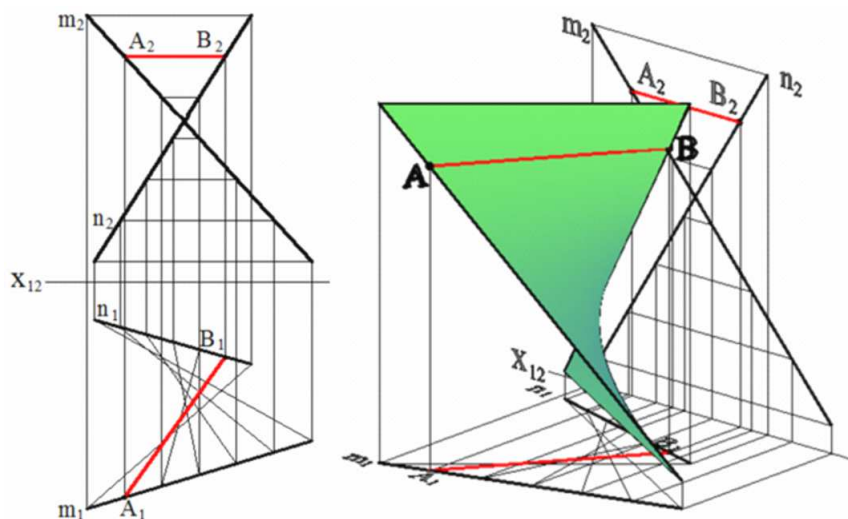


Рис. 4. Гиперболический параболоид

В случае, если изучаемый геометрический объект не может быть представлен поверхностью твердого тела, или это не требуется при выполнении задания, для его исследования применяются средства поверхностного моделирования. На рис. 4 получена поверхность гиперболического параболоида.

В сложившемся виде программа курса «Компьютерная графика» предусматривает изучение основ начертательной геометрии и инструментальных средств компьютерного черчения в тесной связи с инструментами трехмерного геометрического моделирования. Это позволяет использовать его в качестве основы для изучения методов и алгоритмов геометрического моделирования и визуализации трехмерных моделей, которые изучаются в курсе «Архитектура и проектирование графических систем», заменившем в плане подготовки программистов курс «Графическое и геометрическое моделирование», а также других учебных дисциплин, относящихся к области компьютерной графики в широком смысле и читающихся автором и другими преподавателями.

Применение всех вышеописанных программных и методических разработок привело к постепенному повышению качества графо-геомет-

рической подготовки студентов, обучающихся после перехода на российские стандарты по направлению 09.03.04 «Программная инженерия», профиль «Инженерия программного обеспечения» и по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Информационные технологии в медиаиндустрии и дизайне». Подготовка по второму из указанных направлений (по указанному профилю) обеспечивается автором с 2003 г. (по украинским стандартам оно называлось «Компьютерные науки», вариативная часть «Программирование медиасистем и компьютерный дизайн»).

Предвижу вопрос: а зачем при обучении в укрупненной группе 09.00.00 столько геометрии и графики?

Ответ простой: именно потребности обеспечения НИРС и дипломного проектирования, связанные во многих случаях с созданием трехмерных моделей различных объектов и процессов, новых алгоритмов и программных средств геометрического моделирования, обучающих систем, средств поиска, распознавания и синтеза изображений, разработкой игровых приложений, обусловили существование графо-геометрических дисциплин в учебных планах по вышеперечисленным профилям.

И главный вопрос: чем обосновано утверждение, что даже программистов нужно обучать основам начертательной геометрии, не лучше ли сразу начинать с трехмерного моделирования?

Отвечу, что представления о связи проекционного изображения с трехмерным объектом наилучшим (по моему мнению) способом вырабатываются именно при изучении начертательной геометрии. Представление объекта на комплексном чертеже сродни работе в нескольких видовых окнах, без которой трудно создать сколько-нибудь сложную модель, особенно если работа ведется в области дизайна сцены, состоящей из нескольких объектов.

Список литературы

1. Карабчевский В.В. Повышение качества преподавания инженерной графики путем разработки и применения обучающих систем // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Сер. Информатика, кибернетика и вычислительная техника, (ИКВТ-99). – Вып. 6. – Донецк: Изд-во ДонГТУ, 1999. – С. 294–299.

2. Карабчевский В.В. Компьютерные технологии обучения в курсе инженерной графики // Наукоемкие технологии образования: тр. IX Международ. науч.-метод. конф. – Таганрог, 1999. – С. 56–57.

3. Карабчевский В.В. Комплекс средств компьютерной поддержки преподавания графических дисциплин // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации, бизнесе: материалы конф. – Ялта-Гурзуф, 2001. – С. 211–213.

4. Карабчевский В.В. Электронный учебник по курсу инженерная графика // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации, бизнесе: материалы конф. – Ялта-Гурзуф, 2002. – С. 285–287.

5. Карабчевский В.В. Использование средств связи между двумерными и трехмерными компьютерными моделями при преподавании графических дисциплин // СПГМ-07: материалы Второй украинско-российской науч.-практ. конф. – Харьков: Изд-во ХГУПТ, 2007. – С. 323–332.

6. Тормосов Ю.М., Сафиулина К.Р., Слободской Р.Б. Разработка и внедрение мультимедийного учебника для самостоятельного изучения курса начертательной геометрии // Наукові нотатки: міжвуз. збірник (за напрямом «Інженерна механіка»). Вип. 22. Ч. 1: Сучасні проблеми геометричного моделювання (квітень, 2008). – Луцьк, 2008. – С. 341–347.

7. Карабчевский В.В. Методы компьютерной геометрии. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», Технопарк ДонНТУ «УНИТЕХ», 2010. – 179 с.

8. Карабчевский В.В. Автоматическая генерация решения задач начертательной геометрии как средство формирования эталонов в подсистеме тестирования // Научные труды Донецк. нац. техн. ун-та. Сер. Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем, (МАП-2002). – Вып. 52. – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2002. – С. 94–99.

9. Карабчевский В.В. Компьютерные технологии преподавания графических дисциплин для специалистов по разработке программного обеспечения // Технічна естетика і дизайн: міжвідомчий наук.-техн. збірник. – Киев: КНУБА, 2012. – № 89. – С. 171–174.

10. Карабчевский В.В. Трехмерное моделирование при решении позиционных и метрических задач в учебном процессе // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. Вип. 4, т. 56. – Мелітополь: Изд-во ТДАТУ, 2013. – С. 176–186.

ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Князева Елена Валерьевна

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
Санкт-Петербург

В статье представлен краткий исторический обзор развития геометро-графических методов в странах Европы и в России. Рассмотрен путь формирования и становления начертательной геометрии как научной дисциплины.

Ключевые слова: геометро-графические методы, начертательная геометрия, теория изображений.

GEOMETRIC-GRAPHIC METHODS HISTORY AND PROSPECTS

Knyazeva Elena Valeryevna

St. Petersburg State Politechnic University

The article presents a brief historical overview of the development of geometric methods in Europe and Russia. The way of formation and formation of descriptive geometry as a scientific discipline is considered.

Keywords: geometrical-graphic methods, descriptive geometry, the theory of images.

Начертательная геометрия является одной из фундаментальных наук, составляющих основу при подготовке специалистов как технических, так и творческих специальностей (дизайнеров, архитекторов и др.). Наука способствует развитию пространственного воображения, умению мысленно создавать представления о форме и размерах объекта по его плоскостному изображению, раскрывает особенности зрительного восприятия предметов, учит делать зарисовки и чертежи различных геометрических тел, строить тени в ортогональных, аксонометрических и перспективных проекциях, знакомит с методами построения перспективы.

Представим краткий исторический обзор развития геометро-графических методов, который позволяет выделить следующие периоды, и проследим путь формирования и становления начертательной геометрии как научной дисциплины.

1. Древний мир

Необходимость изображать окружающие и вновь создаваемые предметы появилась на заре человеческой культуры. Прежде чем нау-

читься описывать предметы словами, человек рисовал их. Рисунки были первыми прототипами чертежей. Первобытные наскальные рисунки – это первые попытки описания предметов, животных, ритуалов и разнообразных событий. Рисунки пространственных форм в виде однопроекционных изображений на плоскости появились еще в глубокой древности, ко времени сооружения храмов Египта. Например, в древнеегипетских папирусах встречаются планы различных сооружений, рисунки на граните и настенная живопись – это изображение реальных предметов на плоскости. Планами зданий и городов пользовались архитекторы Древнего Востока, Греции и Рима.

Период Античности. В период Античности появляются сведения о проекционных изображениях и перспективе. *Марк Витрувий* (1 в. до н.э.) в одном из древнейших источников «Десять книг об архитектуре» упоминает о правилах составления планов и фасадов (без проекционной связи между ними) [6]. В книге говорится также о разработках древнегреческого геометра Эвклида, жившего в III в. до н.э. и сформулировавшего 12 аксиом 61 теорему «видения» пространственных тел.

Период Средневековья. Этот период не оставил значительных работ по теории изображений.

Период Возрождения. Новый период бурного развития геометрической теории начинается в XIV в., происходит возрождение архитектуры, живописи, скульптуры в разных странах Европы (Италия, Германия и др.).

Выдающиеся ученые эпохи возрождения *Филиппо Брунеллески* (1377–1446 г.) – итальянский ученый и архитектор, кто применяет в своих творческих работах перспективу и разрабатывает практические приемы построения линейной перспективы, которые составляют основу современного «метода архитектора». *Леон Баттиста Альберти* (1404–1472) обобщает художественный и профессиональный опыт Брунеллески и теоретически развивает его в трактатах «О живописи» и предлагает способ построения перспективы с помощью сетки, который используется до настоящего времени. Именно ему принадлежит высказывание: «Ни один живописец не может писать, не зная геометрии» [7].

Леонардо да Винчи (1452–1519) великий художник, ученый и инженер, в своей работе «Трактат о живописи» приводит примеры применения перспективных изображений, значительное место уделено учению о линейной, купольной и воздушной перспективе, а также вопросам построения теней в перспективе. Кроме того, он создает свою

классификацию цветов, у него их шесть (белый, желтый, зеленый, синий, красный и черный) и выявляет такие особенности цвета, которые имеют большое практическое значение и для художников нашего времени. Леонардо отказался от яркой красочности. Он строил свои картины на бесконечно тонких тональных переходах и воплощает новую живописную технику. У него линия имеет право на размытость, потому что так мы её видим. Он осознал явления рассеяния света в воздухе и ввел в живопись понятие «сфумато» – это приглушенность всех цветов мягкой атмосферной дымкой.

Дальнейшему формированию научной теории изображений способствовали разработки немецкого живописца *Альберта Дюрера (1471–1528)*, который приводил способ построения перспективы по плану и фасаду (способ следа луча).

Как геометрическая наука теория перспективы получила широкое развитие в трудах *Гвидо Убальди (1545–1607)*. В его книге «Шесть книг по перспективе» он приводит основные положения перспективы и рассматривает способы построения перспективы на различных поверхностях: купольная перспектива (на сфере и конусе), панорамная (на цилиндре), описывает театральную и рельефную перспективу.

2. В 1637 г. французский геометр, физик и философ Рене Декарт (1596–1650) опубликовал работу «Геометрия», в которой разработал метод координат и заложил основы аналитической геометрии. Его соотечественник французский математик и архитектор Жирар Дезагр (1593–1662) дает первые понятия о проективной геометрии, обосновывает теорию аксонометрических изображений и применяет способ координат для построения перспективы, свои разработки он публикует в книгах «Общий метод изображения предметов в перспективе», «Курс перспективы» и «О конических сечениях».

3. Период XVII–XVIII вв.

На рубеже XVII–XVIII вв. *Брук Тейлор (1685–1731)* – английский математик рассматривает способы решения позиционных задач в перспективе, в свою очередь, немецкий геометр *Иоганн Ламберт (1728–1777)* в работе «Вольная перспектива» решает обратную задачу – определение размеров оригинала по его центральной проекции (реконструкция перспективы).

До конца XVIII в. все ранее разработанные методы применяются и совершенствуются, однако все они носят разрозненный характер.

Как видно из вышеизложенного, за рубежом развитие чертежа шло от перспективного изображения, рассмотрим, как происходило развитие геометро-геометрических методов в России. Графическими изображениями на Руси пользовались с древних времен, это были иллюстрации к летописям, старинные документы, перспективные рисунки и планы городов, выполненные на основе глазомерной съемки в условной проекции.

В середине XVI в. Иван Грозный впервые провел сбор графических материалов, до нас же дошли рисунок «аксонометрический чертеж Московского Кремля» 1600 г. и чертеж перспективного изображения города Пскова (1581). Русские чертежники использовали метод плоскостного изображения и развивали приемы русских иконописцев. Этот метод давал большую возможность для перехода к современному плоскостному техническому чертежу. Первоначально чертежи представляли собой изображение внешнего вида предмета или сооружения, нередко это был силуэт, внутри которого помещался план. К концу XVII в. изображение общего вида и плана уже не совмещены, а расположены рядом слитно один с другим.

Широкое распространение чертежное дело получило при Петре I, считавшем графические знания «нужнейшей частью инженерства» [7]. В совершенстве зная чертежное искусство, Петр устанавливает единые правила выполнения чертежей в точном масштабе. Сам выполняет чертеж корпуса корабля. Этот документ и сегодня хранится в Русском музее, а также первый план Адмиралтейства.

Графическая культура того времени была поставлена на достаточно высокий уровень. Ведется подготовка специалистов-чертежников в Московской инженерной школе и издается ряд учебников по черчению, например, один из них – техническая книга «Приемы циркуля и линейки» (1725 г.), которая «давала необходимые научные основы для овладения азбукой инженерного дела – черчением» [2]. Проводятся большие картографические работы по созданию атласов рек, морей и территорий Сибири.

Выдающиеся русские ученые XVII–XVIII вв.: конструктор и изобретатель *Иван Петрович Кулибин* (1735–1818) и талантливый механик *Иван Иванович Ползунов* (1728–1766), создавший чертеж паросиловой установки.

Дмитрий Васильевич Ухтомский (1719–1784) архитектор, создавший в 1749 г. первую в России архитектурную школу, в которой препо-

давались арифметика, геометрия, теория архитектуры, труды Витрувия и др. Учащиеся приучались к составлению небольших проектов новых построек, вели наблюдение за ремонтом и постройкой зданий. Из стен «архитектурной школы» Ухтомского вышли передовые архитекторы России второй половины XVIII в. – В.И. Баженов, М.Ф. Казаков, первый ректор Академии художеств архитектур А.Ф. Кокоринов и др.

Итак, к концу XVIII в. геометро-графические методы уже имеют многовековую историю как в России, так и в странах Европы. Все ранее разработанные методы применяются и совершенствуются, также разрабатывается метод проекций с числовыми отметками, совершенствуется способ наглядного аксонометрического изображения.

Однако единого метода изображений объемного тела на плоскости чертежа разработано не было. Исторически назрела задача научного обоснования накопленного геометро-графического материала и создания новой науки.

Эту задачу успешно решил французский ученый *Гаспар Монж (1746–1818)*. Он теоретически обосновывает и обобщает весь материал по теории и практике изображений пространственных форм на плоскости и создает единую систему ортогонального проецирования на две плоскости, которая находит широкое применение в технике и архитектуре. Гаспар Монж является основателем курса начертательной геометрии как научной дисциплины. Сам Монж так определял созданную им науку: «Искусство представлять на листе бумаги, имеющем только два измерения, предметы, имеющие три размера, которые подчинены точному определению» [7]. Гаспар Монж является основателем курса начертательной геометрии как научной дисциплины, со времен Монжа эта наука завоевала достойное место в технической школе всех стран.

Впервые свой курс Гаспар Монж прочитал 21 января 1795 г. при открытии Нормальной школы. Отдельной книгой курс был опубликован в 1798 г., в состав этого курса включены разделы: основы метода ортогонального проецирования, построение касательных плоскостей и нормалей к поверхности, теория пересечения и разверток поверхностей, примеры решением прикладных задач по архитектуре, живописи и фортификации, картографии и проектирования машин.

Начертательная геометрия рассматривалась, как национальное достояние Франции и в течение 20 лет автору было запрещено ее публиковать.

В 1809 г. один из учеников Монжа, испанец по происхождению, *Августин Бетанкур (1758–1824)* основал первое в России высшее транспортное учебное заведение – Петербургский институт Корпуса инженеров путей сообщения (ныне Петербургский государственный университет путей сообщения), в стенах которого был впервые прочитан курс начертательной геометрии французским инженером *Карлом Ивановичем Потье (1786–1855)*, учеником Монжа. Именно под влиянием этого института и сформировалась русская школа начертательной геометрии. В 1816 г. К.И. Потье издает на французском языке первый в России учебник по начертательной геометрии «Основания начертательной геометрии».

В дальнейшем выпускник данного института *Яков Александрович Севастьянов (1796–1849)* в 1814 г. был назначен репетитором по начертательной геометрии. Свою педагогическую деятельность Севастьянов начинает с 1818 г., он читает лекции по начертательной геометрии, но преподавание велось только на французском языке, и Севастьянов самостоятельно переводит курс начертательной геометрии на русский язык. В 1821 г. Севастьянов издает оригинальный научный труд «Основания начертательной геометрии», первый учебник по начертательной геометрии на русском языке, который положил начало научно-обоснованному подходу к преподаванию геометро-графических дисциплин в России. В своих исследованиях он стремился теоретическую работу направить на решение практических задач, примерами служат его работы «Приложение начертательной геометрии к воздушной перспективе» и «Начальные основания разрезки камней».

Благодаря плодотворной деятельности Севастьянова курс начертательной геометрии распространяется в другие учебные заведения Петербурга: Инженерное артиллерийское училище, Морской кадетский корпус, Петербургский университет, далее в Горный кадетский корпус, училище гражданских инженеров, технологический институт и др.

4. Период XIX–XX вв.

В дальнейшем весомый вклад в развитие начертательной геометрии как науки и учебной дисциплины внесла целая плеяда русских ученых (Н.П. Дуров, А.Х. Редер, Н.И. Макаров, В.И. Курдюмов, Е.С. Федоров и др.). В своих научных трудах и учебных курсах профессор А.Х. Редер разрабатывает теорию изометрических проекций и проекций с числовыми отметками. Выдающийся педагог высшей школы Н.И. Макаров – автор многих учебников по всем разделам начертательной геометрии.

Наивысшего расцвета в XIX в. начертательная геометрия достигла в трудах профессора В.И. Курдюмова. Он читал лекции не только по начертательной геометрии, но и по строительному искусству, находя все новые и новые области применения проекционных методов к решению инженерных задач. Курдюмов говорил: «если чертеж – это язык техники (Г. Монж), то «начертательная геометрия служит грамматикой этого языка, так как она учит нас правильно читать чужие и излагать наши собственные мысли, пользуясь в качестве слов только линиями и точками как элементами всякого изображения» [9]. Прекрасным завершением его работы стал учебник «Курс начертательной геометрии».

В заключение дореволюционного периода отметим труды академика Е.С. Федорова «Новая геометрия как основа черчения» (1907).

После 1917 г. создаются и развиваются школы начертательной геометрии и инженерной графики. В трудах советских ученых (Н.А. Рынина, А.К. Власова, Н.А. Глаголева и др.) начертательная геометрия и техническое черчение получают развитие и применение во многих областях науки, техники и искусства.

Ученик В.И. Курдюмова профессор Н.А. Рынин – автор многих научных трудов в области начертательной геометрии, например, «Перспектива» (1918), в котором был освещен подробный анализ различных прикладных вопросов перспективы, учебник «Начертательная геометрия» для строительных вузов, который переиздавался 4 раза и даже сегодня не потерял своей практической значимости. Рынин находил примеры успешного применения графических построений к решению инженерных задач в строительстве, механике, авиации и космонавтике.

После Великой Отечественной войны возникает необходимость в восстановлении производства, машиностроения, памятников архитектуры и искусства. В связи с этим в середине XX в. складываются различные научные школы, формируется и закладывается научная основа содержания графического образования в вузе (А.И. Добряков, А.Г. Климухин, Д.И. Каргин, С.К. Боголюбов, А.В. Бубенников, В.О. Гордон, И.И. Котов, Н.Ф. Четверухин и др.).

Профессор А.И. Добряков – автор курса «Начертательная геометрия» (1942) и сборника задач, которые в течение 20 лет были основными учебными комплексами в процессе обучения студентов архитектурно-строительных специальностей.

Д.И. Каргин проводил исследования о точности графических построений. Под его руководством было организовано в Ленинграде объе-

динение работников инженерной графики, которое получило широкое распространение в других городах нашей страны.

Определенный вклад в расширение круга специальных разделов начертательной геометрии внес Г.В. Каландадзе, издавший в 1960 г. в Тбилиси учебник «Курс черчения» на грузинском языке. Однако в силу положительной оценки данной книги и ее применения в учебном процессе профессионально-технических училищ, книга переводится на русский язык. В ней даются сведения по основам геометрического и проекционного черчения, аксонометрии и отделки чертежей красками, сведения по построению перспективы и теней, вычерчивания орнаментов, понятия об архитектурных обломках. Даны также таблицы художественных шрифтов, национальных орнаментов с различными цветовыми вариантами, чертежи мебели и рисунки для художественной обработки камня. Ранее эта книга применялась для подготовки студентов художественно-ремесленных училищ, однако сегодня она может найти широкое применение для подготовки специалистов-реставраторов витражей, дерева, камня и т.д. [4].

Круг прикладных вопросов, излагаемых в курсе начертательной геометрии, обширно представлен в учебнике, изданном в 1962 г. доцентом Е.С. Тимрот. В работе значительное внимание уделено геометрическому конструированию многогранных и кривых поверхностей [8].

Профессор И.И. Котов и его школа первыми учили и внедрили системы автоматизированного проектирования и основ машиной графики в учебный процесс. Им был организован межвузовский семинар «Кибернетика графики», где рассматривались вопросы решения алгоритмов геометрических задач, задание моделей каркасных поверхностей с помощью компьютерных программ.

В конце XX в. актуализируются проблемы учебно-методического обеспечения геометро-графических циклов в вузах, разрабатываются и внедряются в учебный процесс научно-методические подходы к обучению графической деятельности [5]:

- ♦ **в общеобразовательной школе** (А.Д. Ботвинников, В.Н. Виноградов, А.А., И.С. Вышнепольский, В.В. Степакова, А.А. Павлова, Е.И. Корзинова, Н.А. Гордеенко, Н.Г. Преображенская и др.);

- ♦ **в средних специальных учебных заведениях** (И.С. Вышнепольский, Н.С. Дружинин, С.К. Боголюбов, А.В. Воинов, В.И. Вышнепольский и др.);

♦ **в высших учебных заведениях:**

– для подготовки специалистов в области машиностроительных специальностей, техники и технологии (Л.Г. Нартова, В.И. Якунин, А.А. Чекмарев, В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский, Д.Е. Тихонов-Бугров, и др.);

– для подготовки специалистов архитектурно-строительного направления (Ю.И. Короев, О.В. Георгиевский, А.Г. Климухин, О.С. Бударин, Н.А. Сальников и др.).

Разработаны научно-методические подходы в обучении одного из специальных разделов начертательной геометрии – «Перспектива» [4]:

♦ для архитектурно-строительных специальностей (О.В. Георгиевский, Б.Ф. Тарасов, М.Н. Макарова и др.);

♦ для художественно-графических специальностей и факультетов (Н.С. Жданова Г.Г. Иванникова, М.С. Корж, М.Н. Макарова, А.П. Степанова, А.А. Шенников и др.).

Наибольшая часть разработок по начертательной геометрии ориентирована на подготовку специалистов машиностроительных и архитектурно-строительных специальностей. Сегодня же существенно повысилось значение преподавания начертательной геометрии для художественно-графических специальностей (дизайнеров, художников и др.). Это связано с развитием новых художественно-графических направлений, имеющих большое практическое значение (В.В. Степакова, А.А. Павлова, Е.И. Корзинова, Ю.Ф. Катханова и др.).

5. Современный период

В настоящее время лавинообразный поток информации и бурное развитие информационных технологий послужило толчком к развитию общества, построенного на использовании различной информации. По подсчетам статистов, к концу XX в. объем информации в мировом пространстве увеличился более чем в 30 раз, это явление получило название «информационный взрыв». Причем 70 % информации имеет графическую форму предъявления [1].

Доминантой инженерно-технического образования является графическая информация – чертежи, схемы, графики, изображения устройств, приборов и пр. Учитывая мировую тенденцию развития графической информатизации, современное образование должно разработать новые меж- и мультидисциплинарные методы и способы в подаче и представлении графической информации, акцентируя внимание на не-

обходимости изучения геометро-графических дисциплин с применением мультимедиа-презентаций, электронных графических и текстовых слайдов в сопровождении комментариев преподавателя, видеолекций, учебных видеоплактов и 3D-моделирования с целью развития у студентов пространственного мышления, творческих способностей, геометро-графической грамотности и т.п. [1] как залога качественного инженерно-технического образования и формирования у будущего специалиста графической культуры. Но без живой силы воображения и наглядности ручной графики как средства оперативного проектно-конструкторского диалога и элемента графической культуры невозможно что-либо разработать.

Аналогичное мнение высказали и наши иностранные коллеги. На международной конференции по геометрии и графике (ICGG 2014), прошедшей в Австрии (г. Инсбрук), было отмечено, что и в настоящее время начертательная геометрия занимает равноправное место среди других геометрических наук, она востребована как учебная дисциплина и как прикладная наука, а современные графические САПР – это инструментарий для реализации и получения геометро-графических знаний [3].

Список литературы

1. Афанасьева И.Б., Князева Е.В., Современные электронные средства представления графической информации в учебном процессе // Современное машиностроение: Наука и образование: материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А.Н. Евграфова и А.А. Поповича. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – С. 19–32.
2. Боголюбов С.К. Черчение: учебник. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Волков В.В., Кайгородцева Н.В., Панчук К.Л. Современное направление и перспективы научных исследований по геометрии и графике: обзор докладов на международной конференции ICGG2014 // Проблемы качества графической подготовки: традиции и инновации: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 90–99.
4. Каландадзе Г.В. Курс черчения. – М.: ПРОФТЕХИЗДАТ, 1960.
5. Князева Е.В. Разработка курса «Начертательная геометрия и технический рисунок» для студентов-дизайнеров в техническом университете // Современное машиностроение. Наука и образование: мате-

риалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. М.М. Радкевича и А.И. Евграфова. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. – 846 с.

6. Короев Ю.И. Начертательная геометрия: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Архитектура-С, 2006. – 424 с.

7. Тарасов Б.Ф. Методы изображения в транспортном строительстве: учеб. пособие для вузов. – Л.: Стройиздат.; Ленингр. отд-ние, 1987. – 248 с.

8. Тимрот Е.С. Начертательная геометрия: учеб. пособие для архитектурных вузов / Москов. архитектурный ин-т. – М.: Госстройиздат, 1962. – 279 с.

9. Фролов С.А., Покровская М.В. В поисках начала. Рассказы о начертательной геометрии. – 2-е изд., перераб. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 192 с.

УЧЕБНОЕ ЗАДАНИЕ «ДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЕЙ»

Короткий Виктор Анатольевич

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

Рассмотрено комплексное учебное задание по инженерной компьютерной графике, включающее в себя как геометрические построения, так и алгебраические расчеты. Дан пример выполнения задания.

Ключевые слова: инверсия, преобразование Гирста, квадратичные кремоновы преобразования, квадратичная инволюция.

LEARNING TASK «DYNAMIC PAIRING OF CIRCLES»

Korotku Wiktor Anatoliewith

South Ural State University

Considered options for building a smooth composite curves (contours) passing through the given points and satisfies additional boundary conditions. Used a parameterized cubic parabola in vector form. Examples of assignments.

Keywords: inversion, conversion Hirst, cremonesi quadratic transformations, quadratic involution.

Постановка задачи

Требуется построить кривую с гладкостью не менее второго порядка, имеющую в заданных точках A и B данные касательные TA , TB и круги кривизны RA , RB (рис. 1). Найти уравнение кривой. Иначе говоря, надо спроектировать составляющую обвода не менее второго порядка гладкости, имеющую в заданных стыковых точках A , B данные касательные и круги кривизны [1].

Поставленную задачу можно решить разными способами. Например, в [2] была получена кривая, составленная из дуг кубических парабол с осями, параллельными координатным осям x , y . Это кубический сплайн второго порядка гладкости. Полученный сплайн выглядит как гоночная трасса, а не как технический обвод (см. рис. 1, a). Это хорошая трасса. Гонщик на такой трассе будет уверенно переключать свой мотоцикл из поворота в поворот, не испытывая «бокового сноса» (скачкообразного изменения центростремительной силы) в стыковых точках. Но для технических задач такой обвод не годится.

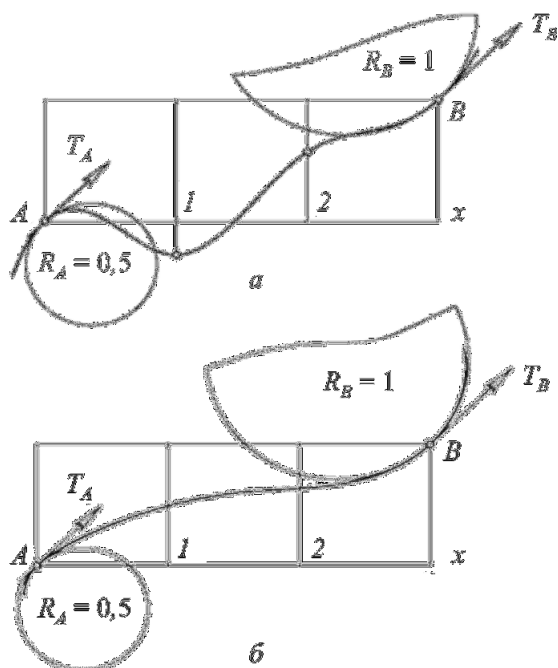


Рис. 1. Постановка задачи и два варианта ее решения

Кубический сплайн может быть отредактирован указанием дополнительных управляющих точек, хотя при этом стремительно растет число отсеков обвода. Теряется аналитическое описание. В результате обвод фиксируется не формулой, а дискретным цифровым массивом координат. К тому же график изменения кривизны по длине обвода – не гладкая, а ломаная кривая. Такое решение может оказаться технически неприемлемым.

Можно использовать параболы высокого порядка с риском получить непрогнозируемые осцилляции. Тоже плохо.

Есть удобный способ: надо взять подходящую САПР. Например, IndorCAD/Road. Изучим инструкцию к программе, разберемся с кнопками, зададим исходные данные, получим искомую кривую. Но, во-первых, эта кривая будет составной. Во-вторых, у нас все-таки учебный процесс, а не курсы пользователей специализированных САПР.

Мы рассмотрим алгоритм решения, основанный на обычной инверсии относительно окружности, но со смещенным центром преобразования. Забегая вперед, покажем результат: вместо составной кривой будет получена дуга c^4 одной алгебраической нерациональной кривой четвертого порядка, удовлетворяющая поставленным граничным усло-

виям (см. рис. 1, б). Алгоритм построения полностью, без каких-либо изменений, взят из работы [1, с. 89].

Обобщенная инверсия

Все знают, что такое инверсия. Это простейшая квадратичная инволюция. На совмещенной плоскости $\Pi = \Pi'$ чертят окружность $d2$. Берут произвольную точку M плоскости Π . Ставят ей в соответствие такую точку M' плоскости Π' , что точки Q, P, M, M' , лежащие на OM , образуют гармоническую четверку (рис. 2, а).

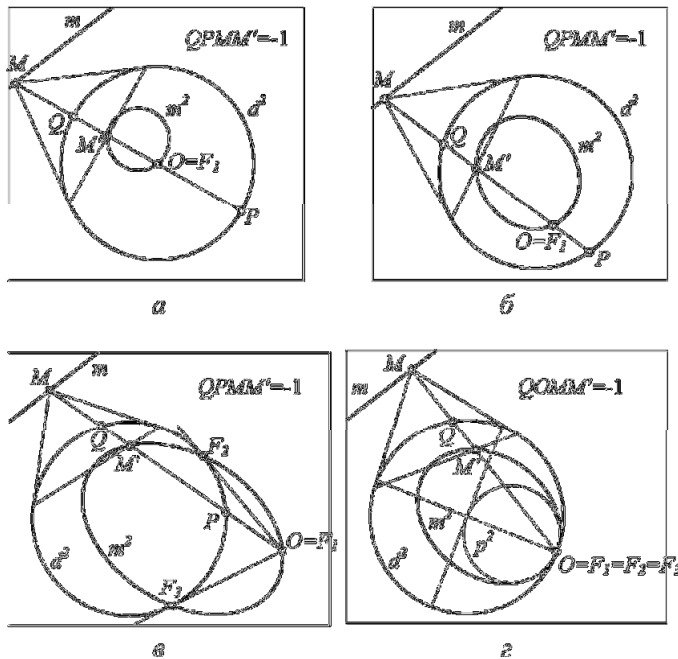


Рис. 2. Обобщенная инверсия

Окружность $d2$ называют инвариантной коникой, поскольку точки, инцидентные $d2$, при инверсии переходят в себя. Центр окружности O – центр преобразования. Любая прямая m (кроме слабоинвариантных прямых, проходящих через центр окружности) переходит в окружность $m2$, проходящую через центр O . Все окружности проходят через циклические точки I, J , следовательно, образ (гомалоид) любой прямой проходит через точки O, I, J , которые называют фундаментальными (в рассматриваемом случае – попарно совпавшими) точками плоскостей $\Pi = \Pi'$ (F -точками). Точки $F1 = F'1$ совпадают с O , точки $F2 = F'3$

и $F3 = F'2$ совпадают с циклическими точками. Преобразование инволюционно, поскольку точке $N = M'$ отвечает точка $N' = M$. В качестве практических приложений инверсии в геометрии обычно называют построение профилей Жуковского. В школьной геометрии используют инверсию (совместно с преобразованием расширения) для решения задачи Аполлония.

Произвольным образом сместим центр O преобразования относительно центра окружности (рис. 2, б). Алгоритм построения соответственных точек остается прежним: $(QPMM') = -1$. Получаем преобразование, которое называют обобщенной инверсией, или преобразованием Гирста [1]. Мнимые точки $F2 = F'3$ и $F3 = F'2$ покидают свои насиженные места I, J , хотя и остаются на окружности $d2$, указывая мнимые точки касания мнимых прямых, проведенных из точки O касательно к $d2$. Произвольная прямая m переходит в конику $m2$, инцидентную точке $O = F1 = F'1$ и мнимым точкам $F2 = F'3, F3 = F'2$.

Примечание

Обобщенная инверсия (преобразование Гирста) может иметь в качестве инвариантной коники не только окружность, но и любую КВП, в том числе вырожденную КВП, распавшуюся на две прямые.

Вынесем центр преобразования O за пределы инвариантной окружности $d2$. Точки $F2 = F'3, F3 = F'2$, оставаясь на окружности $d2$, становятся вещественными. Образ $m2$ произвольной прямой m проходит через центр O и через точки $F2, F3$ (рис. 2, в).

Если центр O инцидентен инвариантной окружности, то F -точки совпадают с центром O : $O = F1 = F'1 = F2 = F'2 = F3 = F'3$, вследствие чего образы всех прямых получают в O трехточечное соприкосновение друг с другом, в том числе и с образом $p2$ несобственной прямой (рис. 2, г). Образ несобственной прямой $p2$ называют предельной окружностью. Она проходит через центр инвариантной окружности $d2$.

Пока не очень понятно, как эти «научнообразные» рассуждения об инверсии с плавающим центром могут помочь при решении конкретной практической задачи. Зачем, например, рассматривать такой экзотический частный случай, когда центр O преобразования инцидентен инвариантной окружности и все F -точки совпадают с точкой O ? Для «научнообразия»? Конечно, нет. Именно этот частный случай позволяет эффективно решить задачу динамического сопряжения двух окружностей. Но предварительно следует рассмотреть вспомогательную задачу.

Вспомогательная задача: образ окружности в обобщенной инверсии

Обобщенная инверсия задана центром F_1 и инвариантной окружностью d^2 . Требуется построить образ r окружности r_0 (рис. 3). Отмечаем точки пересечения 1, 1' окружности r_0 с прямой $j_1 = F_2F_3$. Все точки этой прямой, в том числе и отмеченные точки 1, 1', преобразуются в точку F_1 . Следовательно, F_1 – двойная точка кривой r . Точки F_2, F_3 также двойные. Получаем образ окружности r_0 – уникарсальную кривую r четвертого порядка (см. рис. 3). Очевидно, кривая r проходит через точки R, R' пересечения инвариантной коники d^2 с прообразом r_0 . Вспомогательная задача решена.

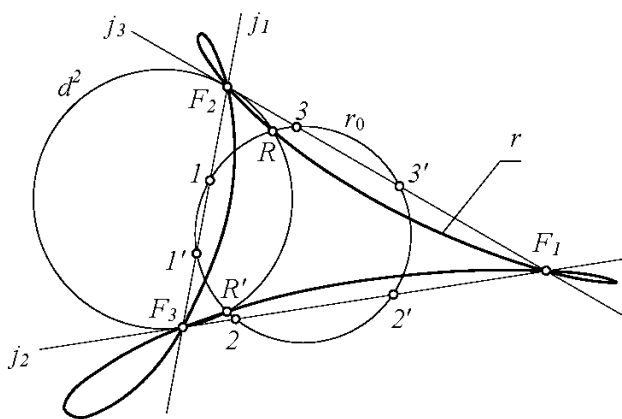


Рис. 3. Образ окружности в обобщенной инверсии

Если бы прообраз r_0 не пересекался с прямыми j_1, j_2, j_3 , то образ r не прошел бы через точки F_1, F_2, F_3 . И наоборот, если прообраз пересекается с j_i , то образ обязательно инцидентен точке F_i . Именно ради иллюстрации этого утверждения была рассмотрена вспомогательная задача. Еще раз подчеркнем, сколько раз прообраз пересекает исключенную прямую j_i , столько раз образ проходит через ассоциированную с прямой j_i точку F_i .

В частности, если все три F -точки совпадают с центром преобразования O (см. рис. 2, z), то исключенные прямые j_1, j_2, j_3 совпадают между собой, занимая положение касательной t к окружности d^2 в точке O . Если при этом окружность r_0 пересекает касательную t (в двух точках), то ее образ r дважды пройдет через все три совпавшие F -точки. При этом обе ветви кривой r будут иметь в точке O круг кривизны, совпа-

дающий с предельной окружностью p^2 (см. рис. 2, z). Действительно, обе ветви кривой r и окружность p^2 проходят через три совпавшие точки $F_1 = F_2 = F_3$, следовательно, находятся в трехточечном соприкосновении.

Таким образом, в обобщенной инверсии с центром O , лежащим на d^2 , образ r окружности r_0 , пересекающей касательную t , имеет в точке O круг кривизны p^2 .

Алгоритм решения основной задачи

Напомним задачу. Даны окружности ρA и ρB (рис. 4, a). Требуется построить динамическое сопряжение данных окружностей, т.е. такое сопряжение, при котором вторая производная плавно (без изломов) меняется вдоль искомой сопрягающей кривой.

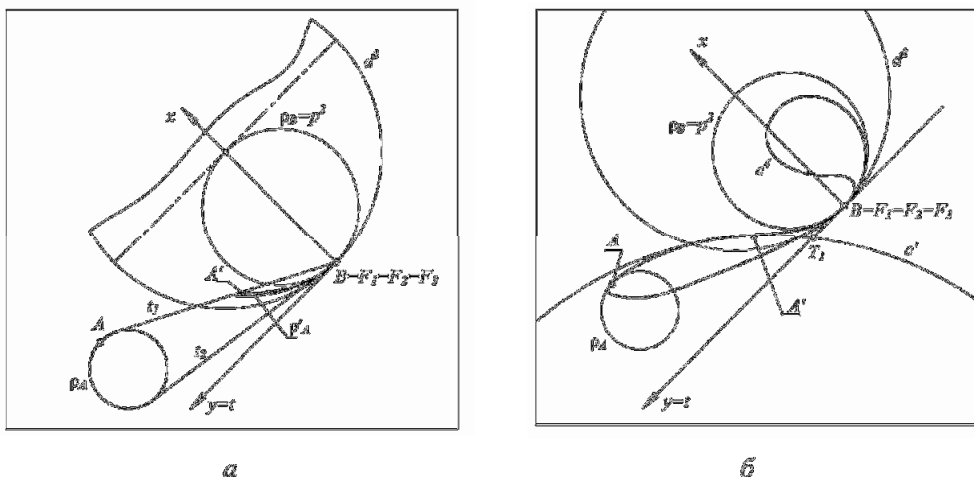


Рис. 4. Конструирование заданного обвода

Эта задача решена в [1]. Нам не надо ничего изобретать. Алгоритм, основанный на использовании свойств кремоновых преобразований плоскости с совпавшими F -точками, прописан с аптекарской точностью и полностью готов к употреблению. Задачу вполне возможно адаптировать к студенческому уровню, хотя в целом монография [1] написана без всякого снисхождения к малограмотному читателю.

Действие первое. Одну из заданных граничных точек, например точку B , принимаем за центр квадратичной инволюции I_2 с совпавшими F -точками: $B = F_1 = F_2 = F_3$. Заданный круг кривизны ρB считаем предельной окружностью p^2 преобразования I_2 . Напомним, что p^2 – образ (гомалоид) несобственной прямой, что позволяет однозначно начертить инвариантную окружность d^2 (см. рис. 4, a). Таким образом, аппарат

преобразования полностью определен. Какую пользу нам принесет это преобразование – пока неизвестно.

Действие второе. В инволюции I_2 находим образ $\rho'A$ круга кривизны ρA , заданного в условии задачи. Получаем алгебраическую кривую четвертого порядка $\rho'A$, форма которой приблизительно становится понятной после построения двух десятков точек этой кривой (см. рис. 4, а). Но этого недостаточно. Нам потребуется совершенно точно знать касательную и круг кривизны кривой $\rho'A$ в точке A' (здесь A' – образ точки A в преобразовании I_2).

Конечно, можно постараться получить эту информацию методами графического дифференцирования. Но результат будет плохой, несмотря на высокую точность компьютерных построений. Поэтому будем искать аналитическое решение.

Введем в рассмотрение систему координат xu , совместив начало координат с центром преобразования и направив ось u вдоль касательной t к инвариантной окружности d^2 (см. рис. 4, а). В выбранной системе координат рассматриваемое преобразование I_2 описывается уравнениями:

$$x' = Rx^2/(x^2 + y^2 - Rx), \quad y' = Rxy/(x^2 + y^2 - Rx), \quad (1)$$

где R – радиус инвариантной окружности d^2 , $R = 2RB$ [1]. Преобразование инволюционно, поэтому формулы обратного преобразования получатся простой перестановкой координат x и x' , y и y' :

$$x = Rx'^2/(x'^2 + y'^2 - Rx'), \quad y = Rx'y'/(x'^2 + y'^2 - Rx'). \quad (2)$$

Запишем уравнение круга кривизны ρA в выбранной системе координат:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2A, \quad (3)$$

где x_0 , y_0 , RA – координаты центра и радиус. Подставляя в (3) выражения (2) и опуская знак «штрих», получаем уравнение кривой $\rho'A$:

$$F(x, y) = x^4 + Kx^2y^2 + Dy^4 + F(x^3y + xy^3) + \\ + Tx^3 + Mx^2y + Nxy^2 + Lx^2 = 0. \quad (4)$$

Это и есть уравнение образа $\rho'A$ круга кривизны ρA в инволюции I_2 (B , d^2). Для расчета численных значений коэффициентов уравнения (4) достаточно знать радиусы RA и RB окружностей кривизны ρA , ρB и координаты x_0 , y_0 центра окружности ρA в выбранной системе координат (см. рис. 4, а).

Действие третье. По формулам (1) находим численные значения координат (x', y') точки A' , являющейся образом точки A в инволюции $I_2(B, d^2)$. Вычисляем первую производную и радиус круга кривизны c' кривой $\rho'A$ в точке A' .

Сказать легко, сделать трудно. Надо продифференцировать неявно заданную функцию (4), т.е. рассчитать первые и вторые частные производные. Это трудно. Но глаза страшатся, а руки делают. Через полчаса мы имеем аналитические выражения для производных. Например, вторая смешанная производная имеет вид:

$$F''_{xy} = 4Kxy + 3F(x^2 + y^2) + 2Mx + 2Ny.$$

Еще через час найдем численные значения первой производной $f(x) = F'_x/F'_y = -1,10085$ кривой $\rho'A$ в точке A' и радиус кривизны $R'A = 46,76342$ в этой точке.

Зачем такая трудоемкая вычислительная работа в учебном процессе? Ответ простой. Инженер должен уметь доводить работу «до числа». Для этого нужна тренировка, нужны соответствующие учебные задания. Да, это трудно. А кто сказал, что учиться легко? Не надо брать пример с западных вузов. Они проходят тему «вращательное движение» по учебному видеофильму «Велосипедист едет мимо Эйфелевой башни», а на занятии «кривые линии» внимательно изучают фотографию цветка.

Действие четвертое. Зачем мы искали кривую $\rho'A$? Зачем определяли касательную и круг кривизны c' этой кривой в точке A' ? Это была трудная работа. Будет ли «награда»? Конечно. Для окончательного решения задачи надо всего лишь найти прообраз окружности c' в обобщенной инверсии $I_2(B, d^2)$. Этот прообраз – алгебраическая кривая четвертого порядка c^4 с двойной точкой B (рис. 4, б).

Покажем, что кривая c^4 удовлетворяет заданным граничным условиям. Действительно, обе ветви кривой c^4 имеют в точке B один и тот же круг кривизны $\rho B = \rho^2$ (см. вспомогательную задачу). Граничные условия в точке B выполнены. Осталось показать, что кривая c^4 удовлетворяет граничным условиям в точке A . Действительно, точка A' , лежащая на c' , в инверсии $I_2(B, d^2)$ инволюционно возвращается на свое законное место – в точку A . Следовательно, прообраз c^4 окружности c' проходит через A . Окружность c' имеет в точке A' трехточечное соприкосновение с кривой $\rho'A$ – образом круга кривизны ρA . Поэтому прообразы c^4 и ρA обязательно будут иметь в точке A трехточечное соприкосновение, так как обобщенная инверсия, как и любое взаимно однозначное преобразование, сохраняет инцидентность [1].

Таким образом, алгебраическая кривая 4-го порядка c^4 содержит две разные дуги AB . Если не принимать во внимание направленность заданной касательной TA , то обе дуги удовлетворяют граничным условиям. С учетом направления TA следует выбрать «верхнюю» ветвь кривой c^4 (см. рис. 4, б). Для получения уравнения кривой c^4 надо в уравнение окружности c' подставить выражения для x' , y' из (1). Задача полностью решена.

Заключение

Предложено расчетно-графическое задание «Динамическое сопряжение двух окружностей». Выполнение задания требует некоторой общеобразовательной подготовки по математике в пределах 1-го курса технического вуза. Для кого предназначено это задание? Для учащихся. Мы все – учащиеся! Не только сопливые студенты-первокурсники, но и молодые или убеленные сединами преподаватели, научившиеся делать 3D-макеты и полагающие на этом основании, что жизнь удалась. Осталось только следить за обновлениями графических пакетов и файлообменников, и будешь грамотным специалистом, уверенно внедряющим ИКТ в учебный процесс.

Вообще, компьютерная графика в учебном процессе – очень удобная штука. Как для студентов, так в особенности она удобна для преподавателей ГПП. Раньше молодого преподавателя спрашивали на стажировке, что такое омбилические точки, соприкасающийся параболоид, индикатриса Дюпена и тому подобные скучные и непонятные вещи из кандидатского минимума по специальности 05.01.01. Теперь все это не надо знать. Не востребовано. Преподавателей ГПП даже не интересует, что такое B-сплайны или NURBS-кривые, являющиеся основой современной КГ. А зачем?

Мы все прекрасно знаем, чему надо учить и что надо знать, а что не надо. Путь совершенно простой и четкий: 3D-макет – станок. Поэтому надо учить 3D. В легких, средних и тяжелых САПР.

Это гносеологический тупик. Это подмена учебного предмета средствами для его изучения! Король – голый! Что было актуально и свежо десяток лет назад, сегодня отдает рутинной. Под девизом «учить тому, что надо будущему современному специалисту» скрываются простая человеческая лень и нежелание понять, что у нас общеобразовательный предмет, а не курсы специализированных САПР разной тяжести.

В связи с вышеуказанным предлагается собрать полсотни заданий по инженерной компьютерной графике с практическим наполнением, подобным рассмотренным на конференции. Собрать, обсуждать, обмени-

ваться заданиями, адаптировать их для учебного процесса. Например, такая тема – моделирование поверхности, проходящей через заданный контур. Здесь десятки учебно-практических задач! Только не надо loft.

Компьютерная графика – чрезвычайно мощный и точный геометрический инструмент. Использовать его лишь для 3D-моделирования и анимаций означает остановку в развитии ГТП с явной, уже сегодня очень заметной, деградацией общегеометрического уровня как студентов, так и преподавателей.

Список литературы

1. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
2. Короткий В.А., Попцова Т.Ю. Учебное задание «Плоские обводы» // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII Междунар. интернет-конф.; февраль-март 2017. – Пермь, 2017.

УЧЕБНОЕ ЗАДАНИЕ «ПРОСТРАНСТВА РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ»

Короткий Виктор Анатольевич

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

Рассмотрены варианты учебных заданий по начертательной геометрии с использованием отображения пространств различных размерностей друг на друга. Даны примеры выполнения заданий.

Ключевые слова: размерность пространства, параметризованная функция, аксонометрический чертеж, электронная модель изделия.

EARNING TASK «SPACES OF DIFFERENT DIMENSIONS»

Korotku Wiktor Anatoliewith

South Ural State University

The options considered learning tasks on descriptive geometry using the display spaces of different dimensions on each other. Examples of assignments.

Keywords: the dimension of the space, the parameterized function, axonometric drawing, electronic model of the product.

Пространство трехмерно. Оно содержит три измерения – длину, глубину, высоту. Это знание присуще человеку, его не надо объяснять. Дальше этого наши бытовые знания не идут. У человека нет необходимости особо вникать в смысл понятия «пространство». Да, мы знаем из популярных передач и из сенсационных видеороликов в Ютубе, что у физиков остался только один нерешенный вопрос: наше пространство 6-мерное или 7-мерное? А так все остальное им понятно. Может быть, физики шутят? К тому же наше пространство несколько искривлено. Это было теоретически установлено А. Эйнштейном и подтверждено экспериментально еще в начале XX в.

На самом деле физически, реально существует только трехмерное пространство. В масштабах повседневной человеческой деятельности оно не искривлено. Это линейное пространство, в котором прекрасно выполняются постулаты Евклида, включая пятый. Но что означает термин «линейное пространство»?

В любом деле один вопрос всегда тянет за собой массу других вопросов. Если есть линейное пространство, значит, есть нелинейное? Если есть трехмерное, значит, есть и пространства других размерно-

стей? Конечно, есть. Начертательная геометрия – это раздел не физики, а математики, поэтому мы имеем право рассматривать физически невозможные пространства различной размерности как больше трех, так и меньше одного. Например, точка – пространство нулевой размерности. Не надо путать с нуль-пространством из голливудской фантастики.

Итак, чуть только мы заговорим о структуре пространства, сразу появляются вопросы. Где больше точек – на прямой или на плоскости? Где больше прямых – на плоскости или в пространстве? Почему линию (хоть плоскую, хоть пространственную) называют одномерным пространством, а поверхность – двумерным? Ведь они находятся в трехмерном пространстве! Почему линейчатую поверхность называют криволинейной, если на ней превосходно размещаются прямые линии? Ведь она линейчатая, а значит, линейная. Разве не так? Сколько линейных двумерных пространств в трехмерном? А нелинейных? Как сосчитать? Как сосчитать число окружностей на плоскости? А в пространстве? Что такое гиперсфера, гиперкуб?

Эти вопросы не придуманы, они взяты из форумов в Интернете. Скорее всего, они инициированы преподавателями математики, а не геометрии. Но вопросы – геометрические! Кто должен отвечать на эти и многие другие подобные вопросы? Кажется, это именно наша специализация, это ГПП, общеобразовательный курс. Почему, например, на бесконечно длинной, ничем не ограниченной прямой ровно столько же точек, что и на маленькой ограниченной дуге окружности? Как грамотно, четко, наглядно отвечать на такие вопросы?

Может быть, на вопрос о размерности кривой линии не надо отвечать, потому что не востребовано? Да и насчет количества точек. Какая разница, сколько их там. Пусть математики отвечают. Но ведь кафедра графики, как и математики, относится к общеобразовательному циклу! Как и кафедра литературы, истории. Скажите, будет востребовано знание истории эпохи Возрождения в будущей профессиональной деятельности инженера-конструктора? А Онегин? Будет востребован? А комплексные числа? Да кто их вообще видел, эти комплексные числа? А мнимые точки? Час от часу не легче.

Конечно, можно сказать, что математика обязательно востребована, значит, и комплексные числа тоже востребованы. Это да. Учить комплексные числа надо. А вот мнимые точки не надо. Они не нужны. Невольно вспоминается герой одного из романов М. Булгакова, который с осуждением относился к котам, но слонов одобрял, потому что

слоны (ну и комплексные числа) – это животные полезные, т.е. востребованные. А всякие там коты и мнимые элементы – нет. Зачем их в квартиры и в геометрию пускают?

Хватит повторять мантру о невостребованности общегеометрических знаний! Может быть, будет не совсем бесполезно, если мы высвободим в учебном плане немного времени от просмотра слайдов на лекциях по НГ и от бесконечного 3D-моделирования на уроках компьютерной графики, и от моделирования корзинок на олимпиадах, а используем это время на другие вещи, не входящие в список компетенций по ФГОС 3 плюс? Конечно, если ректор узнает, нам не поздоровится.

Задание 1. Понижение размерности пространства с R3 до R2

Как отобразить фигуры трехмерного пространства на плоскости или на любом другом двумерном пространстве? Этот вопрос давно решен. В XVI в. была разработана теория перспективы, в XVIII в. – аксонометрия и незаменимый в практических приложениях эпюр Монжа. Не случайно появление эпюра Монжа совпало по времени с промышленной революцией. Эти три способа отображения пространства на плоскость построены по единому методу «двух изображений», когда любая точка на чертеже указана двумя своими проекциями*.

В конце XX в. аксонометрические (и перспективные) проекции стали широко применяться в компьютерной графике для отображения на экране компьютера геометрических фигур, хранящихся в цифровой матричной форме в недрах винчестера. При этом возникла некоторая терминологическая путаница. Электронная модель изделия (ЭМИ) – это то, что существует исключительно в цифровом виде, в двоичном коде, в матрицах. То, что мы видим на экране, тоже ошибочно стали называть электронным макетом, или 3D-макетом. Это совершенно неверно. **Это грубейшая терминологическая ошибка, которая привела нас в тупик и стала препятствием на пути развития ГПП.** Гипертрофированное почтение к аксонометрическому изображению на экране, как к какой-то панацее во всех конструкторских делах, привело к пересмотру учебных планов ГПП вплоть до отказа от технического чертежа и фанатичных попыток ставить размеры прямо на аксонометрии! Только бы не двухпроекционный чертеж! Ведь он устарел! И на Западе не используют.

На экране монитора мы видим именно проекционный чертеж! Мы видим **аксонометрическое изображение электронного макета изделия**

* Иванов Г.С. Теоретические основы начертательной геометрии: учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1998. – 157 с.

лия! Меняя точку зрения, мы получаем либо центральную, либо параллельную аксонометрию. Это чертеж! На экране монитора – двухпроекционный аксонометрический чертеж фигуры. Этот чертеж условно называют 3D-макетом только для краткости речи! На самом деле 3D-макет – это матрицы координат характерных точек фигуры, а также матрицы, содержащие коэффициенты уравнений, описывающих линии и поверхности фигуры. **Не надо отождествлять электронный макет фигуры (цифровую матрицу) и изображение этой фигуры, полученное на основе электронного макета.** Объект – это матрица, изображение – аксонометрия на экране компьютера. Все кнопочные команды воздействуют не на экранный чертеж, а на электронную модель, т.е. на цифровую матрицу. А аксонометрическое изображение на экране послушно следит за изменением модели.

Основной вопрос и основная тема задания 1 – чертеж. Как отобразить фигуру трехмерного пространства на двумерное пространство без потери информации? Ведь мы фактически теряем одно измерение. Чем компенсировать эту безвозвратную потерю? Ответ дает метод двух изображений.

Главная тема задания 1 – показать и доказать полное равноправие перспективного, аксонометрического и ортогонального чертежей, в том числе пресловутые аксонометрические изображения на экране монитора, которые в целях сокращения слов кто-то когда-то назвал «3D-графикой». С тех пор так и пошло. Все эти варианты отображения пространства на плоскость построены по методу двух изображений. И совершенно неважно, на каком носителе физически реализовано это отображение – на песке палочкой или на экране мышкой.

Да, безусловно, ревнители компетенций возразят, что перспектива – это нам не надо. Это для архитекторов и строителей. Для инженеров не предусмотрено ее изучение. Тогда как быть с теми студентами автотракторного факультета, которые на лекциях по НГ, пока преподаватель крутит слайды, рисуют машинки в перспективе? Причем с удивительно точными перспективными сокращениями! Кто им объяснит теоретическую базу перспективного изображения? Так и не будут знать, что «говорили прозой».

Остановите слайды и видеопрезентации, не надо готовых картинок! Просто объясните, что метод двух изображений универсален, что иначе просто никак не отобразить трехмерное на двумерное. Мы понижаем размерность образа по сравнению с размерностью точечного про-

образа, и обязаны это компенсировать либо двумя проекциями на чертеже Монжа, либо вторичными проекциями всех точек изображаемой фигуры в аксонометрии – центральной или параллельной. У нас просто нет выбора.

Дайте студенту задание номер один: изобразить простой русский кирпич в трех вариантах – на чертеже Монжа, в аксонометрии и стаю кирпичей в перспективе, летящих высоко над горизонтом. Пусть он найдет вторичные проекции. А на каком физическом носителе он будет выполнять задание, не имеет никакого значения. Учащийся должен понять, что прекрасное наглядное изображение на экране компьютера – это не какое-то особое 3D-геометрическое моделирование! Это не особый, исключительный раздел геометрии. Это один из вариантов метода двух изображений. Это аксонометрическая проекция (параллельная или перспективная – по желанию пользователя).

Задание 2. Повышение размерности пространства с R2 до R3

Выход в трехмерное пространство как способ решения планиметрических задач и его применение для доказательства теорем рассмотрен в [1]. Большое количество примеров можно найти в задачах В.А. Пеклича. Предлагается следующее задание.

Пусть плоская кривая задана параметрически:

$$x = f(t), \quad y = \varphi(t). \quad (1)$$

Определение ее локальных геометрических характеристик (экстремумов, точек перегиба, радиусов кривизны) затруднительно. Для этого требуется представить ее в явном виде:

$$y = \gamma(x). \quad (2)$$

Как это сделать? Если функции (1) позволяют, можно исключить переменную t . А если функции (1) заданы цифровым массивом?

В этом случае задача решается **способом повышения размерности** объемлющего пространства. Вынесем заданную кривую (1) в трехмерное пространство $x\varphi t$. Теперь функции (1) описывают не кривую, а ее проекции. Функция $x = f(t)$ – уравнение проекции на плоскость $x t$. Функция $y = \varphi(t)$ – уравнение проекции на плоскость $y t$. Осталось начертить эти проекции, пользуясь уравнениями (1), после чего с помощью постоянной линии чертежа k построить третью проекцию $y = \gamma(x)$ исследуемой кривой на плоскости $x y$ (рис. 1). Задача решена.

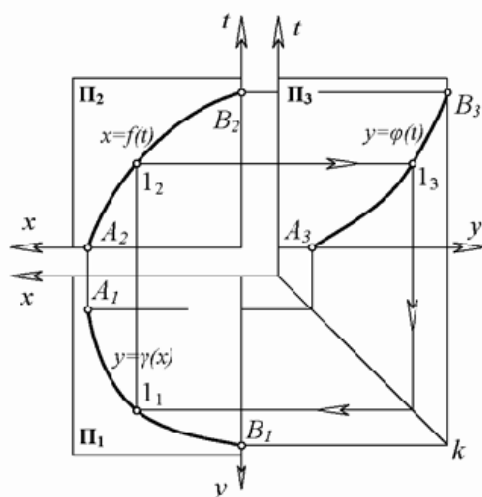


Рис. 1. К заданию 2. Выход в трехмерное пространство

Возникает вопрос – это востребовано? Должно быть, да. Параметризация кривых и поверхностей – основа САПР и компьютерной графики. Вот только сумеет ли будущий компетентный специалист, учивший НГ по слайдам, анимациям и 3D-макетам, решить эту задачу?

Задание 3. Повышение размерности пространства с R3 до R4

Рассмотрим ту же задачу, что и в задании 2, но возьмем не плоскую, а параметрически заданную пространственную кривую (пример предложен Г.С. Ивановым):

$$x = f(t), y = \varphi(t), z = \delta(t). \quad (3)$$

Условие задания сохраняется прежним: надо определить локальные геометрические характеристики заданной пространственной кривой (3). Для этого требуется представить ее в явном виде:

$$y = \gamma(x), z = \beta(x). \quad (4)$$

Как и в предыдущем случае, задача решается способом повышения размерности объемлющего пространства. Вынесем заданную кривую в четырехмерное пространство $xuyt$. Уравнения (3) становятся уравнениями, описывающими не кривую, а ее проекции. На плоскости $\Pi_1 (xt)$ имеем проекцию $x = f(t)$, на $\Pi_2 (yt)$ имеем $y = \varphi(t)$, на $\Pi_3 (zt)$ – проекцию $z = \delta(t)$. Начертив эти кривые, получаем проекционный чертеж (обобщенный чертеж Монжа) пространственной кривой (3), находящейся в четырехмерном пространстве $xuyt$ (рис. 2). Любая точка этой кривой имеет четыре координаты t, x, y, z .

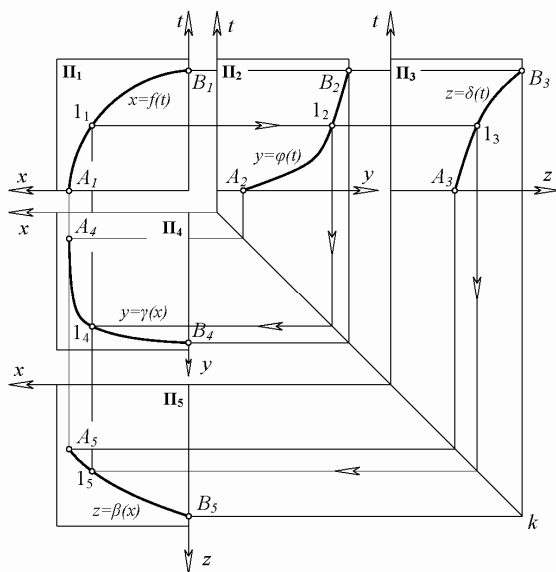


Рис. 2. К заданию 3. Выход в четырехмерное пространство

Уравнения (3) представляют собой аналитическую модель нелинейного одномерного пространства, принадлежащего объемлющему четырехмерному пространству. Трехпроекционный чертеж Π_1, Π_2, Π_3 представляет собой графический эквивалент аналитической модели (3). Говорят, что модель (3) и геометрическая модель Π_1, Π_2, Π_3 гомеоморфны.

Не следует беспокоиться, что пространства R^4 физически не существует. Да, не существует. Но мы можем общаться с этим пространством посредством операции проецирования и тем самым использовать его в своих целях. Комплексных чисел и мнимых точек тоже ведь не существует (в том смысле, что мы не можем на комплексной плоскости отметить их карандашом), но это не мешает нам выполнять с ними алгебраические или графические действия и получать вполне осязаемые результаты.

Таким образом, получен трехпроекционный чертеж пространственной кривой (3), расположенной в R^4 . Дальнейшее решение выполняется так же, как и в задании 2: с помощью постоянной линии чертежа k вычерчиваем проекцию $y = \gamma(x)$ на плоскости Π_4 (xy), а также проекцию $z = \beta(x)$ исследуемой кривой на плоскости Π_5 (xz) (см. рис. 2). Стрелки на линиях связи помогают понять последовательность построений. Получена модель исследуемой пространственной кривой в форме (4), где функции $y = \gamma(x)$, $z = \beta(x)$ зафиксированы не алгебраически, а графически.

В заключение вполне можно предложить студентам сделать на компьютере наглядное аксонометрическое изображение исследуемой кривой. Внимание! Не 3D-макет! Не электронную модель! Эта модель уже есть! После вычерчивания на экране компьютера плоских кривых (3) и (4) эти кривые фиксируются в цифровых двоичных кодах в виде матрицы где-то на жестком диске. Это и есть ЭМИ. Если хочется назвать эту матрицу «3D-моделью исследуемой фигуры», то вреда от этого никакого не будет. Особого смысла в таком названии нет, но для сокращения речи его можно применять.

Но не называйте 3D-моделью то, что мы видим на экране! На экране не 3D-модель, а ее аксонометрическая проекция! Именно в этом месте начинается путаница. То, что эта проекция легко перестраивается и добросовестно позволяет нам менять точку зрения, а также фотореалистично раскрашена, не делает обыкновенную аксонометрию новым эксклюзивным геометрическим явлением, ради которого следует отменить или «адаптировать» курс НГ.

Итак, делаем аксонометрический чертеж исследуемой кривой, представленной в явном виде (4). Уравнение $y = \gamma(x)$ описывает в декартовых координатах вертикальную цилиндрическую поверхность (образующая параллельна оси z). «Выдавливая» кривую $y = \gamma(x)$, начерченную в плоскости П4 (xy) (см. рис. 2), в направлении z , получаем цилиндрическую поверхность $y = \gamma(x)$. На экране немедленно видим ее аксонометрическое изображение. Аналогичным образом уравнение $z = \beta(x)$ описывает цилиндрическую поверхность с образующей, параллельной оси y . Выдавливая кривую $z = \beta(x)$, лежащую в плоскости П5 (xz), в направлении

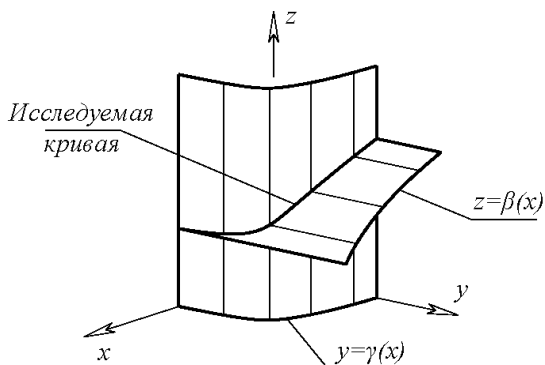


Рис. 3. К заданию 3. Аксонометрическое изображение исследуемой кривой

оси y , получаем цилиндрическую поверхность $z = \beta(x)$. Видим на экране ее аксонометрическую проекцию. Нажимая на кнопку «объединить», мы инициируем в недрах графического пакета алгебраический (цифровой!) поиск множества точек, инцидентных обеим выдавленным цилиндрическим поверхностям. Получаем на экране аксонометрическое изображение исследуемой кривой (рис. 3). Задача решена.

Заключение. Предлагается ввести в курс начертательной геометрии задание «Пространства различных размерностей», направленное на изучение основ начертательной геометрии как раздела математики, в котором изучаются методы отображения пространств различных структур и размерностей друг на друга [1]. Учебные часы для выполнения задания можно найти, сократив, например, количество задач на построение линий пересечения фигур.

УЧЕБНОЕ ЗАДАНИЕ «ПЛОСКИЕ ОБВОДЫ»

**Короткий Виктор Анатольевич,
Попцова Татьяна Юрьевна**

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

Рассмотрены варианты построения гладких составных кривых (обводов), проходящих через заданные точки и удовлетворяющие дополнительным граничным условиям. Используются кубические параметризованные параболы в векторной форме. Даны примеры выполнения заданий.

Ключевые слова: кубическая парабола, сплайн, векторная параметризация.

THE EXERCISE OF «FLAT LINES»

**Korotku Wiktor Anatoliewith,
Poptsova Tatiana Yurievna**

South Ural State University

Considered options for building a smooth composite curves (contours) passing through the given points and satisfies additional boundary conditions. Used a parameterized cubic parabola in vector form. Examples of assignments.

Keywords: Cubic Parabola, Spline, Vector parameterization.

Обводом называется линия, составленная из дуг кривых выбранного вида, которые в стыковых точках имеют определенный порядок соприкосновения [1, 2]. Учебное задание по построению обводов предназначено для студентов технических специальностей, изучающих инженерную компьютерную графику. Компьютерная графика – это не только 3D-моделирование. Это деятельность человека, в которой компьютер используется для создания изображений и работы с ними. Теоретической основой компьютерной графики является вычислительная геометрия, сформировавшаяся в самостоятельную научную и учебную дисциплину во второй половине XX в.

Учебники или монографии по вычислительной геометрии трудно читать. Совсем непросто использовать их в конструкторской работе. Вычислительная геометрия – своеобразный синтез начертательной геометрии, информатики, векторной алгебры, дифференциальной геометрии, анализа.

Значит, достаточно разобраться с этими учебными предметами? Нет, недостаточно. Учащийся встречается с большим количеством со-

вершено новых для него геометрических форм и алгебраических многообразий, которые не рассматриваются в смежных учебных дисциплинах. В результате у студента возникает множество вопросов. Что такое сплайн? Чем алгебраический сплайн отличается от геометрического? Что такое полином Эрмита? Параметрическая кривая в форме Фергюсона? В форме Безье? NURBS-кривые? Чем они отличаются? Как практически построить на компьютере кривую гладкостью второго порядка, имеющую в заданных точках заданные касательные и радиусы кривизны?

И вообще, что такое радиус кривизны? Кажется, мы это где-то проходили. Или что такое векторная функция скалярного аргумента, которую в учебнике называют страшным словом «годограф»? Да как вообще такое возможно – аргумент скалярный, а функция векторная? А ведь еще есть поверхность Кунса и другие составные поверхности. Как спроектировать отсек поверхности, чтобы он гладко сопрягался с соседними поверхностями? Какие есть способы формирования поверхностей, кроме кнопки loft, предназначенной вовсе не для конструктора-проектировщика?

Список вопросов очень велик. На них надо не просто отвечать определениями из Википедии, а давать студенту живые геометрические примеры и решать конкретные конструкторские задачи по проектированию линий и поверхностей с использованием графоаналитических инструментов, разработанных в компьютерной графике за очень небольшое время ее существования.

Конечно, если мы готовим юзеров, то вполне достаточно показать кнопку, где написано «сплайн» или «кривая Безье». Учащийся это четко поймет, и на вопрос, что такое сплайн, немедленно ответит, что это кнопка, которая чертит красивую кривую через указанные им, студентом, точки. Разве это плохой результат обучения? Это очень хороший результат учебного процесса. Это компетенция, востребованная в его будущей профессиональной деятельности.

Но чтобы не просто пользоваться, а еще и немного понимать, чем мы пользуемся, надо заглянуть под кнопку. Разумеется, если мы используем ПК для моделирования болтов с ювелирно выполненной в 3D строго по стандарту метрической резьбой вместе со сбегом, недорезом, фасками, галтелями и прочими аксессуарами, то под кнопки заглядывать не надо. Если же мы намерены предложить студенту базовые, фундаментальные геометрические знания, а не только специаль-

ные приемы 3D-моделирования в версии Solid-2013 или «Компас-16», то должны объяснить, что сплайн – это не просто значок на панели инструментов.

Да, студенты изучают и аналитическую геометрию, и векторную алгебру, и анализ, и информатику, и основы программирования. Но все это происходит в совершеннейшем отрыве одно от другого и вообще от всего. И в первую очередь – в отрыве от геометрии. Кажется, назрела потребность в полноценном учебнике компьютерной графики, в котором будут не только ответы на поставленные выше вопросы, но и примеры реального моделирования кусочно-гладких двумерных и трехмерных обводов, и самые разные конструкторские задачи, и задания для самостоятельной работы.

Задание 1. Векторная параметризация кубической параболы

Требуется провести алгебраическую кривую $y = f(x)$, касающуюся единичных векторов \mathbf{T}_0 , \mathbf{T}_1 в указанных точках P_0 , P_1 (рис. 1). Найти ее уравнение (здесь и далее жирным шрифтом выделены векторы).

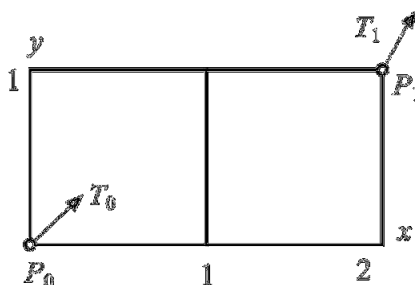


Рис. 1. Исходные данные к заданию 1

С помощью кнопки «сплайн с заземленными концами» мы немедленно начертим искомую кривую. Но кнопка не дает уравнение кривой. К тому же задача так проста, что для ее решения не нужна составная кривая. Мы сумеем найти кривую, описываемую одним алгебраическим уравнением.

Прямая, соединяющая данные точки, не годится. Значит, надо повышать порядок искомой кривой. Будем ее искать среди кривых второго порядка (КВП). Множество КВП на плоскости пятипараметрично. Четыре геометрических условия выделяют из множества КВП однопараметрическое семейство кривых. Следовательно, задача не только

вполне разрешима среди множества КВП, но даже допускает указание еще одного условия. Например, можно указать промежуточную точку конструируемой кривой, после чего построить кривую методом инженерного дискриминанта.

Задача решена, но при этом возникли две проблемы. Во-первых, найти уравнение КВП в заданной системе декартовых координат довольно хлопотно. Впрочем, можно применить программу «Компьютерный коникограф», которая немедленно укажет численные значения коэффициентов канонического уравнения начерченной КВП и ее положение в заданной системе координат. Другая проблема связана с геометрией искомой кривой. Дело в том, что нам назначили направление движения от P_0 к P_1 , указав касательные векторы T_0 , T_1 . С помощью КВП это требование невыполнимо: выходя из P_0 в направлении T_0 , мы придем в точку P_1 против направления T_1 . Значит, от КВП, как и от кнопочного сплайна, также придется отказаться. Приходится искать ответ среди кривых третьего порядка.

Общее уравнение кубической кривой приводится к одной из четырех канонических форм, среди которых наиболее привлекательно выглядит кубическая парабола:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3. \quad (1)$$

В чем ее преимущество? Во-первых, простота. Среди алгебраических кривых самой простой является, конечно, прямая линия, затем КВП, затем кубическая парабола. Кривая (1) замыкает тройку самых простых алгебраических кривых. Другое, гораздо более важное преимущество кубической параболы перед КВП, состоит в наличии у нее точки перегиба, т.е. точки с нулевой кривизной, что, собственно, и привело к широким приложениям этой замечательной кривой в проектировании.

Кубическая парабола настолько важна в вычислительной геометрии и компьютерной графике, что следует подробнее рассмотреть ее строение. Уравнение (1) преобразуется к виду

$$y = a(x^3 - px) \quad (2)$$

параллельным переносом системы координат xu . На этом свойстве основано вычисление корней кубического уравнения по формуле Кардано. Уравнение (2) описывает двухпараметрическое семейство кривых. Изменение параметра a эквивалентно аффинному растяжению вдоль оси y

с неподвижной прямой x (масштабирование по y). Параметр p определяет форму кривой. При отрицательном значении p получаем кривую без экстремумов с ненулевой первой производной в точке перегиба. При $p = 0$ кривая (2) имеет в точке перегиба горизонтальную касательную (производная равна нулю). При положительных значениях p получаем кривую с двумя экстремумами (рис. 2).

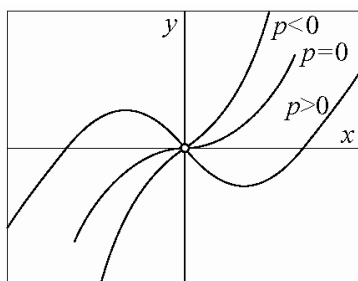


Рис. 2. Кубическая парабола

Подсчитаем число степеней свободы кубической параболы. Поворачивая двухпараметрическое множество кривых (2) около начала координат, получаем трехпараметрическое семейство парабол с общей точкой перегиба. Произвольно перемещая это семейство по плоскости, получаем ∞^2 трехпараметрических множеств. Следовательно, множество кубических парабол пятипараметрично. Иначе говоря, кубическая парабола на плоскости имеет пять степеней свободы.

Здесь надо особо отметить, что уравнение (1), записанное в фиксированных декартовых координатах x, y , не разрешает поворот. Все параболы вида (1) имеют оси, параллельные осям координат x, y . Поэтому уравнение (1) описывает ∞^4 парабол. Парабола вида (1) имеет не пять, а всего четыре степени свободы.

Это ограничение свободы не затрудняет выполнение задания, поскольку в нем на искомую кривую наложено именно 4 условия. Поэтому будем искать решение в форме (1). Подставляя в (1) координаты концевых точек P_0, P_1 , получаем два линейных уравнения относительно неизвестных коэффициентов. Дифференцируя и подставляя известные значения производных на концах участка, получаем еще два уравнения. Все в порядке. Четыре линейных уравнения связывают четыре неизвестных коэффициента. После вычисления коэффициентов уравнения (1) студент вычерчивает на компьютере кривую. Задание выполнено. Решение единственное.

Но именно это обстоятельство (единственность решения) настаивает. Конструктору, как правило, нужен выбор, вариативность решения. К тому же множество кубических парабол на плоскости, как мы показали, пятипараметрично. Значит, указание четырех условий должно оставлять нам богатый выбор кубических парабол, а мы нашли только одну. Где остальные?

На этот вопрос нетрудно ответить. Представив уравнение параболы в канонической форме (1), мы фактически запретили поворот осей, т.е. забрали у искомой кривой одну степень свободы. Вернем ее, записав уравнение (1) не в бетонных декартовых координатах, а в «подвижной» векторной параметризованной форме:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1 t + \mathbf{a}_2 t^2 + \mathbf{a}_3 t^3. \quad (3)$$

Уравнение (3) задает векторную функцию \mathbf{r} скалярного параметра t . Преподавателю придется потрудиться, объясняя геометрический смысл этого уравнения. Придется объяснить, почему парабола (3) обладает пятью степенями свободы, хотя независимых векторных коэффициентов \mathbf{a}_i при скалярной переменной t всего лишь четыре. Причина в том, что в результате учета граничных условий появляются так называемые «весовые коэффициенты». Их не видно в уравнении (3), они пока «спрятаны» в векторах \mathbf{a}_i . Конечно, если мы наложим на кривую пять условий, то никаких степеней свободы у параболы не останется. Весовых коэффициентов не будет. Но в рассматриваемом задании дано 4 граничных условия – концевые точки P_0, P_1 и касательные векторы в этих точках, поэтому в процессе решения обязательно появится пара весовых коэффициентов, вариативность которых доставляет пятую степень свободы. Это означает, что имеется ∞^1 кубических парабол с заземленными концами, удовлетворяющих условиям задания.

Вернемся к заданию. Введем в рассмотрение единичные орты \mathbf{i}, \mathbf{j} , совместив их с осями координатной системы x, y , в которой были даны граничные условия. Будем считать, что параметр t меняется от 0 в точке $P_0(x_0, y_0)$ до единицы в точке $P_1(x_1, y_1)$. Тогда при $t = 0$ (в точке P_0) имеем

$$\mathbf{r}(0) = \mathbf{a}_0 = x_0 \mathbf{i} + y_0 \mathbf{j}. \quad (4)$$

При $t = 1$ (в точке P_1) получаем:

$$\mathbf{r}(1) = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3 = x_1 \mathbf{i} + y_1 \mathbf{j}. \quad (5)$$

Дифференцируя (3), находим производную векторной функции \mathbf{r} по скалярному аргументу t :

$$\mathbf{r}'(t) = \mathbf{a}_1 + 2\mathbf{a}_2t + 3\mathbf{a}_3t^2. \quad (3')$$

Здесь следует остановиться и сделать пояснения. В (3') нам придется подставлять граничные условия. Они заданы. Но производная векторной функции – вектор! Вектор имеет направление и модуль. Направление этого вектора мы знаем: оно задано на концах искомой кривой единичными касательными векторами $\mathbf{T}_0, \mathbf{T}_1$. Но чему равны модули этих векторов?

Мы не будем здесь рассматривать отличие производных скалярной и векторной функций. Это отличие обязательно надо объяснить студентам, хотя, разумеется, они это «проходили» на уроках математики, но либо прошли мимо, либо забыли. Это материал первого семестра. Просто согласимся с тем, что поскольку мы пока еще не нашли искомую кривую, то и ее производные в граничных точках пока не вполне известны. Направления $\mathbf{T}_0, \mathbf{T}_1$ этих производных знаем, а модули нет. Ограничимся тем, что обозначим неизвестные модули $|\mathbf{r}'(0)| = \alpha_0$ и $|\mathbf{r}'(1)| = \alpha_1$ и временно причислим их к неизвестным.

С учетом принятых обозначений можно записать еще два условия, налагаемые на коэффициенты кривой (3):

$$\mathbf{r}'(0) = \mathbf{a}_1 = \alpha_0\mathbf{T}_0, \quad (6)$$

$$\mathbf{r}'(1) = \mathbf{a}_1 + 2\mathbf{a}_2 + 3\mathbf{a}_3 = \alpha_1\mathbf{T}_1. \quad (7)$$

Таким образом, получены четыре уравнения (4...7), в которые входят четыре неизвестных векторных коэффициента $\mathbf{a}_0 \dots \mathbf{a}_3$ и две скалярные величины α_0, α_1 , которые называют «весовыми коэффициентами». Собственно, геометрический смысл весовых коэффициентов вполне понятен: с увеличением веса α_0 конструируемая парабола «теснее» прилегает к направлению касательного вектора \mathbf{T}_0 в начальной точке P_0 , а при увеличении α_1 – к вектору \mathbf{T}_1 в точке P_1 , т.е. изменение α_0, α_1 изменяет кривизну конструируемого обвода в точках P_0, P_1 . Поэтому весовые коэффициенты α_0, α_1 не надо определять из системы уравнений (4...7). Да это и невозможно, потому что уравнений четыре, а неизвестных шесть. Коэффициенты α_0, α_1 – это параметры, управляющие формой («полнотой») конструируемой линии.

Далее студенту предстоит выполнить рутинные, но требующие внимания алгебраические преобразования, чтобы извлечь из (4...7) коэффициенты $\mathbf{a}_0 \dots \mathbf{a}_3$. Он получит следующий результат:

$$\mathbf{a}_0 = x_0\mathbf{i} + y_0\mathbf{j},$$

$$\mathbf{a}_1 = i\alpha_0\cos\delta_0 + j\alpha_0\sin\delta_0,$$

$$\mathbf{a}_2 = (3\Delta x - 2\alpha_0\cos\delta_0 - \alpha_1\cos\delta_1)\mathbf{i} + (3\Delta y - 2\alpha_0\sin\delta_0 - \alpha_1\sin\delta_1)\mathbf{j},$$

$$\mathbf{a}_3 = (\alpha_0\cos\delta_0 + \alpha_1\cos\delta_1 - 2\Delta x)\mathbf{i} + (\alpha_0\sin\delta_0 + \alpha_1\sin\delta_1 - 2\Delta y)\mathbf{j}.$$

Здесь использованы обозначения $\Delta x = x_1 - x_0$, $\Delta y = y_1 - y_0$, δ_0 и δ_1 – углы наклона касательных векторов \mathbf{T}_0 , \mathbf{T}_1 к оси x . Подставляя сюда конкретные числовые значения величин x_0 , y_0 , Δx , Δy , δ_0 , δ_1 , получаем зависимость векторов $\mathbf{a}_0 \dots \mathbf{a}_3$ от весовых коэффициентов α_0 , α_1 . Любое сочетание весовых коэффициентов α_0 , α_1 индуцирует уравнение кубической параболы в форме (3), удовлетворяющей заданным граничным условиям. Параметр t изменяется в диапазоне от 0 (точка P_0) до единицы (точка P_1).

Теперь перед преподавателем встает очередная задача – надо объяснить, что два варьируемых весовых коэффициента дают не двухпараметрическое, а всего лишь однопараметрическое множество парабол. Возьмем произвольное значение α_0 , например $\alpha_0 = 3$. Меняя α_1 , получаем однопараметрическое семейство g_1 парабол (3), примерно одинаково прилегающих к \mathbf{T}_0 в точке P_0 , но с различным усердием прилегающих к вектору \mathbf{T}_1 в точке P_1 . Теперь фиксируем произвольное значение α_1 , например $\alpha_1 = 5$, и меняем α_0 . Получаем другое однопараметрическое семейство парабол g_0 . Очевидно, парабола с весовыми коэффициентами $\alpha_0 = 3$, $\alpha_1 = 5$ – общая для семейств g_1 и g_0 . И вообще, любой паре весовых коэффициентов α_0 , α_1 в семействах g_1 и g_0 отвечает общая парабола. Следовательно, g_1 и g_0 – одно и то же множество. Тожественное совпадение двух однопараметрических множеств дает однопараметрическое множество. Варианты обвода для трех сочетаний весовых коэффициентов представлены на рис. 3.

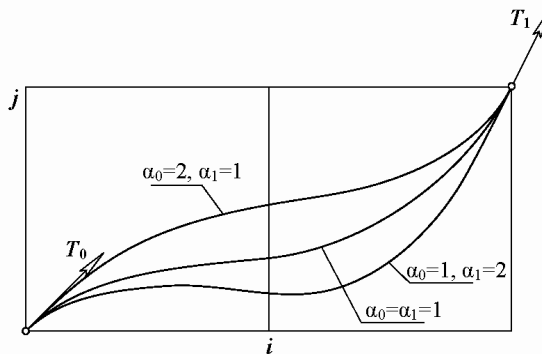


Рис. 3. Кривые Эрмита

Конечно, мало найдется таких студентов-ботаников, которые осияют все эти «если – следовательно». Но, выполняя задание 1, кое-чему научится самый средний студент, а может быть, даже и преподаватель, так далеко ушедший в инновационных методиках преподавания на принципиально новый уровень, что слегка подзабыл алгебру, а заодно и геометрию.

Осталось отметить, что (3) – это кубическая параметрическая кривая в форме Фергюсона (1963 г.). С нее началось эффективное развитие компьютерных методов проектирования [3]. Кубическую параболу, построенную в первом задании по двум точкам и векторным производным в этих точках, называют кубической кривой Эрмита, по аналогии с интерполяционным полиномом Эрмита, для расчета коэффициентов которого используются значения функции и ее производных в заданных точках [4].

Задание 2. Алгебраический сплайн второго порядка гладкости

Задание 2 почти полностью совпадает с заданием 1, но с небольшим отличием. Требуется не просто провести гладкую кривую, касающуюся единичных векторов T_0, T_1 в указанных точках P_0, P_1 , но эта кривая должна пройти через некоторую промежуточную управляющую точку R . Иначе говоря, на искомую кривую наложено не четыре, как в первом задании, а пять условий.

На помощь сразу приходит способ инженерного дискриминанта. Через три точки P_0, P_1, R с указанными в двух точках касательными проходит единственная КВП. Ее недостаток тот же, что в задании 1, – не обеспечивается заданное направление касательных векторов. Отказываемся.

Возвращаемся к кубической параболе в форме (3). Однопараметрическое множество парабол (3) с заделкой концов покрывает всю плоскость. Но выделить искомую кривую, найти весовые коэффициенты α_0, α_1 параболы, проходящей через конкретную точку R , будет непросто. Эта нетривиальная задача приведет нас к громоздким алгебраическим манипуляциям.

Вернемся к кубической параболе:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (1')$$

в привычных декартовых координатах. Конечно, она не слишком подвижна, у нее фиксированное направление осей, вследствие чего она имеет лишь четыре степени свободы. Для решения нашей задачи этого

явно недостаточно, поскольку мы требуем выполнения пяти условий. Попробуем составить искомую кривую из двух кубических парабол.

Запишем уравнения участков $y = P_0R$ и $y = RP_1$ в виде:

$$y = a_1x^3 + b_1x^2 + c_1x + d_1, \quad (8)$$

$$y = a_2x^3 + b_2x^2 + c_2x + d_2. \quad (9)$$

Для определения неизвестных коэффициентов a_i, b_i используем граничные условия на концах $P_0 (x_0, y_0)$, $P_1 (x_1, y_1)$ конструируемой кривой, а также условия равенства координат и производных в стыковой точке $R (x_R, y_R)$.

В точке P_0 имеем:

$$y_0 = a_1x_0^3 + b_1x_0^2 + c_1x_0 + d_1, \quad (10)$$

$$y'(x_0) = \operatorname{tg}\delta_0 = 3a_1x_0^2 + 2b_1x_0 + c_1, \quad (11)$$

где δ_0 – угол наклона касательной в точке P_0 . В точке P_1 имеем условия:

$$y_1 = a_2x_1^3 + b_2x_1^2 + c_2x_1 + d_2, \quad (12)$$

$$y'(x_1) = \operatorname{tg}\delta_1 = 3a_2x_1^2 + 2b_2x_1 + c_2, \quad (13)$$

где δ_1 – угол наклона касательной в точке P_1 .

В стыковой точке $R (x_R, y_R)$ должны быть равны «левые» и «правые» первые и вторые производные:

$$6a_1x_R + 2b_1 = 6a_2x_R + 2b_2, \quad (14)$$

$$3a_1x_R^2 + 2b_1x_R + c_1 = 3a_2x_R^2 + 2b_2x_R + c_2. \quad (15)$$

Значения самих функций в точке R должны быть равны заданным:

$$a_1x_R^3 + b_1x_R^2 + c_1x_R + d_1 = y_R, \quad (16)$$

$$a_2x_R^3 + b_2x_R^2 + c_2x_R + d_2 = y_R. \quad (17)$$

Таким образом, для определения восьми неизвестных коэффициентов в уравнениях (8, 9), описывающих составную кривую второго порядка гладкости, получаем восемь линейных уравнений (10...17). Подставляя в эти уравнения заданные численные значения граничных условий $x_0, y_0, x_1, y_1, \operatorname{tg}\delta_0, \operatorname{tg}\delta_1$ и координаты промежуточной точки x_R, y_R , получаем систему восьми линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно неизвестных коэффициентов a_i, b_i . Очевидно, ее решение «вручную» на калькуляторе нецелесообразно, да практически и невоз-

можно. Обращаемся в программу Mathcad, где для решения СЛАУ используется команда `lsolve`. Например, при граничных условиях $x_0 = 0$, $y_0 = 0$, $x_1 = 2$, $y_1 = 1$, $\text{tg}\delta_0 = 1$, $\text{tg}\delta_1 = 2$ и координатах управляющей точки $x_R = 1$, $y_R = 0.5$ получается обвод, состоящий из двух парабол $y = -0.5x^2 + x$ (при изменении x от 0 до 1) и $y = x^3 - 3.5x^2 + 4x - 1$ (при изменении x от 1 до 2). Первый участок при рассматриваемом частном сочетании граничных условий вырождается в квадратичную параболу. В узловой точке R обеспечено соприкосновение второго порядка гладкости (рис. 4, а).

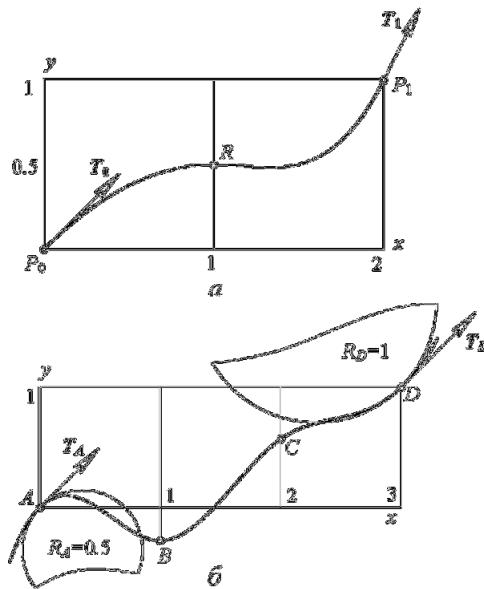


Рис. 4. Динамическое сопряжение двух окружностей

Очень важно, чтобы студент не просто теоретически решил задачу построения обвода, но довел решение до числа, до уравнения, до графика. Только тогда это будет инженерное, конструкторское решение. Только тогда у него возникнет естественный вопрос: а если управляющих точек будет не две, а три? Ведь это приводит к определителям с размером не 8, а уже 12. Это еще терпимо. А если 10 или 20 точек? Какие же будут определители? И какова будет точность их вычисления? Только с этого момента, с момента появления вопросов, с момента большого непонимания начинается процесс обучения.

Только после самостоятельного выполнения какого-нибудь простенького задания по моделированию обводов можно будет рассказать о сплайнах, о трехдиагональных матрицах и методе прогонки, о про-

граммных средствах для их реализации. А заранее отвечать на незадаанные вопросы бесполезно.

Это сложно? Да, сложно. Сложно и для студентов, и для преподавателей, которые немедленно укажут, что эти компетенции (например, знание анатомии сплайна) не востребованы в будущей профессиональной деятельности инженера-конструктора. А поскольку не востребованы, то и учить не надо. Спокойнее и проще заниматься востребованным трехмерным моделированием.

А как хороша начерталка в 3D! Ведь это чудо. Мечта Гаспара Монжа осуществилась. Все так наглядно. На Западе давно не чертят. Возьмите, например, новейший западный учебник геометрии [5]. Это третье издание, т.е. он востребован. И очень толст. Ни единого чертежа! Ни одного! Цветные картинки и фотографии. Нет там проекционных чертежей. Вдруг студент не поймет? Например, у него плоховато с объемным восприятием. А мы его обидим чертежами. Надо быть терпимее, толерантнее. Показал студенту геликоид в 3D. Понял, что такое геликоид? Молодец. Теперь сделай сам. Видишь вот эту кнопку? Нажми, не бойся. Появится спираль. И так далее. К концу урока получится геликоид.

А инженерная графика! Какие чертежи, какие проекции? Забудьте. Не востребованы. Теперь все в 3D. Безбумажная и безчертежная технология. Вращать, выдавить, обрезать, лофтировать, отрендерить. Красота! Руководство одобряет 3D, ректор технического вуза запрещает ручное черчение! Ну и хорошо, начальство лучше знает. Электронная модель изделия! Ярко, современно, инновационно!

Эти «инновации», сводящиеся, по сути, своей к замене всей ГПП трехмерным моделированием, безнадежно устарели и стали серьезным препятствием на пути образовательного процесса. Ну когда, наконец, мы поймем, что нельзя сводить ГПП к бесконечному 3D-моделированию фитингов?

Задание 3. Обвод с заданной кривизной в конечных точках

Снова вернемся к заданию 1, но усилим граничные условия. Пусть требуется провести обвод с заданными касательными в точках $A(x_A, y_A)$, $D(x_D, y_D)$, имеющий в этих точках заданную кривизну. Найти уравнения участков обвода.

Будем искать решение среди кубических парабол. Очевидно, не существует кубической параболы, удовлетворяющей заданным услови-

ям. Действительно, на искомую кривую наложено шесть условий (две точки, две касательные, две окружности кривизны), а у кубической параболы всего 5 степеней свободы. Как быть?

Попробуем составить обвод из двух дуг кубических парабол вида (1). При этом следует учесть, что парабола (1) жестко привязана к декартовой системе координат, поэтому у нее всего 4 степени свободы. Нетрудно видеть, что задача не решается двумя параболой. Действительно, на первый участок наложены условия прохождения через P_0 (минус одна степень свободы), задано направление касательной в точке P_0 (минус еще одна степень свободы), задана кривизна (отнимаем еще одну степень свободы), т.е. простое выполнение граничных условий в начальной точке обвода оставляет первому участку всего одну степень свободы. То же самое относится ко второму участку. В результате остаются всего две степени свободы, с помощью которых невозможно гладко состыковать участки обвода с общим кругом кривизны в точке стыка.

Для решения задачи есть несколько вариантов. Можно, например, продолжать поиск среди кубических кривых, но перейти к кубическим кривым общего вида, обладающим девятью степенями свободы. Этого нам точно хватит.

Можно остаться в «классе» парабол, но повысить размерность и искать ответ в виде параболы 4-го порядка: $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4$. Такая парабола содержит 5 коэффициентов, т.е. 5 степеней свободы в декартовых координатах. Если записать ее в параметризованной форме, как мы это сделали с кубической параболой, перейдя от (1) к (3), то парабола 4-го порядка будет иметь ровно шесть степеней свободы, что совпадает с числом условий задания 3, т.е. мы получим единственное решение. А если оно нас по каким-либо причинам не устроит? Где брать управляющие параметры?

Искомая кривая может быть найдена на основе свойств криволинейных преобразований плоскости с совмещенными F-точками [6]. Этот вариант решения настолько интересен и имеет столько практических приложений, что заслуживает отдельного учебного пособия в рамках курса инженерной графики.

Не будем переходить к кубическим кривым общего вида, не будем повышать порядок, не будем использовать конструктивный аппарат центральных криволинейных инволюций. Возьмем старую добрую параболу (1), но увеличим число интервалов. Введем в рассмотрение промежуточные точки $B(x_B, y_B)$, $C(x_C, y_C)$. Это допускается при условии, что

в стыковых точках B, C будет обеспечена гладкость второго порядка. Получаем три дуги AB, BC, CD , каждая из которых описывается уравнением вида (1).

Таким образом, ищем решение в виде:

$$\text{дуга } AB: y = a_1x^3 + b_1x^2 + c_1x + d_1 \text{ при } [x_A, x_B], \quad (18)$$

$$\text{дуга } BC: y = a_2x^3 + b_2x^2 + c_2x + d_2 \text{ при } [x_B, x_C], \quad (19)$$

$$\text{дуга } CD: y = a_3x^3 + b_3x^2 + c_3x + d_3 \text{ при } [x_C, x_D]. \quad (20)$$

Обвод (18...19) обладает двенадцатью степенями свободы. Далее мы увидим, что этого достаточно для выполнения задания 3. Управление формой обвода обеспечивается (в небольших пределах) изменением координат x_B, x_C узловых точек B, C .

Для определения неизвестных коэффициентов a_i, b_i, c_i, d_i следует составить 12 уравнений. В эти уравнения войдут как граничные условия в конечных точках A, D , так и условия гладкой стыковки в узлах B, C . При подстановке конкретных числовых значений надо учитывать знак кривизны: в декартовых координатах кривая «выпуклостью вверх» имеет отрицательную кривизну. Приступаем к составлению уравнений.

В точке A имеем:

$$y_A = a_1x_A^3 + b_1x_A^2 + c_1x_A + d_1, \quad (21)$$

$$y'_A = 3a_1x_A^2 + 2b_1x_A + c_1, \quad (22)$$

$$y''_A = 6a_1x_A + 2b_1. \quad (23)$$

Здесь y_A, y'_A, y''_A – граничные условия в точке A .

В узловой точке B имеем условия сопряжения участков AB и BC :

$$y = a_1x_B^3 + b_1x_B^2 + c_1x_B + d_1 = a_2x_B^3 + b_2x_B^2 + c_2x_B + d_2, \quad (24)$$

$$y' = 3a_1x_B^2 + 2b_1x_B + c_1 = 3a_2x_B^2 + 2b_2x_B + c_2, \quad (25)$$

$$y'' = 6a_1x_B + 2b_1 = 6a_2x_B + 2b_2. \quad (26)$$

В узловой точке C записываем условия сопряжения участков BC и CD :

$$y = a_2x_C^3 + b_2x_C^2 + c_2x_C + d_2 = a_3x_C^3 + b_3x_C^2 + c_3x_C + d_3, \quad (27)$$

$$y' = 3a_2x_C^2 + 2b_2x_C + c_2 = 3a_3x_C^2 + 2b_3x_C + c_3, \quad (28)$$

$$y'' = 6a_2x_C + 2b_2 = 6a_3x_C + 2b_3. \quad (29)$$

В точке D имеем граничные условия:

$$yD = a3xD^3 + b3xD^2 + c3xD + d3, \quad (30)$$

$$y'D = 3a3xD^2 + 2b3xD + c3, \quad (31)$$

$$y''D = 6a3xD + 2b3. \quad (32)$$

Получено ровно двенадцать уравнений (21...32) для определения двенадцати неизвестных коэффициентов ai , bi , ci , di в математической модели (18...20) конструируемого трехзвенного обвода $ABCD$. Для решения СЛАУ (21...32) используем команду `Isolve` пакета `Mathcad`. Например, при значениях граничных условий $x_A = y_A = 0$, $x_D = 3$, $y_D = 1$, $y'_A = y'_D = 1$, $y''_A = -5,656854$ (радиус кривизны $RA = 0.5$, «выпуклостью вверх»), $y''_D = 2,828427$ (радиус кривизны $RD = 1$, «выпуклостью вниз») получен обвод, представленный на рис. 4, б. Найденный обвод, несмотря на свой лихой вид, удовлетворяет всем условиям задания 3. Управлять его формой можно лишь посредством изменения координат x_B , x_C узловых точек.

Заключение

Предлагается ввести в курс инженерной компьютерной графики задание «Плоские обводы», направленное на изучение элементарных расчетно-геометрических способов моделирования линий с заданными динамическими свойствами.

Список литературы

1. Иванов Г.С. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1995. – 224 с.
2. Иванов Г.С., Котов И.И., Якунин В.И. Учебное пособие по начертательной геометрии на базе ЭВМ. Обводы точек на плоскости. – М.: Изд-во МАИ, 1977. – 53 с.
3. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве. – М.: Мир, 1982. – 304 с.
4. Короткий В.А. Начертательная геометрия: конспект лекций / И.В. Буторина, В.А. Короткий, Л.И. Хмарова. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2014. – 191 с.
5. Glaeser G. Geometrie und ihre Anwendungen in Kunst, Natur und Technik. – Springer Spektrum, 3. Auflage, 2014. – 508 p.
6. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

**Кочурова Людмила Владимировна,
Кузнецова Людмила Александровна,
Столбов Олег Валерьевич,
Столбова Ирина Дмитриевна**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Обсуждаются проблемы создания системы автоматизированного контроля качества графической подготовки студентов, а также опыт использования автоматизированного контроля на кафедре «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ПНИПУ.

Ключевые слова: автоматизированный контроль, геометро-графическая подготовка, мониторинг образовательных результатов.

MONITORING OF THE QUALITY OF GRAPHICAL TRAINING ON THE BASIS OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM

**Kochurova Lyudmila Vladimirovna,
Kuznetsova Ludmila Alexandrovna,
Stolbov Oleg Valerievich,
Stolbova Irina Dmitrievna**

Perm National Research Polytechnic University

The problems of creating a system for automated quality control of students' graphic training, as well as the experience of using automated control at the Department of Design, Graphics and Descriptive Geometry are discussed.

Keywords: automated control, geometry and graphic preparation, monitoring of educational results.

В настоящее время образовательный процесс опирается на широкие возможности информационно-коммуникационных технологий, при использовании которых передача, хранение и воспроизведение учебной информации создают возможности становления нового качества теории и практики обучения. Кроме того, педагог может управлять процессом обучения, создавая оптимально гибкие программы изучения предметного курса, доступные во времени и пространстве, индивидуально подходящие каждому обучаемому. Управление образова-

тельным процессом строится на основании **контроля результатов обучения**, которых достигают обучаемые на различных этапах предметного обучения [1, 2].

В условиях действующих ФГОС ВО прослеживается тенденция к сокращению аудиторных часов на освоение предметной области и одновременно усиливается внимание к самостоятельной работе студентов. Как показывает практика, сегодня эффективной становится организация процесса обучения и контроля достигаемых результатов обучения, основывающаяся на комплексном сочетании традиционного очного обучения с возможностями сетевых (дистанционных) образовательных технологий. При таком подходе учебный процесс предусматривает наличие ряда сетевых образовательных модулей с интегрированной в них балльно-рейтинговой системой оценивания текущих образовательных результатов, достигаемых студентами. Современная молодежь адаптирована к широкому использованию информационно-коммуникационных технологий и легко встраивается в такую форму освоения предметной области [3].

В настоящей статье рассматривается вопрос организации контролирующего компонента образовательного процесса, использующего возможности информационных технологий, при изучении дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика». Авторы оценивают многолетний опыт использования системы автоматизированного контроля качества графической подготовки (САК КГП) студентов ПНИПУ и представляют современные возможности по мониторингу качества образовательной деятельности кафедры ДГНГ.

Современный уровень развития информационно-коммуникационных технологий позволяет автоматизировать процесс контроля достигаемых результатов на всех стадиях обучения. Несмотря на свои существенные положительные и некоторые отрицательные стороны [1], автоматизированное тестирование, являясь наиболее формализованным по сравнению с другими методами контроля, обеспечивает ряд безусловных преимуществ [4], в числе которых:

- ◆ высокая степень стандартизации;
- ◆ объективность оценки результатов;
- ◆ удобная количественная форма выражения результатов;
- ◆ высокая скорость обработки результатов;
- ◆ единство требований ко всем обучаемым.

Кафедра «Дизайн, графика и начертательная геометрия» Пермского национального исследовательского университета занимается автоматизацией контроля обученности студентов в ходе графической подготовки более полутора десятков лет. В ходе этой работы наблюдалось несколько этапов. Первый этап связан с разработкой и адаптацией к образовательному процессу электронного экзаменатора (ЭЭ) проверки знаний по графическим дисциплинам, который был зарегистрирован в Российском агентстве по патентам и товарным знакам [5, 6]. Опыт использования ЭЭ показал положительные результаты тестовой оценки качества обучения в сравнении с традиционными, основными из которых являются объективность оценки и снижение времени контролирующего процесса без потери качества.

Формулирование вопросов и ответов по различным разделам дисциплины представляло достаточно трудоемкий процесс, так как содержание контролируемых процедур должно способствовать решению одной из важнейших проблем обучения – формированию понятийного и терминологического аппарата. К формулировке вопросов предъявляются следующие требования [4]:

- ◆ однозначность. Краткая формулировка задания должна исчерпывающим образом разъяснять поставленную перед испытуемым задачу;
- ◆ простота. Вопросы и ответы на них должны иметь сложность, позволяющую провести анализ ответов и найти правильный за 1–2 мин;
- ◆ определенность. Формулировки заданий и ответы должны быть ясными и краткими, не должны иметь двойных толкований и тем более ловушек.

Графические контенты на первом этапе использовались только в тексте вопросов. Но мы старались исключить «угадайку», когда нужно определить только один правильный ответ из предложенных. В ЭЭ были предусмотрены вопросы, требующие «множественных ответов» (тип «многие из многих»), а также оценка подсчитывалась с учетом штрафных баллов, когда за неверный ответ начисляются баллы со знаком «минус». При таком оценивании, как показывает практика, при попытке угадывания ответов некоторые студенты при тестовом испытании получали даже отрицательную оценку, что вызывало «уважительное» отношение к тестовой системе и стимулировало к получению знаний.

Современная модернизация автоматизированного контроля связана с компетентностной парадигмой обучения, необходимостью ранжи-

рования уровня подготовленности студентов, что, в свою очередь, требует наличия заданий разного уровня сложности [1]. Дополнительно нам хотелось разнообразить типы вопросов, использовать графические контенты не только в вопросах, но и ответах. Кроме того, насущной также являлась автоматизация данных мониторинга по успеваемости студентов и выработке корректирующих воздействий на сложившуюся ситуацию в рамках графической подготовки на факультетах университета, в отдельных студенческих группах и успеваемости конкретного студента.

Обновление базы тестовых заданий ведется постепенно по всем модулям изучаемого курса. Обновляются также и сервисные программы обслуживания базы данных и проведения тестовых испытаний.

В настоящее время САК КГП используется во всех видах контроля, предусмотренных в рамках графической подготовки студентов как дневного, так и заочного обучения: во входном, текущем, рубежном и итоговом по дисциплине (по ФГОС ВО – промежуточном).

Неоднократно в рамках нашей конференции, а также публикаций в других изданиях обсуждался вопрос о неудовлетворительном состоянии графической подготовки в средней школе. В связи с этим при формировании траекторий обучения студентов необходимо учитывать различные начальные уровни подготовки и мотивацию первокурсников [7]. Это важно как для преподавателя, проводящего занятия в студенческой группе, так и для самого студента. С этой целью проводится входное тестирование, включающее проверку первоначальной подготовки обучаемых по следующим разделам: общие знания геометрии, развитие пространственного мышления, знания основ черчения.

Дальнейшее взаимодействие студентов с САК происходит как на аудиторных занятиях в соответствии с программой обучения, так и в дистанционном режиме самоподготовки, когда студент самостоятельно может оценить уровень освоения текущей темы изучаемого курса.

В настоящее время в САК КГП **текущий контроль** проводится в режиме самоконтроля по всем темам изучаемой дисциплины. Он выполняется студентами самостоятельно, содержит 3–5 вопросов по каждой конкретной теме и осуществляется на сайте кафедры через Интернет в любое время и с любого компьютера. Регулярный самоконтроль является предварительной подготовкой к **рубежному контрольному тестированию**, включающему комплексную оценку уровня подготовленности студента по ряду тем учебной дисциплины, входящих в со-

став определенного учебного модуля. Контрольное тестирование проводится по учебному графику в компьютерном классе, содержит 15 вопросов по всем темам модуля, которые подбираются в тестовом испытании случайным образом по разработанной формуле теста, учитывающей количество и сложность вопросов каждой из тем.

Итоговый контроль покрывает содержание курса в целом; его результаты служат основой для аттестации обучаемого по завершению дисциплинарного курса. Используется чаще всего для студентов заочной формы обучения или в случае конфликтной ситуации между преподавателем и студентом при аттестации студента по дисциплине.

САК КГП: назначение и структура

Система АК КГП позволяет выполнить ряд основных взаимосвязанных дидактических функций [1]:

- ◆ **диагностическая** – выявляет состояние знаний и умений обучающихся, фиксирует и локализует пробелы в знаниях;
- ◆ **оценочная** – определяет уровень обученности;
- ◆ **обучающая** – совершенствует знания путем систематизации, обобщения, коррекции;
- ◆ **организующая** – управляет процессом обучения на основе принятых форм и способов контроля;
- ◆ **воспитывающая** – формирует у обучающихся ответственность за результаты своего труда, стимулирует образовательную деятельность.

Основными продуктами САК КГП являются:

1. **Программа**, позволяющая формулировать вопросы и ответы разного уровня сложности, реализовывающая тестовые испытания различного типа, а также позволяющая производить текущий и углубленный анализ и статистическую обработку результатов проведенных тестовых испытаний.

2. **Информационная база данных**, которая состоит из двух частей: предметной части (вопросов и ответов по темам, модулям, дисциплине в целом) и информации о результатах тестирования (группах, студентах, пройденных тестах, полученных оценках, рекомендациях).

В состав САК КГП входят следующие программные модули:

- ◆ редактор базы данных, позволяющий готовить новую информацию и вносить изменения в имеющуюся;
- ◆ модуль «Формирование теста», который определяет количество вопросов теста, темы, разделы, сложность вопросов и порядок их выбора;

- ◆ модуль «Тестирование», обеспечивающий условия для проведения испытания;
- ◆ модуль «Ведомость», содержащий сведения о прошедших испытаниях по учебным группам и конкретно по каждому студенту: предложенные вопросы и выбранные варианты ответов, итоговый результат и оценку за тест.

В приложении к докладу после его текста приведены рисунки с общей структурой САК КГП и информационной базой данных.

Пользователи САК КГП имеют различный функционал работы с системой:

- ◆ **Системный администратор** организует доступ к САК КГП преподавателей и студентов, обучающихся на кафедре, систематизирует данные в базе данных, разрабатывает сервисные программы обслуживания базы данных и анализа результатов тестирования.

- ◆ **Преподаватель-администратор** дает экспертную оценку разработанным тестовым заданиям по теме; публикует вопросы для включения их в тестовые испытания; разрабатывает формулу тестового испытания для определенного вида контроля; консультирует преподавателей по использованию САК КГП в учебном процессе.

- ◆ **Преподаватель** использует разработанные тесты в учебном процессе, организует проведение тестовых испытаний в студенческих группах.

- ◆ **Студенты** участвуют в тестовых испытаниях в режиме самоконтроля и контрольных тестированиях по учебному расписанию.

Данные по результатам пройденных тестов хранятся в журналах студенческих групп.

В качестве примера в таблице приведены обновленные тесты, прошедшие опытную эксплуатацию при обучении студентов в 1-м семестре текущего учебного года. По каждому из осваиваемых моделей были подготовлены тематические тесты для самоконтроля обучаемых и контрольные тесты, оценивающие уровень подготовки по окончании учебного модуля. Тезаурус модульных областей охватывал ключевые понятия (дидактические единицы) в соответствии с программой обучения.

При подготовке тестовых заданий, что естественно для графических дисциплин, использовались рисунки как в тексте вопросов, так и для иллюстрации ответов. В разработанной базе данных использованы следующих **типы тестовых заданий**:

- ◆ выбор одного верного ответа;

- ◆ выбор нескольких правильных ответов из приведенного перечня;
- ◆ установление соответствия;
- ◆ установление последовательности.

Обновленные тесты

Номер модуля	Названия тестов	
	Рубежное тестирование	Самоконтроль по темам
1	Контрольное тестирование по теме «Точка, прямая, плоскость» (простейшие ГО и их взаимодействие между собой)	1. Тема: «Точка в системе плоскостей проекций» 2. Тема: «Прямая в системе плоскостей проекций» 3. Тема: «Плоскость в системе плоскостей проекций» 4. Тема: «Преобразование чертежа» 5. Тема: «Взаимное положение ГО»
2	Контрольное тестирование по теме «Поверхности» (образование поверхностей, их взаимодействие с плоскостями и с другими поверхностями)	1. Тема: «Определение поверхности» 2. Тема: «Общие сведения о поверхностях» 3. Тема: «Принадлежность ГО поверхности» 4. Тема: «Сечение поверхности плоскостью» 5. Тема: «Пересечение поверхностей»
3	Контрольное тестирование по теме «Изображения» (ГОСТ 2.305–68)	1. Тема: «Изображения – термины» 2. Тема: «Изображения – общие положения» 3. Тема: «Типы изображений» 4. Тема: «Изображения – компоновка по модели» 5. Тема: «Выполнение изображений на чертеже»

Для дифференциации уровня подготовленности студентов введены **уровни сложности тестовых заданий**. Первый уровень включает базовый контроль знаний по ключевым понятиям; для этого используются задания на выбор одного или нескольких ответов из приведенного списка. Второй уровень сложности предусматривает проверку знаний и умений; в данном случае используются задания типа «многие из многих» или установление соответствия. Третий уровень сложности предполагает комплексную проверку подготовки испытуемого и требует освоения некоторой совокупности образовательных результатов. В этом случае используются комплексные задание типа «многие из многих» на установление последовательности действий.

Опыт разработки тестовых заданий

На рис. 1 приведен фрагмент базы данных с перечнем разработанных тестовых испытаний по учебным модулям 1-го семестра обучения для самоконтроля обучаемых и контрольного тестирования по графику учебного процесса.

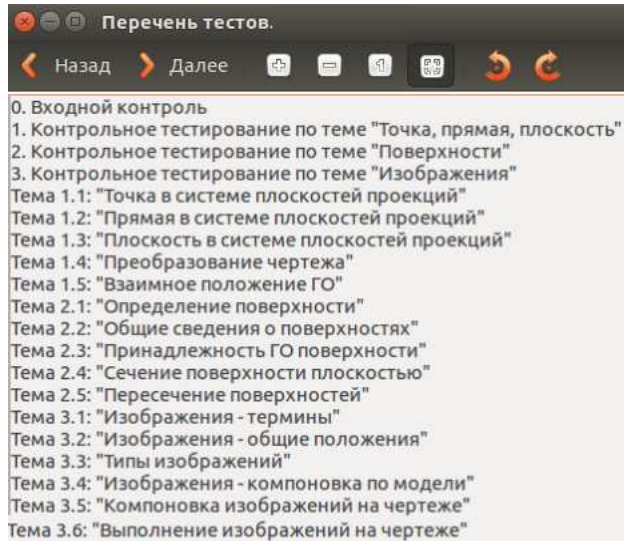


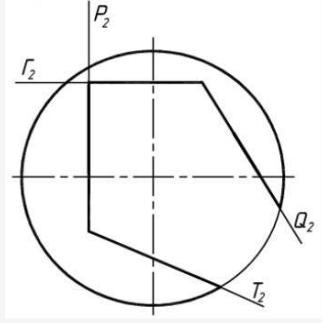
Рис. 1. Фрагмент базы данных с перечнем разработанных тестов

Ниже представлены примеры разработанных тестовых заданий, относящихся к представленной тематике. На рис. 2 и 3 приведены примеры тестовых заданий типа «один из многих» и «многие из многих». На рис. 4–6 приведены примеры разработанных тестовых заданий на соответствие. На рис. 7 приведен пример тестового задания на определение порядка действий.



Рис. 2. Пример задания по типу «один правильный ответ»

Определите правильность утверждений для построения выреза в сфере с помощью плоскостей Г, Р, Т и Q



Линиями сечений плоскостей Т и Q являются части эллипсов

Каждая из плоскостей выреза пересекает сферу по линиям, которые являются частями окружностей

Часть выреза, образованная плоскостью Г, проецируется на П1 в натуральную величину

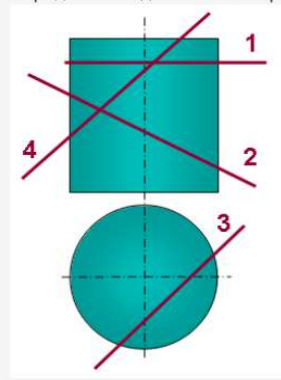
Часть выреза, образованная плоскостью Р, проецируется на П3 в виде дуг окружности

Часть выреза, образованная плоскостью Г, проецируется на П3 в виде прямой

Часть выреза, образованная плоскостью Р, проецируется на П1 в виде дуг окружности

Рис. 3. Пример задания по типу «множественные ответы»

Определите вид сечения поверхности прямого цилиндра для каждой из пронумерованных плоскостей



1

2

3

4

- эллипс
- прямые линии
- парабола
- окружность

Рис. 4. Пример тестового задания на соответствие по теме «Сечения поверхностей плоскостями» (1-й уровень сложности)

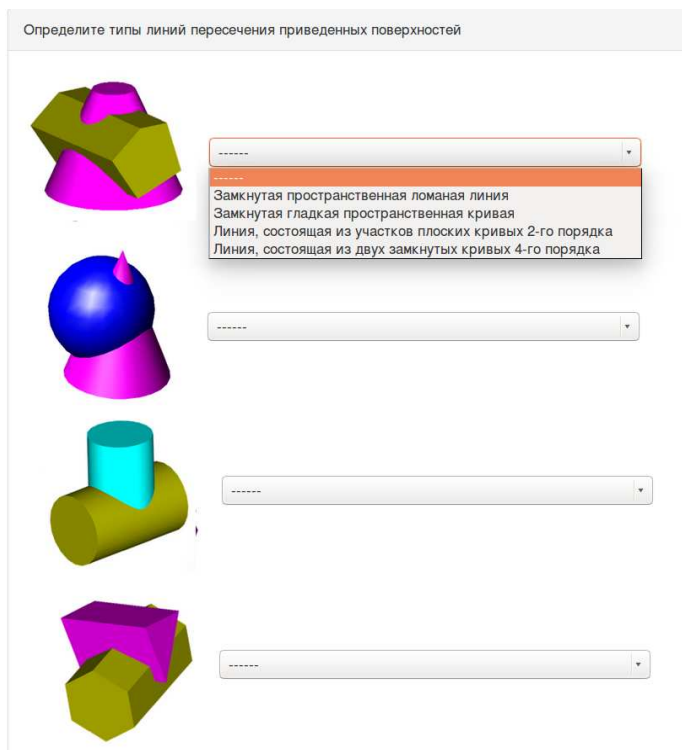


Рис. 5. Пример тестового задания по теме «Пересечение поверхностей» (2-й уровень сложности)

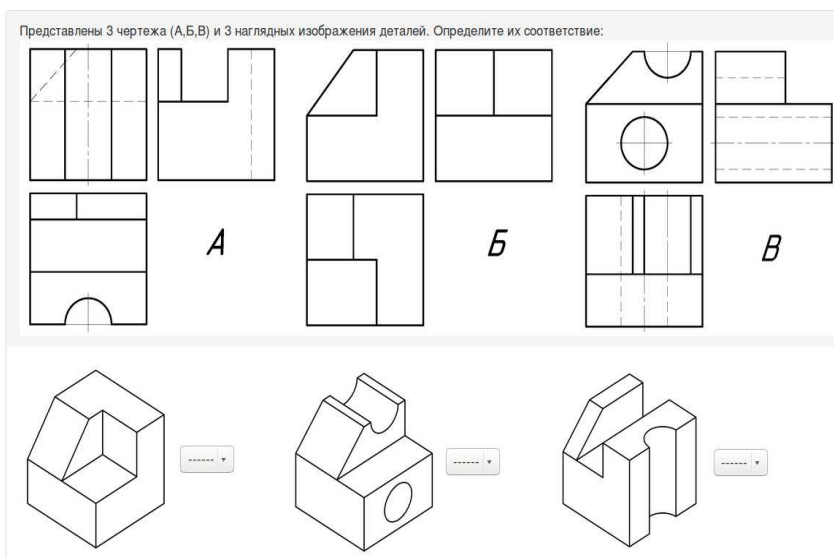
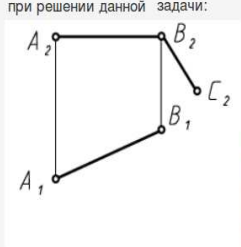


Рис. 6. Пример тестового задания на соответствие по теме «Компоновка изображений по модели» (2-й уровень сложности)

Необходимо на чертеже дорисовать проекции прямоугольного треугольника ABC. Определите рациональную последовательность действий при решении данной задачи:



Соединить вершины A2 и C2
 C1 будет лежать на линии связи, проведенной от фронтальной проекции точки
 Соединить вершины A1 и C1
 Из A1 восставить перпендикуляр в силу справедливости теоремы о проецировании прямого угла
 Из B1 восставить перпендикуляр в силу справедливости теоремы о проецировании прямого угла

1 этап

2 этап

3 этап

4 этап

Рис. 7. Определение порядка действий при решении задачи на применение теоремы о проецировании прямого угла

Как было отмечено выше, ранее в ЭЭ применялись только вопросы типа «многие из многих» (см. рис. 3). Они содержали большую текстовую часть, однообразие утомляло обучаемых и требовало для проведения тестового испытания большего времени. Разнообразие тестовых заданий снижает утомляемость студентов; наличие картинок («одна картина стоит тысячу слов») позволяет увеличить количество заданий в тестовом испытании за то же самое время, выделенное на тестирование. Поэтому при модернизации автоматизированной системы, максимально используя прошлые наработки (особенно иллюстрации, так как их подготовка более трудоемка по сравнению с текстовой частью), типы вопросов мы старались разнообразить.

В первом учебном семестре на кафедре проходят обучение около 1500 студентов. Контрольное тестирование является обязательным и проводится преподавателями во всех студенческих группах. Скапливается большой объем информации, которая требует статистической обработки

Статистические возможности САК КГП

Важной составляющей учебного процесса является анализ достигнутых образовательных результатов. Представим возможности автоматизированной системы в организации мониторинга качества образовательной деятельности.

Преподаватели получают доступ к информации по результатам тестирования всех студентов, а они, в свою очередь, имеют возмож-

ность отслеживать свои текущие показатели в режиме онлайн. На рис. 8 представлен фрагмент журнала студенческой группы с результатами контрольного тестирования по модулю «Поверхности» (фамилии студентов затушеваны). Возможен режим отображения результатов всех тестовых испытаний модуля или показ только лучших результатов данного теста студентами группы. В столбце «оценка» приведены баллы, набранные студентами в тестовом испытании. В следующем столбце детализируются набранные баллы за каждое из полученных тестовых заданий (напоминаем, что в контрольном тестировании предусмотрено 15 вопросов, каждый вопрос оценивается в 1 балл, максимальная оценка – 15 баллов). В последней графе указаны дата и время прохождения тестового испытания.

2. Контрольное тестирование по теме «Поверхности»

Группа: АТПП16-16

Фамилия	Имя	Отчество	Оценка	Детали оценки	Время
██████████	Константин	Сергеевич	12,33	[1,0, 1,0, 1,0, 1,0,0,0,0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,33]	14 декабря 2016 г. 9:56 - 14 декабря 2016 г. 10:10
██████████	Дмитрий	Сергеевич	13,00	[1,0, 1,0, 1,0,0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 1,0, 1,0, 1,0]	14 декабря 2016 г. 9:56 - 14 декабря 2016 г. 10:11
██████████	Александр	Юрьевич	12,08	[1,0, 1,0, 1,0, 1,0,0,0, 1,0, 1,0, 1,0,0,0, 1,0, 1,0, 0,75, 1,0, 1,0, 0,33]	14 декабря 2016 г. 9:56 - 14 декабря 2016 г. 10:12
██████████	Александр	Юрьевич	13,50	[1,0, 1,0, 1,0,0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,75, 1,0, 1,0, 1,0, 0,75, 1,0, 1,0, 1,0]	2 февраля 2017 г. 10:07 - 2 февраля 2017 г. 10:27
██████████	Артём	Сергеевич	13,33	[1,0, 1,0, 1,0,0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,33]	14 декабря 2016 г. 9:56 - 14 декабря 2016 г. 10:08
██████████	Лев	Дмитриевич	10,80	[1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0,0,0,0,0,0,8, 1,0,0,0, 1,0]	14 декабря 2016 г. 9:56 - 14 декабря 2016 г. 10:04
██████████	Лев	Дмитриевич	12,73	[1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,4, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 0,33]	6 февраля 2017 г. 10:11 - 6 февраля 2017 г. 10:21
██████████	Андрей	Александрович	4,38	[0,0, 1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,0,0, 1,0, 1,0,0,88,0,0,0,0, 0,0]	14 декабря 2016 г. 9:56 - 14 декабря 2016 г. 10:21
██████████	Андрей	Александрович	11,75	[1,0,0,0, 1,0,0,0, 1,0,0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,75, 1,0, 1,0, 1,0]	2 февраля 2017 г. 10:13 - 2 февраля 2017 г. 10:33

Рис. 8. Фрагмент журнала студенческой группы

На рис. 9 приведены данные о тестировании конкретного студента, приведены результаты всех тестовых испытаний, которые он прошел с необходимой детализацией. Если в столбце оценки щелкнуть на полученный результат, можно получить расшифровку конкретного тестового испытания: какие вопросы достались студенту и как он на них ответил.

Студент: ██████████ Александр Юрьевич (АТПП16-16)

Тест	Оценка	Детали оценки	Время
3. Контрольное тестирование по теме "Изображения"	10,75	[0,0, 0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 0,25, 1,0, 0,88, 0,75, 0,88]	2 февраля 2017 г. 10:31 - 2 февраля 2017 г. 10:51
2. Контрольное тестирование по теме "Поверхности"	13,50	[1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,75, 1,0, 1,0, 1,0, 0,75, 1,0, 1,0, 1,0]	2 февраля 2017 г. 10:07 - 2 февраля 2017 г. 10:27
1. Контрольное тестирование по теме "Точка, прямая, плоскость"	11,60	[1,0, 0,5, 1,0, 1,0, 0,5, 0,33, 0,6, 1,0, 0,17, 1,0, 1,0, 1,0, 0,67, 1,0, 0,83]	2 февраля 2017 г. 9:16 - 2 февраля 2017 г. 10:06
2. Контрольное тестирование по теме "Поверхности"	12,08	[1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 1,0, 1,0, 0,75, 1,0, 1,0, 0,33]	14 декабря 2016 г. 9:56 - 14 декабря 2016 г. 10:12
3. Контрольное тестирование по теме "Изображения"	<u>7,92</u>	[0,0, 0,0, 0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 0,0, 1,0, 0,0, 1,0, 0,67, 1,0, 0,25, 1,0]	7 декабря 2016 г. 10:35 - 7 декабря 2016 г. 10:52
0. Входной контроль	10,87	[0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,0, 1,0, 1,0, 1,0, 0,33, 1,0, 0,33, 1,0, 0,2, 1,0]	14 сентября 2016 г. 11:37 - 14 сентября 2016 г. 11:51

Рис. 9. Данные о тестовых испытаниях конкретного студента

На рис. 10 приведен фрагмент детализация тестового испытания студента от 7 декабря. Розовым цветом выделен неверный выбор студента, зеленым – правильные ответы.

Студент: ██████████ Александр Юрьевич (АТПП16-16)

Тест: 3. Контрольное тестирование по теме "Изображения"

- Выберите, какое изображение на чертеже обозначают всегда:

 - профильный разрез
 - Дополнительный вид
 - сечение, условно замененное на разрез
 - сечение в разрыве
- Укажите, какое наименование в перечне наименований изображений (ГОСТ 2.305-2008) является лишним:

 - горизонтальный разрез
 - вид сверху
 - профильный вид
 - наклонное сечение
- Укажите максимальное количество основных видов, выполняемых в проекционной связи:

 - три
 - четыре
 - пять
 - шесть
- Укажите, с использованием какой секущей плоскости выполняют фронтальный разрез:

 - параллельной П1
 - перпендикулярной П2
 - параллельной П3
 - параллельной П4

Рис. 10. Фрагмент расшифровки отдельного тестового испытания конкретного студента

Большой объем данных, получаемых в ходе мониторинга образовательных результатов, требует обобщения при проведении плановых аттестаций деканатами университета. Ниже приведена сводная информация о результатах проведения тестирования на горно-нефтяном факультете (ГНФ) университета (в ПНИПУ 9 факультетов): на рис. 11 – данные контрольного тестирования по модулю «Поверхности»; на рис. 12 – контрольного тестирования по модулю «Изображения». В столбце «Количество прошедших тестирование» приведены все результаты с учетом передачи тестового испытания некоторыми студентами. Далее в столбцах приведены максимальный, минимальный и средний результат в группе. Следующие столбцы дифференцируют группы учащихся в зависимости от достигнутых образовательных результатов по уровням: 0–6 – неудовлетворительный; 6–9 – удовлетворительный; 9–12 – хороший; 12–15 – высокий. В каждом столбце показано, сколько студентов учебной группы попадают в соответствующую уровневую дифференциацию.

2. Контрольное тестирование по теме «Поверхности»

ГНФ

Факультет	Дата	Макс. балл	Миним. балл	Средн. балл	0	1	2	3	4	5	6
ГНФ-09	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-08	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-07	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-06	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-05	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-04	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-03	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-02	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
ГНФ-01	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0
Итого	21	20	10,00	12,50	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 11. Итоговый результат образовательных результатов по модулю «Поверхности» на ГНФ

Заключение

Следует отметить, что на данном этапе автоматизации обработка достигаемых образовательных результатов касается только процедур оценки знаний и умений обучаемых. Владения же контролируются отдельно при оценке индивидуальных заданий, выполненных студентами в ходе самостоятельной работы. Однако данный срез объективно оценивает

3. Контрольное тестирование по теме «Изображения»

ГНФ

Группа	Дата	Время исп- сурса	Время состав- ления	оц1	оц2	оц3	оц4	оц5	оц6	оц7
ЭЭПФФБ		20	18	14,82	2,77	2,55	6	10	7	8
ЭЭПФБ		22	18	11,94	4,85	5,34	2	8	8	6
ЭЭПФБ		20	21	13,82	6,75	12,12	0	7	11	2
ЭЭПФБ		23	20	13,33	6,62	8,33	0	7	6	4
ЭЭПФБ		17	18	12,52	2,90	2,43	2	6	7	1
ЭЭПФБ		27	24	12,75	6,82	4,27	0	11	14	1
ЭЭПФБ		23	19	11,85	4,87	2,32	2	2	5	3
ЭЭПФБ		24	21	12,71	4,21	6,33	1	9	11	0
ЭЭПФФБ		20	27	12,50	6,90	2,88	1	5	16	2
ЭЭПФФБ		23	20	12,72	6,97	12,15	0	4	13	3
ЭЭПФБ		22	16	11,32	7,59	5,85	0	4	12	0
ЭЭПФФБ		28	16	12,12	6,55	4,45	1	16	8	1

Рис. 12. Итоговый результат образовательных результатов по модулю «Изображения» на ГНФ

способности студентов и производит дифференциацию студенческого контингента, выявляет слабые места в образовательном процессе, высвечивает отдельные отстающие студенческие группы и персонифицирует слабоподготовленных студентов. При этом от преподавателя не требуется дополнительных затрат времени на проверку контролируемых заданий, а картина уровня обученности как в целом на факультете, так и в отдельной студенческой группе получается более полной и объективной. Также достаточно просто выявляются пробелы в подготовке конкретного студента, которые выполняются самой автоматизированной системой.

Кроме того, режим самоподготовки и самотестирования позволяет организовать образовательную среду заинтересованного и ответственного освоения учебного курса, стимулирует к достижению наилучших результатов, повышает интерес к дисциплине и способствует объективности собственной самооценки.

В настоящее время разрабатываются тестовые задания по модулям 2-го семестра обучения. Предлагаем всем желающим изнутри оценить действие САК КПП на примере одного из тестовых заданий темы «Сборочный чертеж». В тестовом испытании приведен сборочный чертеж приспособления, нужно ответить на 10 вопросов к данному чертежу.

Список литературы

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

2. Столбова И.Д., Данилов А.Н. Инструментарий оценивания результатов образования при компетентностном подходе // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2012. – № 4. – С. 24–30.

3. Попов А.И., Пучков Н.П. Балльно-рейтинговая система в условиях реализации компетентностного подхода в обучении // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2016. – № 2 (60). – С. 122–130.

4. Столбова И.Д., Крайнова М.Н., Носов К.Г. Функционал автоматизированной системы контроля в рамках графической подготовки // Информационные средства и технологии: тр. XXII Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т.; Москва, 18–20 нояб. 2014 г. – М.: Изд. дом МЭИ, 2014. – Т. 2. – С. 66–73.

5. Столбова И.Д., Лалетин В.А., Столбов О.В. Электронный экзаменатор по графическим дисциплинам. Ч. 1: База данных / Рос. агентство по патентам и товарным знакам. Св-во № 2004620156. 2004 г.

6. Столбова И.Д., Лалетин В.А., Столбов О.В. Компьютерная площадка для автоматизированного контроля знаний: программа для ЭВМ / Рос. агентство по патентам и товарным знакам. Св-во № 2004610556. 2004 г.

7. Варушкин В.П., Крайнова М.Н., Столбова И.Д. Контроль уровня обученности студентов как основа индивидуализации предметного обучения // Информационные средства и технологии: тр. XX Междунар. науч.-техн. конф.; г. Москва, 20–22 нояб., 2012. – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – Т. 2.

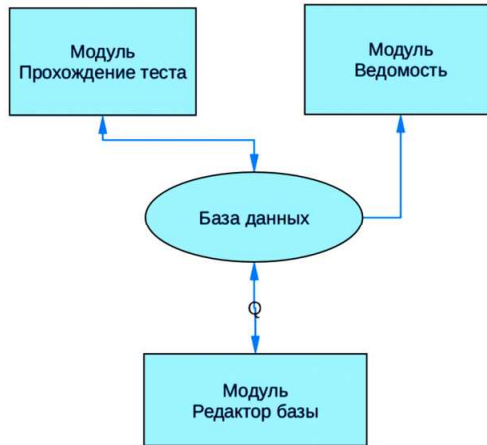


Рис. 1. Общая структура САК КПП

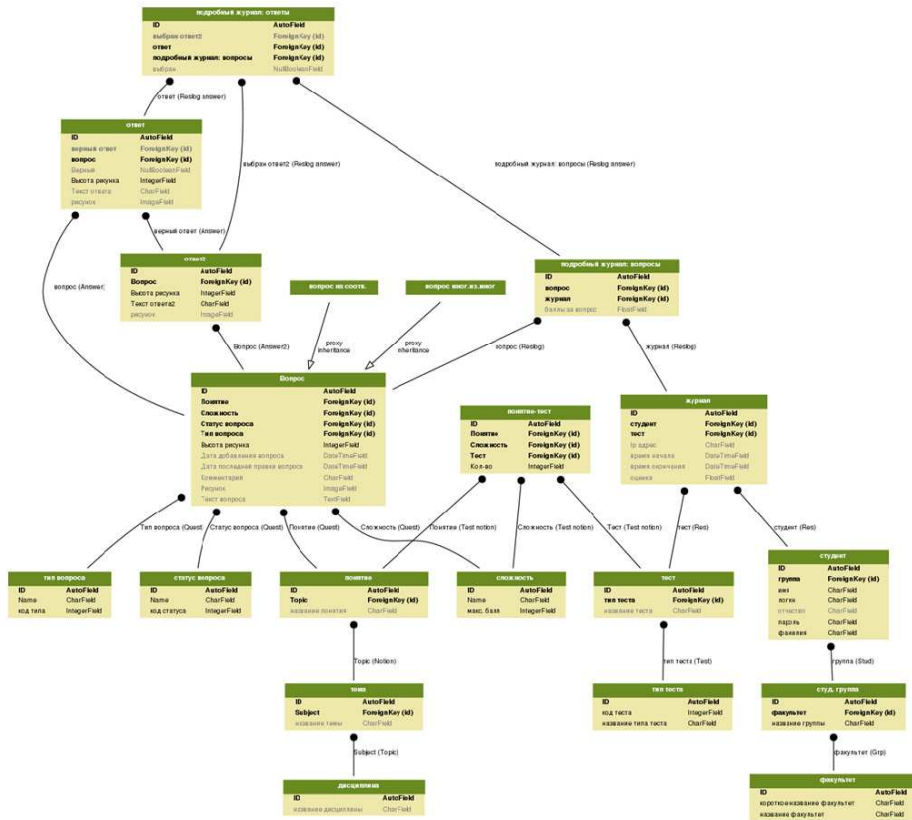


Рис. 2. Схема базы данных

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОКОНТРОЛЯ ТИПОВЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

**Крайнова Марина Николаевна,
Тарасова Любовь Сергеевна**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Приводится информация о разработке системы самоконтроля студентами типовых графических работ, проблемах, решаемых с помощью этой системы. Рассмотрены принципы организации самоконтроля.

Ключевые слова: контроль качества работ, самостоятельная работа студентов, карта самоконтроля, графические работы.

ORGANIZATION OF SELF-CONTROL OF TYPICAL GRAPHIC TASKS

**Krainova Marina Nikolaevna,
Tarasova Lyubov**

Perm National Research Polytechnic University

Information is provided on the development of a self-monitoring system for students of typical graphic works, problems solved with the help of this system. The principles of organization of self-control are considered.

Keywords: quality control of works, independent work of students, map of self-control, graphic works.

В основу стандартов ВО положены компетентностный подход и самостоятельная работа студентов, поэтому актуальным является создание такой педагогической технологии, которая бы гарантировала перевод обучаемого из объекта педагогического воздействия в субъект самообразования и самовоспитания.

Самоконтроль – это важнейший элемент учебной деятельности, результатом которого является повышение эффективности обучения по всем предметам. Отличительная черта самоконтроля заключается в самостоятельном выявлении неточностей и ошибок, умении искать способ устранения найденных пробелов и устранять их, а также в мотивации студента к саморазвитию и самостоятельному контролю своей деятельности [1].

Между преподаванием и обучением, контролем преподавателя и самоконтролем учащихся существует связь: они образуют единую сис-

тому. Самоконтроль и контроль дополняют друг друга. Реализация преподавательского контроля, опыт, полученный студентами в ходе контроля, позволяют совершенствовать деятельность, связанную с самоконтролем.

С учетом современных тенденций образования курс предусматривает повышение уровня графической грамотности по различным направлениям профессиональной подготовки.

Основной задачей высшего профессионального образования является подготовка специалиста, способного к самообразованию и самостоятельной ориентации в потоке информации, повышению квалификации и профессиональному совершенствованию. Такие навыки необходимо сформировать во время обучения студента в вузе, где определяющую роль играет самостоятельная работа обучающихся. Под самостоятельной работой подразумевается индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога по его заданиям и под его контролем.

Так как результат самообразования студентов определяется и оценивается благодаря контролю, следовательно, актуальным в процессе подготовки будущих специалистов является обучение самоконтролю. [4]. В вузе результат деятельности студентов проектируется преподавателем (вузом, требованиями ФГОС), поэтому эталоны, о которых шла речь выше, можно считать заданными – это содержание учебного материала, требования к уровню знаний, умений и навыков, нормы оценок. Однако указанное обстоятельство не обеспечивает «легкости» создания в вузе действенной системы самоконтроля: появляются трудности как организационного, так и педагогического (методического) характера, за счет проявления различных взглядов на проблему со стороны различных субъектов образовательного процесса. В связи с этим на первую позицию выдвигается задача обучения методам самоконтроля как преподавателей, так и студентов [1].

Кафедра «Дизайн, начертательная геометрия и инженерная графика» ПНИПУ обучает графическим дисциплинам студентов первого курса, мысли, навыки самоконтроля и самостоятельной работы которых, как у школьников, плохо развиты. Преподаватель должен подбирать формы, методы, приемы формирования умений самоконтроля у студентов на каждом этапе развития умственных действий с целью ускоренного перехода студента к ориентированной основе действия, подтверждающего интериоризованность потребности в контроле, его способность осуществлять контроль собственных достижений самостоятельно,

т.е. сформированность умений самоконтроля. Таким образом, процесс самоконтроля нельзя отделять от процесса контроля, в сущности – это единый процесс развития личности, результативность контроля в значительной степени зависит от мотивации к обучению, от когнитивной активности учащихся и от их способности к самоконтролю собственной деятельности. Если под контролем учебной деятельности в высшей школе понимают проверку уровня успеваемости студентов, то, соответственно, самоконтроль должен обеспечивать способность студентов проверить свою работу, приобретенные знания, поведение и регулировку их путем внесения соответствующих коррективов. При этом в ходе самоконтроля оцениваются целесообразность и эффективность как самого процесса выполнения работы, так и его корректировки [5].

Из-за ограниченного объема часов аудиторных занятий по дисциплинам «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» становится понятным, что студенты должны прорабатывать самостоятельно графические работы и тем самым сократить время, проводимое с преподавателем. На практике же выходит не всегда так. Результатом самостоятельной работы является множество одних и тех же ошибок, допускаемых студентами. Такая ситуация является для студентов первокурсников во многом стрессовой, что приносит дополнительные сложности в организации самостоятельной работы. На сегодняшний день контроль над правильностью выполнения заданий осуществляется преподавателем, он сообщает каждому студенту о допущенных в ходе выполнения задания ошибках, распознает и помогает исправлять их, контролирует и корректирует, работая с каждым студентом практически индивидуально. Это традиционный подход, его нельзя рассматривать как самый результативный с точки зрения самоконтроля и самостоятельной работы для преподавателей и студентов.

Студенты в большинстве своем ориентированы лишь на контроль со стороны преподавателя в процессе обучения и довольно плохо ориентируются в вопросе самоконтроля знаний, что затрудняет процесс формирования умений в образовательной деятельности [3].

Самоконтроль осуществляется субъектами деятельности наиболее эффективно лишь в том случае, если виды, формы и способы самоконтроля соответствуют объектам усвоения.

Совершенствование графической подготовки студентов во многом определяется уровнем овладения ими методологическими знаниями структуры языка и методологическими умениями по самостоятельному

проектированию своей графической деятельности, ее эффективной организации и качественному содержательному контролю. Важную роль в этом играют правильная организация деятельности студентов в условиях развивающего и воспитывающего обучения, формирование обобщенных приемов решения графических задач и рациональных приемов графической деятельности, грамотное использование технической информации, изучение существующих стандартов. Таким комплексным решением стало создание карт самоконтроля по типовым графическим заданиям.

Карта самоконтроля для каждой графической работы (рис. 1, 3) содержит 2 этапа проверки: I – самоконтроль правильности решения и оформления студентом с нанесением отметок в соответствующем столбце; II – контроль работы преподавателем с указанием недочетов, ошибок и т.п. (рис. 2). С помощью карт самоконтроля мы сделали попытку вовлечь обучающихся в процесс познавательной активности, и соответственно – к самоконтролю собственной деятельности. Как результат, коррекционная работа преподавателя должна постепенно уменьшаться, создавая условия для формирования самоконтроля студентов.

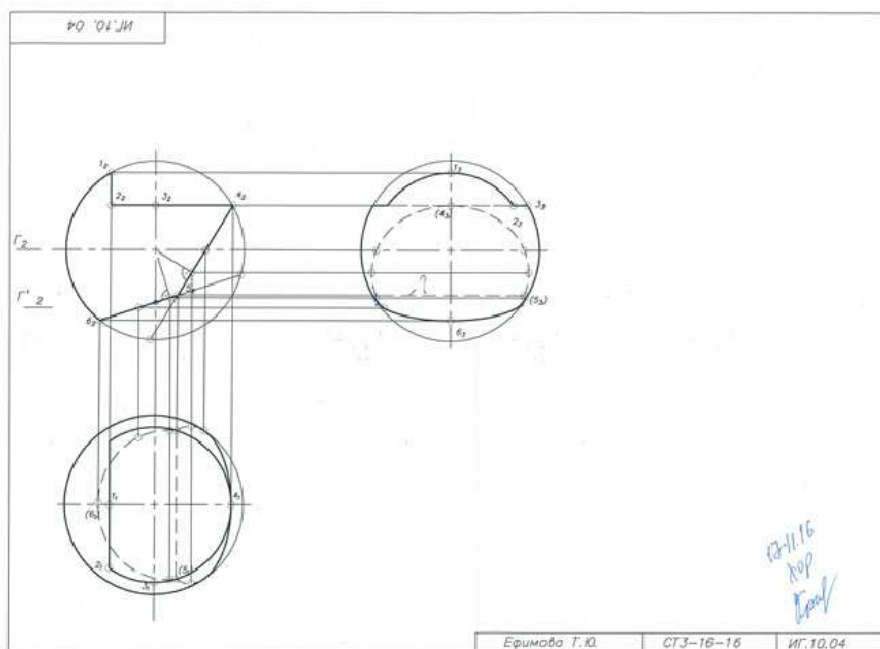


Рис. 1. Графическая работа «Построение выреза в теле»

КАРТА САМОКОНТРОЛЯ

Тема: «Поверхности»

№ п/п	Этапы построения	Контроль	
		I	II
1.	Оформление чертежа: внутренняя рамка, заполненная основная надпись.	✓	✓
2.	Построение проекций поверхности в соответствии с заданными размерами.	✓	✓
3.	Анализ вида линий сечения от каждой секущей плоскости.	✓	
4.	Нахождение и обозначение опорных точек каждой кривой. Определение <u>большой</u> и <u>малой</u> оси эллипса.	✓	⇐
5.	Построение промежуточных точек для точного построения проекций кривых.	✓	✓
6.	Построение проекций линий с учетом видимости в каждой плоскости проекций.	✓	✓
7.	Определение видимости очерков и линий пересечения плоскостей (ребер).	✓	✓

Рис. 2. Карта самоконтроля графической работы
«Построение выреза в теле»

Создана методика самоконтроля качества оформления чертежа и правильности решения типовой задачи на основе формализации процесса контроля. Систематизированная последовательность проверки элементов чертежа с указанием конкретных рекомендаций по каждому контрольному действию облегчает поиск ошибок применительно к контролируемым элементам, способствует выработке навыков выполнения и проверки их в строго определенной последовательности, углубляет знания положений стандартов и повышает качество графической работы до проверки ее преподавателем. Качество выполненной работы и, соответственно, балл за ее выполнение повышаются за счет уменьшения числа непроверенных элементов и более полного учета предъявляемых требований.

Карта самоконтроля, по сути, является алгоритмом системного контроля графической работы, содержит в виде компонента «обратную» связь с исполнителем о контроле ранее выполненных действий, об обнаружении ошибок и возможности их самостоятельного корректирования. С другой стороны, процесс контроля систематизирован, менее трудоемок. Заложенный алгоритм проверки графической работы особо полезен преподавателям, не имеющим опыта работы по данной программе обучения.

КАРТА САМОКОНТРОЛЯ

Тема: «Двугранный угол»

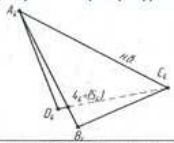
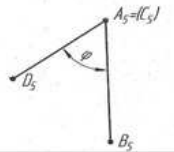

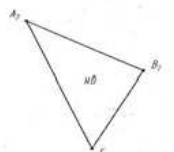
№ п/п	Этапы построения	Контроль	
		I	II
1.	Оформление чертежа: внутренняя рамка, заполненная основная надпись.	+	✓
2.	Построение проекций точек в соответствии с заданными координатами в каждой плоскости проекций.	+	✓
3.	Определение видимости плоских сторон угла по конкурирующим точкам в каждой плоскости проекций.	+	✓
4.	Определение нВ двугранного угла:		
4.а	Преобразование ребра AC в прямую уровня: ввод П4 // AC 	+	+ -
4.б	Преобразование ребра AC в проецирующую прямую: ввод П5 ⊥ AC 	+	+ -
5.	Нахождение нВ плоскости ABC:		
5а	Построение линии уровня (н или л) плоскости ABC	+	<i>ошибка!</i>
5б	Преобразование плоскости ABC в проецирующую: ввод П6 ⊥ ABC 	+	✓
5в	Преобразование плоскости ABC в плоскость уровня: ввод П7 // ABC 	+	✓

Рис. 3. Карта самоконтроля графической работы
«Двугранный угол»

Стоит отметить, что контроль по итогам выполнения заданий выполняет одновременно несколько функций: обучающую, развивающую, воспитывающую. Обучающая функция связана с более глубоким погружением студента в учебное задание. Развивающая – обеспечивается включением студента в новые для него виды деятельности, например, поисковую и оценочную. Воспитательная функция контроля знаний, в том числе и самоконтроля, связана с формированием устойчивой системы отношений студента к процессу обучения, к истине, к человеку; преподавателю и другим ценностям, реализуемым в ходе взаимодействия между преподавателем и студентом [3]. И все-таки главная задача

преподавателя – представить план самоконтроля таким образом, чтобы убедить студента в целесообразности для него карты самоконтроля. Аттестация студента будет выше, когда он сам себя проконтролирует при выполнении графической работы [2].

Работа с картой самоконтроля снимает многие неточности при первых предъявлениях выполненных заданий учащимися на проверку. КСК позволяет преподавателю при необходимости оперативно обратить внимание студента на эталон, а также удостовериться, насколько сознательно была выполнена работа. В работе представлены разработанные карты самоконтроля для студентов по графическим заданиям «Построение выреза в теле», «Двугранный угол» (см. рис. 1, 3).

Таким образом, развитые умения самоконтроля у студента позволяют последнему постепенно взять часть образовательных и управленческих функций преподавателя на себя. Таким образом, для повышения показателей результатов знаний, умений и формируемых компетенций у студентов предложено использовать карты самоконтроля, являющиеся своеобразными маршрутными путеводителями, направляющими студентов во время выполнения индивидуальных графических проектных заданий. Структура карты самоконтроля позволяет студентам оценивать свои знания на протяжении всей работы над заданием, т.е. выполнять его более осознанно, а значит, и более качественно.

Список литературы

1. Горнов А.О. Повышение эффективности типовых студенческих работ // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы IV Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 85–95.

2. Жуйкова О.В. Организация самостоятельной инженерно-графической подготовки студентов бакалавриата // Интеграция образования. – 2013. – № 2. – С. 48–55.

3. Столбова И.Д. Управление качеством предметного обучения на основе компетентностного подхода // Университетское управление: практика и анализ. – 2011. – № 3. – С. 55–61.

4. Конышев А.В. Контроль результатов обучения. – СПб., Минск, 2004.

5. Лында А.С. Дидактические основы формирования самоконтроля в процессе самостоятельной работы уч-ся. – М., 1979. – 159 с.

6. Пучков Н.П., Петрова Е.А. Самоконтроль как механизм обеспечения качества подготовки специалиста в системе высшего профессионального образования. – М., 2013.

7. Компетентностный подход в организации образовательного процесса и некоторые вопросы адаптивного управления учебной деятельностью / О.Ю. Заславская, О.В. Иванова, О.Я. Кравец, И.Д. Рудинский, И.Д. Столбова; науч. ред. чл.-кор. РАО, д-р техн. наук, проф. С.Г. Григорьев. – Воронеж: Научная книга, 2011. – 204 с.

8. Программа уровневой графической подготовки студентов в рамках ФГОС ВПО / Е.П. Александрова, М.Н. Крайнова, Е.В. Корнилова, И.Д. Столбова // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в ФГОС ВПО: сб. материалов II Междунар. науч.-практ. интернет-конф. КГП-2011. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 285–295.

9. Кохановский В.Д., Дзюман – Грек Ю.Н. Конструкторский контроль чертежей. – М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.

ЧТО ГОД ГРЯДУЩИЙ НАМ ГОТОВИТ: ПРОГНОЗ УРОВНЯ БАЗОВОЙ ПОДГОТОВКИ АБИТУРИЕНТОВ (ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

**Лызлов Александр Николаевич,
Тихонов-Бугров Дмитрий Евгеньевич**

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

Рассматриваются проблемы качественного набора студентов в технические вузы. Сделан акцент на необходимую базовую геометро-графическую подготовку. На основе анализа входного тестирования делается краткосрочный прогноз уровня подготовки абитуриентского корпуса.

Ключевые слова: геометрия, графика, начертательная геометрия, ЕГЭ, тестирование.

THE COMING YEAR: FORECAST OF THE LEVEL OF BASIC TRAINING OF STUDENTS (GEOMETRIC-GRAPHIC ASPECT)

**Lyzlov Aleks Nikolaevich,
Tikhonov-Bugrov Dmitrii Evgenievich**

Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov

The problems of quality intake of students in technical universities are discussed. The emphasis on the necessary basic geometric-graphic training is made. Based on the analysis of testing is done short-term forecast of the level of training among applicants for the admission of the case.

Keywords: geometry, graphics, descriptive geometry, exam, test.

Её называют элементарной или школьной математикой, спорят о значении в общекультурном и профессиональном аспекте. А.Ф. Харшиладзе в заметках «О школьном образовании» отмечает, что школьная математика довольно трудна, но в ней отсутствуют основы математики. А уж школьная геометрия – просто схоластический пережиток. В специализированных высших учебных заведениях геометрию изучают с нуля, по этой причине геометрии в школьном образовании, по мнению Харшиладзе, стоит отказать. Учить надо теории множеств и топологии.

Заглянем в фундаментальные учебники академика А.Д. Александрова [1, 2]. Сразу убедимся в том, что в противоположность конвенциональной геометрии естественная геометрия отражает пространственные

отношения, как они существуют в природе и, соответственно, устанавливаются в практике – лучами света, твёрдыми стержнями и т.д. Основные фигуры геометрии – прямолинейные отрезки – в их физической реализации выделяются из всех линий многими объективными, независимыми от соглашений свойствами. Не просто так Владимир Арнольд назвал математику частью физики, а Игорь Шарыгин физику – частью геометрии.

А.Д. Александров отмечает, что в геометрии мы постепенно переходим от наглядности к логическим выводам в отвлечении от наглядности и от этих выводов к применениям в других науках, в технике, в практике. Раздел «Элементарная геометрия» занимает достойное место в [2], где помимо аксиом рассматриваются треугольники, перпендикуляры, метрические соотношения, начала стереометрии, отображения, равенства фигур, площади и объёмы, задачи на построения. Кроме этого в отдельный раздел вынесены наложения, подобие, аффинные преобразования.

Тот, кто знаком со школьным учебником под редакцией Атанасяна [3], легко удостоверится в наличии подобных разделов в данной книге. Нужны ли знания, умения и навыки, приобретённые при изучении элементарной геометрии в средней школе, в высшей технической школе? Несомненно, да, ведь в большинстве технических вузов из геометрии изучают только аналитическую (и не везде начертательную).

Н.А. Сальков в статьях [4, 5] в очередной раз убедительно показал, что геометрическое моделирование и последующее за ним математическое моделирование вынужденно привлекают в работу начертательную геометрию.

Решение любой геометрической задачи начинается с чертежа. Умение построить грамотный чертёж является важнейшим элементом геометрической культуры. Геометрия является носителем собственного метода познания мира, первичным видом интеллектуальной деятельности, одним из средств интеллектуального развития, стимулирует развитие творческих способностей.

Нельзя не сказать о своеобразной эстетике, присущей геометрии. Невозможно проникнуть в суть геометрии, если не чувствовать красоты геометрических форм. А.Ф. Шарыгин назвал геометрию одним из немногих «экологически чистых» продуктов, потребляемых в образовании.

Реальное место элементарной геометрии в школе определяется, к сожалению, единым государственным экзаменом. Единым по той причине, что в отличие, например от США, является и документом о соот-

ветствующем уровне среднего образования, и документом, дающим право поступления в вуз.

20 мая 2016 г. на научно-исследовательском семинаре «Измерения в социальных науках» в НИУ ВШЭ с докладом на тему «Контрольные измерительные материалы государственной итоговой аттестации. Особенности и пути развития» выступила директор Федерального института педагогических измерений О.А. Решетникова. В комментарии к данному докладу [6] Л.С. Гребнев отмечает любопытный факт: на вопрос о том, как смотрятся наши КИМы и в целом ЕГЭ со стороны мирового сообщества, докладчик ответила известной цитатой из Тютчева: «Умом Россию не понять...».

Мы часто забываем, что ЕГЭ – продукт провалившейся идеи ГИФО. А после отказа от ГИФО ЕГЭ перешёл в узаконенную практику, по мнению Л.С. Гребнева, в связи с тем, что при переходе от идеи к попыткам её реализации логика намерений всегда дополняется, а потом нередко и заменяется логикой обстоятельств.

По нашему глубокому убеждению, никакая модернизация ЕГЭ (уменьшение доли заданий с выбором одного ответа, по утверждению О.А. Решетниковой, не снизило показатели надёжности измерения) не решит задачу отбора в вуз людей с развитой рефлексией. Не решит этой задачи и исключение результатов ЕГЭ в 2014 г. из отчётности, по которой оценивали деятельность руководителей субъектов Федерации.

Приведём ещё одну цитату из статьи Л.С. Гребнева: в отличие от вузов США наши принимают числа, а не людей. Что им делать с этими числами, решено без них министерством, и для всех совершенно одинаково.

Достойный уровень базовой подготовки абитуриентов по геометрии крайне важен для изучения начертательной геометрии и других графических, и не только, дисциплин. Однако геометрическая подготовка в школе ориентирована на успешное прохождение ЕГЭ. Соответствующий раздел этого экзамена не способствует ни закреплению нужных разделов курса, ни развитию рефлексии.

По этой причине уже достаточно много лет большинство вузов проводит входное тестирование. Накопленная статистика и владение информацией о ситуации в регионе дают основание на некоторые прогнозы.

В данных прогнозах должен учитываться и ещё один большой аспект школьной подготовки. Речь идёт о графической подготовке или о предмете с ненавистным для некоторых чиновников от образования названием «черчение». В далёком 1987 г. замечательный педагог, инже-

нер, глава городского отдела народного образования культурной столицы Сергей Алексеев сказал одному из авторов: вашу кафедру ждут проблемы с подготовкой первокурсников – не удаётся сохранить черчение как обязательную дисциплину.

И действительно, лихие девяностые ознаменовались не только политическими и экономическими катаклизмами, но и изгнанием черчения из школьной программы. Формально его встроили в дисциплину «Технология» – гибрид трудового воспитания, основ предпринимательства, дизайна и т.д. с упоминанием о том, что есть чертёж и соответствующие стандарты.

Дальновидные директора школ сохранили данный предмет за счёт школьного компонента или дополнительных курсов для тех, кто собирается поступать в технические вузы. Однако большинство абитуриентов приходят в вуз без всякого понятия о чертеже и современных методах формирования моделей изделий. Это притом, что существует ряд интересных разработок и программ, в частности [7]. При реализации данной программы учащийся должен уметь:

- ◆ выбирать рациональные графические средства отображения информации о предметах;
- ◆ выполнять чертежи (как вручную, так и с помощью 2D-графики), эскизы, технические рисунки и другие изображения изделий;
- ◆ производить анализ геометрической формы предмета по чертежу;
- ◆ получать необходимые сведения об изделии по его изображению (читать чертёж);
- ◆ использовать приобретённые знания и умения в качестве средств графического языка в школьной практике и повседневной жизни, при продолжении образования;
- ◆ осуществлять несложные преобразования формы и пространственного положения предметов и их частей.

Какие возможности построения учебного процесса на вузовской кафедре открываются при работе с так всесторонне подготовленными студентами!

Однако вернёмся на землю и попытаемся дать прогноз на что можно рассчитывать этой вузовской кафедре при ближайшем наборе при условии, что:

- ◆ Важнейшие разделы из учебника под редакцией Атанасяна не усвоены.

- ◆ Курса графики (черчения) в школе не было.
- ◆ Отбор проводился по значению ЕГЭ, в котором самую значительную долю составил результат по русскому языку.
- ◆ Достижения, связанные с геометро-графическими и конструкторскими аспектами, не учтены.

Для выяснения уровня подготовки студентов к изучению геометро-графических дисциплин в течение трех лет (2014, 2015 и 2016 гг. поступления в вуз) было проведено специальное тестирование студентов, в соответствии с которым в конце семестра необходимо сдавать экзамен по начертательной геометрии. Эти специальные тесты состояли из шести заданий, которые не менялись все эти три года. Более того, для того чтобы критерии оценки правильности выполнения заданий были одинаковыми, проверка всех заданий проводилась одним преподавателем. Эти задания можно разделить на два раздела.

Первый раздел:

- ◆ Построение эскиза простой детали по её наглядному изображению.
- ◆ Знание теорем и аксиом элементарной геометрии.
- ◆ Решение простой задачи по стереометрии.

Второй раздел:

- ◆ Нахождение проекций точки на поверхности простого тела (вращения или многогранника).
- ◆ Построение сечения пирамиды плоскостью по точкам на её рёбрах.
- ◆ Построение наглядного изображения трёхзвенника по его проекциям.

Очевидно, что первый раздел включает в себя задания из программы средней школы, для нахождения правильного ответа на задания второго раздела необходимо включать логику и сообразительность, а также иметь зачатки пространственного мышления. Результаты оценивались по традиционной школьной пятибалльной шкале – от отличной оценки (5) за правильное решение пяти или четырех задач до очень плохой (1), которая выставлялась в том случае, если ничего похожего на правильное решение нет ни в одной из шести задач.

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Здесь указаны абсолютное количество студентов, получивших ту или иную оценку, а также их количество в процентах, средние результаты ЕГЭ по трем экзаменам (русский язык, математика и физи-

ка). С 2015 г. добавляется графа ЕГЭМ – среднее значение результатов по математике, а в 2016 г. – еще и ЕГЭР – среднее значение результатов ЕГЭ по русскому языку.

Таблица 1

Результаты тестирования

2014 год				2015 год				2016 год				
РЕЗ	КОЛ	%	ЕГЭ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭМ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭР	ЕГЭМ
5	32	8,1	207,7	22	4,5	233,1	75,0	23	4,0	230,5	83,0	75,8
4	54	13,7	195,0	65	13,2	213,9	69,8	71	12,6	213,1	79,1	71,3
3	58	14,7	195,2	95	19,3	201,6	64,6	105	18,6	201,5	76,1	63,1
2	174	44,2	182,2	191	38,8	188,9	59,5	248	43,9	194,0	75,3	60,0
1	76	19,3	175,3	119	24,2	186,7	58,7	118	20,9	184,4	74,5	56,7
Σ	394	100	186,7	492	100	196,3	62,5	565	100	197,3	76,3	62,1

Как видно из табл. 1, результаты в течение этих трех лет практически не меняются. Около 64 % студентов «не отличаются умом и сообразительностью» (разумеется, речь идет только о геометро-графическом аспекте). Последние два года практически не меняются результаты ЕГЭ по трем предметам, а также результаты ЕГЭ по математике.

Строго говоря, результаты ЕГЭ из года в год должны хоть немного расти, так как они являются одним из показателей успешности работы вуза. Обращает на себя внимание значение результатов ЕГЭ по русскому языку. Его среднее значение во всех строчках значительно выше результатов ЕГЭ по математике, и чем хуже результаты по математике, тем существеннее эта разница, и доля русского языка достигает 40 % от общего количества набранных баллов.

Другими словами, можно сказать, что при не очень высокой сумме баллов (около полупроходных) определяющим для поступления в технический вуз является ЕГЭ по русскому языку. У некоторых студентов при 40 баллах по математике баллы по русскому языку находятся в районе 90.

Продолжим анализировать результаты тестирования. В табл. 2 приведены результаты отдельно по вопросам первого и второго разделов.

В этой таблице добавлена графа ДИАП, в которой приведен диапазон изменений ЕГЭ по математике. Этот диапазон практически во всех строчках максимальный. Неподготовленных студентов в каждом из разделов приблизительно поровну – около 50 %, а вот хорошо подготовленных неравное количество – 30 % в первом разделе и 18 % – во втором, т.е. со школьными знаниями дела обстоят лучше, чем с сообразительностью.

Таблица 2

Результаты тестирования по 1-му и 2-му разделу

РЕЗ	ПЕРВЫЙ РАЗДЕЛ					ВТОРОЙ РАЗДЕЛ				
	КОЛ	%	ДИАП	ЕГЭ	ЕГЭМ	КОЛ	%	ДИАП	ЕГЭ	ЕГЭМ
5	32	5,7	82–57	224,2	73,5	20	3,5	90–62	225,9	71,3
4	138	24,4	88–45	209,4	67,8	84	14,8	90–30	209,8	68,8
3	116	20,5	90–27	202,3	64,6	193	34,2	90–27	202,8	65,4
2	122	21,6	90–27	196,1	59,7	14	2,5	84–27	195,3	61,6
1	157	27,8	91–27	187,7	58,9	254	45,0	91–27	192,4	56,9
Σ	565	100	91–27	197,3	62,1	565	100	91–27	197,3	62,1

На представленном ниже графике (рисунок) дано распределение количества студентов (ордината), имеющих тот или иной результат ЕГЭ по математике (абсцисса). Результаты 2016 года. Первый ряд – оценки за тест 5 и 4, второй ряд – 3, третий ряд – 2 и 1. Как видим, пик приходится во всех случаях на район 70 баллов, т.е. студент, имеющий 70 баллов по математике, в равной степени получает на тестировании 5, 4 или 3, 2, 1.

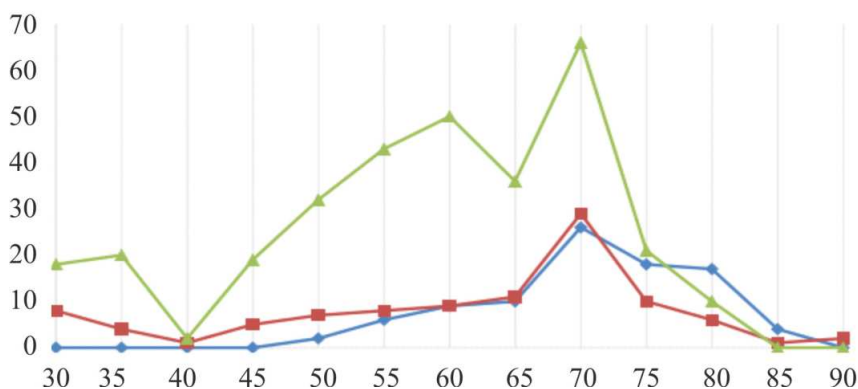


Рис. Тестирование 2016 года

В табл. 3 приведены результаты экзамена по начертательной геометрии за те же годы.

На первый взгляд все очень хорошо. Количество пятерок и четверок растет, количество двоек – падает. Но здесь самое время вспомнить еще об одной (если не главной) беде российского образования – о подшевом финансировании. Вот и крутятся преподаватели, как могут, проводят дополнительные занятия, повышают оценки за сдачу работы в срок, натягивают оценку в три балла.

Таблица 3

Результаты тестирования по начертательной геометрии

2014 год				2015 год				2016 год				
РЕЗ	КОЛ	%	ЕГЭ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭМ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭР	ЕГЭМ
5	33	8,4	220,6	95	19,3	220,1	70,3	76	13,5	218,6	80,6	69,3
4	91	23,1	195,4	114	23,2	201,7	65,0	189	33,5	204,6	78,7	65,7
3	78	19,8	185,5	124	25,2	191,4	59,1	137	24,2	192,3	74,6	60,0
2	192	48,7	177,0	159	32,3	181,3	58,1	163	28,8	183,1	72,7	56,1
Σ	394	100	186,7	492	100	196,3	62,5	565	100	197,3	76,3	62,1

В табл. 4 представлены результаты тестирования студентов, окончивших школы в г. Санкт-Петербурге, а в табл. 5 – в других городах и областях РФ (результаты тестирования иностранных граждан в этой таблице не учитываются). Соответственно в табл. 6 и 7 результаты экзаменационной сессии тех же студентов.

Таблица 4

Результаты тестирования студентов, окончивших школы
в г. Санкт-Петербурге

2014 год				2015 год				2016 год				
РЕЗ	КОЛ	%	ЕГЭ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭМ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭР	ЕГЭМ
5	14	7,6	201,1	8	5,0	239,7	75,6	8	4,2	226,4	82,9	76,5
4	30	16,3	194,2	22	13,8	210,1	67,6	28	14,7	207,7	79,1	69,9
3	24	13,1	182,5	26	16,2	192,4	64,2	35	18,3	191,4	73,3	59,1
2	85	46,2	177,6	71	44,4	184,1	59,2	76	39,8	187,4	74,6	58,4
1	31	16,8	173,3	33	20,6	176,9	56,1	44	23,0	175,7	72,8	52,3
Σ	184	100	182,4	160	100	190,2	61,4	191	100	190,1	74,9	59,6

Таблица 5

Результаты тестирования студентов, окончивших школы в РФ

2014 год				2015 год				2016 год				
РЕЗ	КОЛ	%	ЕГЭ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭМ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭР	ЕГЭМ
5	17	8,6	210,5	12	5,0	237,1	75,7	13	4,2	234,0	84,0	75,4
4	23	11,7	196,6	40	16,6	213,8	70,4	36	11,6	214,3	79,6	72,9
3	32	16,3	201,7	54	22,4	204,6	64,9	62	19,9	206,8	77,6	65,9
2	98	49,7	183,2	86	35,7	190,5	59,7	135	43,4	192,4	75,8	60,6
1	27	13,7	171,6	49	20,3	189,4	59,8	65	20,9	187,9	75,2	59,9
Σ	197	100	189,0	241	100	199,7	63,5	311	100	199,2	76,8	63,5

Таблица 6

Результаты экзаменационной сессии студентов, окончивших
школы в г. Санкт-Петербурге

2014 год				2015 год				2016 год				
РЕЗ	КОЛ	%	ЕГЭ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭМ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭР	ЕГЭМ
5	19	10,3	216,9	31	19,4	217,3	70,0	21	11,0	213,1	80,1	69,3
4	42	22,8	190,3	27	16,9	198,8	65,6	74	38,7	199,7	77,5	64,1
3	29	15,8	175,1	43	26,8	180,5	57,0	46	24,1	181,3	71,2	57,2
2	94	51,1	173,9	59	36,9	178,4	58,1	50	26,2	173,8	72,4	51,0
Σ	184	100	182,4	160	100	190,2	61,4	191	100	190,1	74,9	59,6

Таблица 7

Результаты экзаменационной сессии студентов, окончивших
школы в РФ

2014 год				2015 год				2016 год				
РЕЗ	КОЛ	%	ЕГЭ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭМ	КОЛ	%	ЕГЭ	ЕГЭР	ЕГЭМ
5	12	6,1	225,3	48	19,9	225,2	71,0	46	14,8	220,7	81,0	69,3
4	48	24,4	198,9	70	29,0	201,2	64,6	96	30,9	206,8	79,1	67,0
3	47	23,9	190,7	58	24,1	194,4	60,5	74	23,8	194,7	76,5	61,2
2	90	45,6	177,4	65	27,0	183,1	59,1	95	30,5	184,5	72,7	58,6
Σ	197	100	189,0	241	100	199,7	63,5	311	100	199,2	76,8	63,5

Анализ этих таблиц показывает, что средние ЕГЭ и по трем экзаменам, и по математике, и по русскому языку для иногородних студентов выше, чем у питерцев, а результаты экзаменов и тестирования далеко не всегда лучше. Это наводит на мысль, что результаты ЕГЭ иногородних студентов несколько завышены. Разумеется, это утверждение требует детальной проверки с дифференциацией по областям, городам и селам.

Теперь обратимся к прогнозу: что нам грядущий год готовит, или какого первокурсника нам придётся обучать. При неизменности правил «игры» (ЕГЭ), отсутствии возможности у вуза провести собственные испытания или хотя бы ввести весовые коэффициенты компонентов ЕГЭ в зависимости от направления подготовки не следует ждать существенных изменений качества принятого контингента. Прогнозируется небольшой рост показателей ЕГЭ за счёт целенаправленной подготовки (натаскивание) на типовые задания. При этом очевидно, что сохранятся пробелы в ЗУН по взаимному расположению прямой линии и плоско-

сти, плоскостей, методу координат в пространстве, движению, решению треугольников, кривым второго порядка.

Как известно, инженерное мышление опирается на хорошо развитое воображение и включает различные виды мышления, а именно: логическое, творческое, образное, пространственное, ... И элементарная, и начертательная геометрии как нельзя лучше развивают именно эти виды мышления.

И деваться нам некуда: хочешь получить хорошего инженера – на входе проверяй уровень подготовки по элементарной геометрии, анализируй, придумывай способы ликвидации погрешностей базовой подготовки, а во время учебы попробуй научить начертательной геометрии.

Список литературы

1. Александров А.Д. Основания геометрии. – М.: Наука, 1987.
2. Александров А.Д., Нецветаев Н.Ю. Геометрия. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010.
3. Геометрия. МГУ – школе / Л.С. Атанасян, В.Ф. Бутузов, С.Б. Кадомцев, Л.С. Киселёва, Э.Г. Позняк. – М.: Просвещение, 2011.
4. Сальков Н.А. Геометрическое моделирование и начертательная геометрия // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, вып. 4.
5. Сальков Н.А. Начертательная геометрия – теория изображений // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, вып. 4.
6. Гребнев Л.С. Эволюция ЕГЭ: вид со стороны КИМов // Высшее образование в России. – 2016. – № 10.
7. Вышнепольский В.И., Сальков Н.А. О школьном образовании // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы 5-й Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015.

ЭЛЕМЕНТЫ ТРИЗ В ЗАДАНИЯХ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

Ракитская Мария Валентиновна

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

Представлен опыт использования ТРИЗ в задании, завершающем обучение на кафедре, преподающей графические дисциплины. Показана концепция построения такого проблемного задания с элементами конструирования. Дан анализ результатов.

Ключевые слова: культура мышления, инженерная сфера, теория решения изобретательских задач, X-элемент.

LEMENTS OF TDIT IN TASKS FOR STUDENTS ON DISCIPLINE THE» ENGINEERING AND COMPUTER GRAPHIC ARTS»

Rakitskaya Mariya Valentinovna

Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov

Experience of the use of TDIT is presented in a task finishing educating on a department teaching graphical disciplines. Conception of creation of such problem tasks, containing the elements of constructing is shown. The analysis of results is given.

Keywords: thinking culture, engineering sphere, theory of decision of inventor tasks, X-element.

Представляемая публикация является продолжением работы автора по реализации идеи формирования у студентов культуры творческого мышления в инженерной сфере деятельности как осознанного, целенаправленного, управляемого процесса.

Формирование культуры мышления в учебном процессе будет иметь место только тогда, когда учебный материал будет содержать реальные проблемы при наличии методологии решения этих проблем [7].

Как отмечалась в статьях по использованию ТРИЗ [3, 4], там, где в конструкции имеется противоречие или просто недостаток, которые можно интерпретировать как «революционную ситуацию», там есть возможность для изобретательского решения. Для использования ТРИЗ при обучении студентов инженерной графике приходится эту «революционную ситуацию» создавать искусственно.

В результате преподаватель, который представляет с достаточной степенью вероятности конечный результат, направляет свою деятельность на организацию мышления обучаемого на базе ТРИЗ. С учётом недостаточного практического опыта и базы знаний студентов учебные задания должны носить не слишком сложный характер.

В результате поиска таких заданий за основу были взяты варианты достаточно простых (если не сказать примитивных) устройств из учебника [5]. В этих вариантах, и так содержащих достаточное количество конструктивных погрешностей, были сделаны корректировки, ухудшающие конструкцию или делающие неопределённым необходимое конструктивное вмешательство. При этом студенту при небольших наводках предлагается найти недостатки конструкции и выработать предложения по их устранению, не ограничивая себя в выборе способов для решения данной задачи.

В основном недостатки представленных устройств лежали в следующих сферах:

- ◆ Проблемы сборки и разборки;
- ◆ Технологические и пространственные трудности работы с крепежом и резьбовыми соединениями;
- ◆ Обеспечение герметичности соединений;
- ◆ Оптимизация конструкции запорных пар;
- ◆ Проблемы обеспечения надёжной работы поршневых пар;
- ◆ Центрирование пружин;
- ◆ Необходимость (возможность) обеспечения разъёмной конструкции корпусов.

Этим перечнем студент пользуется на начальной стадии анализа задания.

Далее студент формулирует своё понимание выявленных недостатков и пути их устранения, определяет X-элемент, способный устранить недостатки. X-элемент может быть новой деталью, некой модификацией имеющейся детали или комплексом деталей. Допускается и кардинальное изменение конструкции.

Роль преподавателя на этой стадии – направить работу студента в необходимое русло. Очевидно, что в подавляющем количестве решений не будет ничего эвристического в общепринятом смысле. Однако студент в ряде случаев делает маленькие открытия для себя, что чрезвычайно важно в становлении специалиста.

Ведь в машиностроении порядка 85 % затрат определяется качеством технических решений, которые и формируются в процессе конструирования и разработки технологических процессов.

Конструирование всегда оригинально независимо от того, как решается задача – интуитивно, на базе конструктивных аналогов или неких алгоритмов.

Мы стараемся уже на начальной стадии обучения добиться понимания рационального конструирования как умения и стремления к постоянному улучшению функциональных показателей изделий, разумного сочетания нового со старым. До студента доводятся сведения о том, какие нормативы на вновь разрабатываемые изделия существуют в соответствующей отрасли.

Важным компонентом рационального конструирования является и умение выбирать из множества конструкторских решений наиболее рациональное, базирующееся на опыте, накопленном в данной отрасли. В связи с этим в кафедральном справочнике по инженерной графике приводятся сведения о возможных конструкторских решениях в области уплотнений, конструирования запорных пар и т.п.

В двух группах, где в экспериментальном порядке было введено новое задание, работа в семестре строилась следующим образом. Сначала (примерно половина семестра) студенты знакомились с пакетом «Компас» и выполняли задание по разработке рабочей конструкторской документации по чертежу общего вида. От студентов требовалось выполнение 5 моделей в «Компасе 3D» и 5 чертежей, прием чертежей и моделей осуществлялся тогда, когда студент выполнял сборку этих моделей в 3D, и имела место проверка соединяемости деталей друг с другом (в том числе резьбовых соединений). На вторую половину семестра выдавалась работа с элементами конструирования. На выходе студент должен представить полностью оформленный чертёж общего вида (сборочный чертеж) с устраненными недостатками (3D и 2D), таблицу-перечень (спецификацию) и 3 чертежа деталей, входящих в сборку.

В результате данного эксперимента:

♦ Выявилась группа студентов, проявивших большой интерес к процессу конструирования и хорошие способности, что даёт основание надеяться на продолжение династии выдающихся военмеховских конструкторов. Люди из этой группы работали по 6 часов на кафедре (2 часа учебных плюс 4 часа в рамках самостоятельной работы под руководством преподавателя СРС). Кроме этого, конечно, работа дома.

♦ Студенты приобрели важные навыки добывания и переработки информации, работая с ресурсами кафедральной и университетской библиотек (в том числе с классическими работами [6, 8]), Интернета.

♦ Группа студентов, подошедших к работе формально, – весьма незначительна.

Следует заметить, что в этом эксперименте участвовали те студенты, которым автор читал лекции с элементами ТРИЗ.

ТРИЗ часто предлагает такие решения, которые не всегда выполнимы в так называемых простых условиях (использование электромагнитного поля, свинца, специальных материалов). По этой причине студентами были использованы следующие приемы ликвидации противоречий из тех 40, что были предложены Г.С. Альтшуллером.

Прием 31.

а) Выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т.д.).

б) Если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

Принцип 6. Принцип универсальности:

Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

Принцип 1. Принцип дробления:

а) Разделить объект на независимые части.

б) Выполнить объект в разборном варианте.

в) Увеличить степень дробления объекта.

Принцип вынесения:

Отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственную нужную часть или нужное свойство.

В отличие от предыдущего приёма, в котором объект делился на одинаковые части, здесь предлагается делить объект на разные части.

Принцип 4. Принцип местного качества:

а) Перейти от однородной структуры объекта или внешней среды к неоднородной структуре.

б) Разные части объекта должны выполнять различные функции.

в) Каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

В настоящее время большое внимание уделяется развитию такой компетенции, как «умение работать в команде». Хотя данные задания

и носили индивидуальный характер, студенты охотно обсуждали работу товарищей, участвовали в «мозговом штурме» по проблемам устранения недостатков в разных вариантах, обсуждали решение подобных задач в [1, 2].

Проведённый эксперимент оценен кафедрой положительно и включён в учебный процесс в качестве авторского этапа обучения в заключительном семестре.

На рис. 1 показан исходный вариант конструкции смазочного насоса по [3], в котором произведены указанные авторами данного учебника доработки, связанные в основном с крепежом.

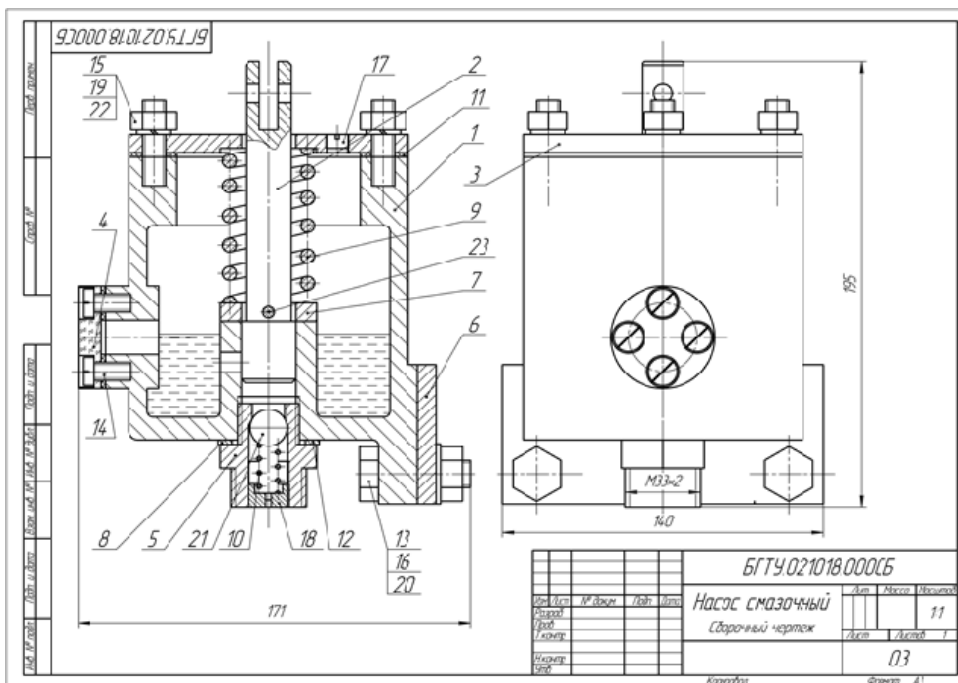


Рис. 1. Исходный вариант конструкции смазочного насоса

Неудачные, на наш взгляд, решения, связанные с конструкцией смотрового окна, опоры под пружину, уплотнений, запорной пары шарик-конус, входного отверстия для масла, на исходных данных (рис. 2) отсутствуют. В результате обучаемый студент получает достаточно широкое поле деятельности. При этом он руководствуется общим перечнем проблем, означенных выше, к которым добавлено требование обеспечения надёжной заливки масла и контроля его уровня.

В процессе экспериментальной отработки заинтересованными студентами были выявлены проблемы, не входившие в перечень «подсказок», например, такие как:

- ◆ проблема герметизации подвижного резьбового соединения;
- ◆ уменьшение зазоров в шестеренчатом насосе, фактор запирания жидкости между корпусом и зубчатым колесом при высоких скоростях;
- ◆ альтернатива использования втулок или подшипников;
- ◆ необходимость регулирования жёсткости пружины.

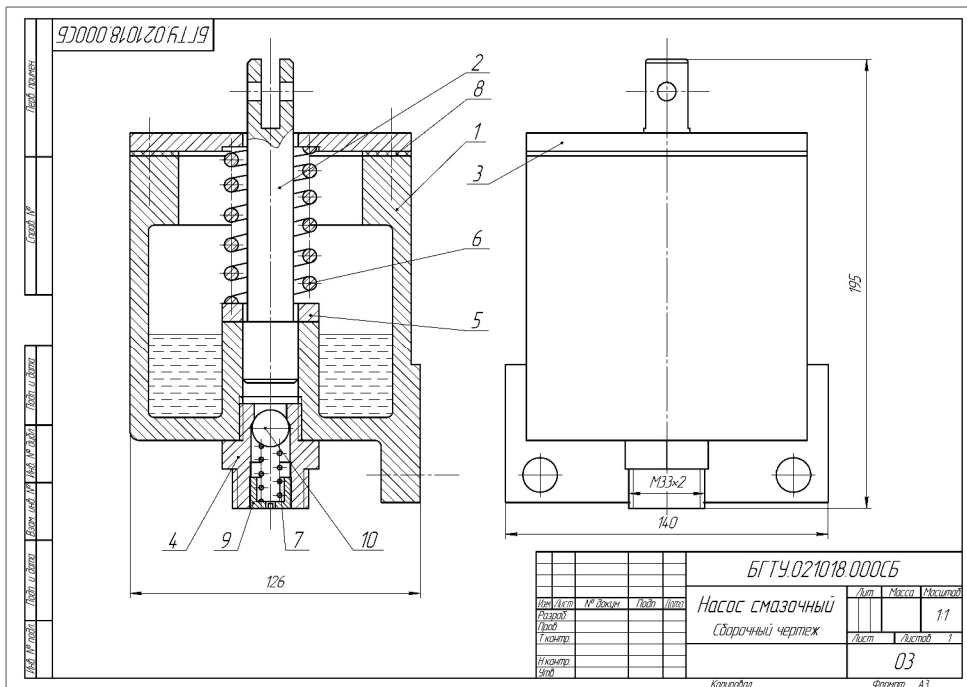


Рис. 2. Сборочный чертёж смазочного насоса

Список литературы

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. – М.: Машиностроение, 1980 (возможен более поздний год выпуска).
2. Орлов П.И. Основы конструирования: в 2 т. – М.: Машиностроение, 1988.
3. Ракитская М.В. Элементы ТРИЗ в лекциях по начертательной геометрии // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе. Традиции и инновации: материалы VI Междунар. на-

уч.-практ. интернет-конф.; Пермь, февраль-март 2016 г. – Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2016. – С. 302–314.

4. Ракитская М.В. К проблеме развития рефлексии при обучении начертательной геометрии // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе. Традиции и инновации: материалы V Междунар. науч.-практ. интернет-конф.; Пермь, февраль-март 2015 г. – Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2015. – С. 242–256.

5. Зенюк И.А., Козловский Ю.Г., Поляничева А.П. Машиностроительное черчение с элементами конструирования. – Минск, 1977.

6. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. – 8-е изд. – М.: Альпина Пабlishер, 2015. – 402 с.

7. Меерович М.И., Шрагина Л.И. Теория решения изобретательских задач. – Минск: ХАРВЕСТ, 2003.

8. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

Селиверстов Александр Владиславович

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича
Российской академии наук, Москва

Рассмотрены примеры использования графических методов для иллюстрации задач дискретной математики: разделение секрета, диофантовы уравнения, распознавание симметрии. Также рассмотрено понятие двойственной кривой. Эти задачи использовались на семинарах для студентов.

Ключевые слова: начертательная геометрия; разделение секрета; симметрия; преподавание математики.

DESCRIPTIVE GEOMETRY FOR TEACHING OF MATHEMATICS

Seliverstov Alexandr Vladislavovich

Institute For Information Transmission Problems
(Kharkevich Institute), Moscow

We consider examples of usage of graphic methods to illustrate problems in discrete mathematics: secret sharing, Diophantine equations, symmetry recognition. We also consider the concept of the dual curve. These tasks have been used in seminars for students.

Keywords: descriptive geometry; secret sharing; symmetry; teaching of mathematics.

Главная цель этой работы – ещё раз показать, что начертательная геометрия тесно связана не только с аналитической геометрией, что не раз отмечалось в литературе [1, 2], но и с другими разделами математики [3]. Возможно, это позволит точнее оценить значение различных направлений в историческом развитии математики, а также привлечь внимание к обсуждаемым темам. Хотя попытки установить связи между разными направлениями математики нередко вызывают обвинения в наукообразии и эклектике.

Обсуждение роли начертательной геометрии иногда сводится к противопоставлению методов аналитической геометрии, реализованных в виде программ для вычислительных машин, и задач на построение циркулем и линейкой [4–6]. Однако такое сравнение не вполне корректно. Построение циркулем и линейкой относится к попытке аксиоматизации геометрии. Попытка оказалась неудачной, но она сыграла

важную роль в понимании оснований математики. Кроме того, возможность построения циркулем и линейкой тесно связана со свойствами квадратичного замыкания поля рациональных чисел, что придаёт наглядность формальной теории чисел. Однако такое суровое самоограничение ничем кроме традиции не обосновано. В частности, совершенно незаслуженно забыт мезолабий Эратосфена, позволяющий вычислять кубические корни. Хотя это очень естественное и нетривиальное дополнение к построениям циркулем и линейкой. Этот механический прибор мог бы весьма пригодиться, если применение компьютеров в геометрии неожиданно отменят. Он позволяет найти две средние пропорциональные величины x и y между двумя данными отрезками p и q , удовлетворяющих условиям $p : x = x : y = y : q$. При условии $q = 2p$ величина x служит решением задачи об удвоении куба [7]. Мезолабий был усовершенствован Декартом в XVII веке, что позволило строить с его помощью любое число средних пропорциональных между двумя данными отрезками, например, $p : x = x : y = y : z = z : q$.

На практике инженеры никогда не ограничивали себя циркулем и линейкой, а символом строителя в прошлом был угольник, хотя прямой угол можно построить и без угольника. Таким образом, построения циркулем и линейкой – это лишь увлекательная игра. При этом роль игры в обучении очень велика. С другой стороны, распространено мнение, что аналитические методы приводят к грубым ошибкам из-за округления чисел по ходу вычисления. Действительно, этот недостаток присущ некоторым пакетам программ, а особенно их ранним версиям. Но более осмысленное использование численных методов позволяет уменьшить погрешность. Кроме того, универсальным выходом из затруднительного положения служит применение символьных вычислений. Например, работая в облачном сервисе для математических вычислений MathPartner с системами алгебраических уравнений, вычисления можно проводить точно и лишь на последнем шаге перейти к приближённым значениям, если это необходимо [8, 9]. Это позволяет в случае, когда решение выражается рациональными числами, обойтись без приближений. Обычно задачи на плоскости или в трёхмерном пространстве решаются легко. Существенные трудности могут возникнуть при необходимости обработки видеопотока в реальном времени. Впрочем, в этом случае построение циркулем и линейкой не даёт преимуществ.

Таким образом, классическая начертательная геометрия наиболее полезна именно в процессе обучения математике в широком понимании

этого слова. Однако она воспринимается лишь как метод для архитекторов, конструкторов машин, дизайнеров. Один из путей расширения списка приложений состоит в поиске связей с различными математическими задачами. Мой опыт преподавания подтверждает, что любая тема легче воспринимается, когда она связана с конкретным приложением, иногда шутливым, которое можно кратко пояснить здесь и сейчас. Именно кратко, поскольку времени у преподавателя всегда мало. Мы рассмотрим несколько задач, показывающих возможность и важность графических методов при обучении студентов, которые не изучают начертательную геометрию как самостоятельный предмет. Здесь уместно напомнить, что мы окружены разнообразными изобретениями [10]; примером служат солнечные часы [11].

Конечно, разбор таких задач не может заменить начертательную геометрию, но позволяет разнообразить учебный процесс или служить темой дополнительных занятий для заинтересованных студентов любой специализации. Интерес к математическому образованию связан с его содержанием, которое нередко остаётся формальным и оторванным от жизни. С другой стороны, отмечена предпочтительность графических форм предъявления информации по сравнению с вербальной формой [12].

При изучении конических сечений таким примером, хотя вряд ли применяемым на практике в такой форме, может быть задача о разделении секрета. Впервые эту задачу сформулировал и решил Ади Шамир в 1979 г. [13]. И хотя она давно известна, рассмотрим её с новой точки зрения. Предлагаемый метод не претендует на оптимальность для прикладных задач, но предназначен лишь для иллюстрации графического подхода в учебных целях. Некоторое исходное секретное сообщение надо закодировать и выдать каждому из n участников некоторую информацию о секрете так, чтобы любые $m < n$, собравшись вместе, могли однозначно восстановить исходное сообщение, а никакие $(m-1)$ не могли. Пусть исходное сообщение – это координаты центра окружности, а каждый из участников получает координаты одной точки на этой окружности, у каждого своя точка. Тогда втроём всегда легко найти центр окружности, независимо от положения трёх точек. При этом решение легче всего найти графически: в центре окружности пересекаются серединные перпендикуляры к хордам. Однако никакие два участника не могут узнать центр окружности по своим двум точкам. Здесь кворум $m = 3$, общее число участников $n > 3$. (При $n = 3$ задача становится тривиальной.) Естественное изменение решения для увеличения кворума M

заключается в замене окружности произвольным коническим сечением. Другой путь – заменить окружность сферой размерности $(m-2)$; при этом кворум может быть сколь угодно большим. Дальнейшее обобщение – разрешить использовать мнимые точки [14]. Так можно привлечь внимание к графическим методам и одновременно к довольно абстрактному разделу геометрии. Если кворум для раскрытия секрета равен m , а собралось большее число участников, то они могут независимо восстанавливать секретное сообщение разными способами. Если результаты оказались разные, то кто-то использовал неправильные сведения или допустил ошибку. В этом случае ответ можно уточнить голосованием. Хотя реально применяемые коды основаны на вычислениях над конечным полем, общие идеи можно иллюстрировать привычными геометрическими построениями. Разбор вариантов этой задачи не требовал много времени и обычно проходил в середине или в конце семинара, позволяя слушателям немного отдохнуть от формальных рассуждений.

Более сложная тема – решение диофантовых уравнений. Решение уравнения от двух переменных легко иллюстрируется рисунком на плоскости. Однако решение уравнений от большего числа переменных обычно вызывает трудности. В частности, рассматривая линейные диофантовы уравнения от трёх переменных, полезно уметь строить сечение куба плоскостью общего положения. Этому учат в школе, но получается это не у всех студентов. Если секущая плоскость проходит через центр куба, то сечение будет либо шестиугольником, либо параллелограммом. В этом случае геометрическая задача не помогает решить уравнение, но позволяет лучше понять детали, часто ускользающие от внимания.

Графические методы незаменимы при изучении касательных и точек перегиба. Без преувеличения яркой иллюстрацией служит каустика – огибающая семейства лучей, не сходящихся в одной точке.

Выпуклое множество на плоскости не определяется длинами своих ортогональных проекций (отрезков прямых), поскольку существуют различные фигуры постоянной ширины, например, круг и треугольник Рёло (Reuleaux triangle). Следующий пример показывает, что построение касательных прямых к границе даёт гораздо больше информации. Напомним, что касательная прямая соответствует точке двойственной кривой, а касательные, пересекающиеся в одной точке, – точкам пересечения прямой линии и двойственной кривой. Согласно формуле Плюккера степень двойственной кривой окажется ниже для особой алгебраической кривой, чем для гладкой кривой той же степени. В некоторых

случаях построением только вещественных касательных можно доказать отсутствие не только вещественных, но и комплексных особых точек на проективном замыкании кривой. Например, для доказательства гладкости проективного замыкания коники достаточно указать две касательные, пересекающиеся в точке, не принадлежащей этой конике. Такие касательные легко провести через точку, лежащую вне области проективной плоскости, ограниченной коникой.

Симметрией кривой будем называть проективное преобразование плоскости, при котором эта кривая отображается на себя. Кубическая кривая в нормальной форме Вейерштрасса симметрична относительно смены знака одной из координат. Эта кривая во второй нормальной форме симметрична относительно поворота на 120 градусов. В работе [15] показано, что приведение кубической кривой к нормальной форме Вейерштрасса и вычисление проективного инварианта сводятся к поиску двух пар симметрично расположенных секущих. Проверка симметричности расположения и последующее вычисление проективного инварианта кривой выполняются с использованием лишь трансверсально пересекающихся прямых и кривой; оно не использует построение касательных прямых. В работе [16] рассмотрена симметрия третьего порядка.

Возможно, всё написанное покажется достойным не научной публикации, а математического кружка. Однако доступное изложение известных понятий не менее важно, чем доказательство нового. С другой стороны, не у всех преподавателей имеется возможность проводить исследования [17]. Мой опыт преподавания не связан непосредственно с графикой; упомянутые примеры могут быть объяснены без использования специальных программ, даже при свободном обсуждении вне аудитории. Не уверен, можно ли эффективно обсуждать методы начертательной геометрии, гуляя по улице или по коридору. Последнее нередко ассоциируется с чем-то бесполезным и вошло в таком качестве в поговорки [18]. Но такое обсуждение геометрических задач возможно не только в Древней Греции, но и в современных условиях. Это не отменяет важности графического представления информации [11], что подчёркивает важность применения соответствующих программ. Примеры можно найти в работах [4, 6, 19, 20].

Список литературы

1. Сальков Н.А. Начертательная геометрия – база для геометрии аналитической // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 44–54. DOI: 10.12737/18057
2. Иванов Г.С., Дмитриева И.М. Принцип двойственности – теоретическая база взаимосвязи синтетических и аналитических способов решения геометрических задач // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 3–10. DOI: 10.12737/21528
3. Сальков Н.А. Начертательная геометрия – теория изображений // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 41–47. DOI: 10.12737/22842
4. Хейфец А.Л. Сравнение методов начертательной геометрии и 3D компьютерного геометрического моделирования по точности, сложности и эффективности // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Строительство и архитектура. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 49–63. DOI: 10.14529/build150408
5. Хейфец А.Л. Начертательная геометрия как «бег в мешках» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2015. – Т. 1. – С. 298–325.
6. Хейфец А.Л. Геометрическая точность компьютерных алгоритмов конструктивных задач // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2016. – Т. 1. – С. 367–387.
7. Розенфельд Б.А. Аполлоний пергский. – М.: МЦНМО, 2004. – 176 с.
8. Ильченко Е.А. Инструменты математического сервиса MathPartner для выполнения параллельных вычислений на кластере // Труды Ин-та системного программирования РАН. – 2016. – Т. 28, № 3. – С. 173–188. DOI: 10.15514/ISPRAS-2016-28 (3) -11
9. Малашонок Г.И. Новое поколение систем символьных вычислений // Вестник Тамб. ун-та. Сер. Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21, № 6. – С. 2026–2041. DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-6-2026-2041
10. Ракитская М.В. Элементы ТРИЗ в лекциях по начертательной геометрии // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2016. – Т. 1. – С. 302–313.
11. Милосердов Е.П., Глебов М.А. Расчет параметров конструкции и разработка алгоритмов реализации аналемматических солнечных ча-

сов // Геометрия и графика. – 2014. – Т. 2, № 3. – С. 14–16. DOI: 10.12737/6520

12. Тестов В.А. Основные проблемы реализации концепции развития математического образования // Математические методы и модели: теория, приложения и роль в образовании. – 2014. – № 3. – С. 278–287.

13. Shamir A. How to share a secret // Communications of the ACM. – 1979. – Vol. 22, № 11. – P. 612–613. DOI: 10.1145/359168.359176

14. Короткий В.А., Гирш А.Г. Графические алгоритмы реконструкции кривой второго порядка, заданной мнимыми элементами // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 19–30. DOI: 10.12737/22840

15. Рубанов Л.И., Селиверстов А.В. Проективно-инвариантное описание излучины реки // Информационные процессы. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 281–290.

16. Селиверстов А.В. О симметрии проективных кривых // Вестник Твер. гос. ун-та. Сер. Прикладная математика. – 2016. – № 3. – С. 59–66.

17. Строкова Т.А. Нужен ли современной школе учитель-исследователь? // Образование и наука. – 2016. – № 7. – С. 11–25. DOI: 10.17853/1994-5639-2016-7-11-25

18. Николаева Е., Николаев С. Андроны едут // Slavia Orientalis. – 1996. – Т. 45, № 4. – С. 503–508.

19. Хейфец А.Л. 3D-модели и алгоритмы компьютерной параметризации при решении задач конструктивной геометрии (на некоторых исторических примерах) // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 24–42. DOI: 10.14529/ctcr160203

20. Головнин А.А. Базовые алгоритмы компьютерной графики // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2016. – Т. 1. – С. 13–30.

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Столер Владимир Алексеевич

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники, Минск

Кафедрой инженерной графики БГУИР предпринята попытка ввести в курс инженерной графики практические работы по ознакомлению студентов с технологией трехмерной печати изделий, разработанных по плановым графическим заданиям. Приводится пример создания логотипа факультета компьютерного проектирования БГУИР, а также плановых заданий студентов на принтере CubeX.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, САПР AutoCAD, трехмерная печать, 3D-принтер, учебный процесс.

INTRODUCTION OF MODERN TECHNOLOGY OF THREE- DIMENSIONAL PRINTING IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Stoler Vladimir Alekseyevich

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

The Department of Engineering Graphics of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics is attempted to introduce in the course of engineering graphics practical works on familiarizing students with the technology of three-dimensional printing of products developed according to scheduled graphic assignments. An example is given of creating a logo of the Faculty of Computer-aided Design of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, as well as planned assignments of students on the CubeX printer.

Keywords: computer modeling, CAD AutoCAD, three-dimensional printing, 3D printer, educational process.

В последнее время успешно развивается так называемая трехмерная печать для изготовления предметов с использованием 3D-принтера. Такой принтер способен распечатать любой физический предмет, который смоделирован на компьютере. Область применения трехмерной печати весьма обширная: от производства игрушек и различных сувениров до изделий, используемых в радиоэлектронике, например, матрицы с набором гранных поверхностей в виде тетраэдров, октаэдров, икосаэдров для последующего создания на их основе многослойных композиционных защитных экранов электромагнитного излучения [1, 2].

Существует несколько технологий трехмерной печати, которые отличаются друг от друга по типу используемого материала и способам его нанесения. Наибольшее распространение получили следующие тех-

нологии: 1) стереолитография (SLA), 2) технология струйного моделирования (3DP), 3) послойная печать расплавленной полимерной нитью (FDM), 4) изготовление объектов методом ламинирования (LOM), 5) УФ-облучение через фотомаску, 6) лазерное спекание порошковых материалов (SLS), являющейся единственной технологией 3D-печати, которая может быть использована для изготовления металлических формообразующих для металлического и пластмассового литья (рис. 1).

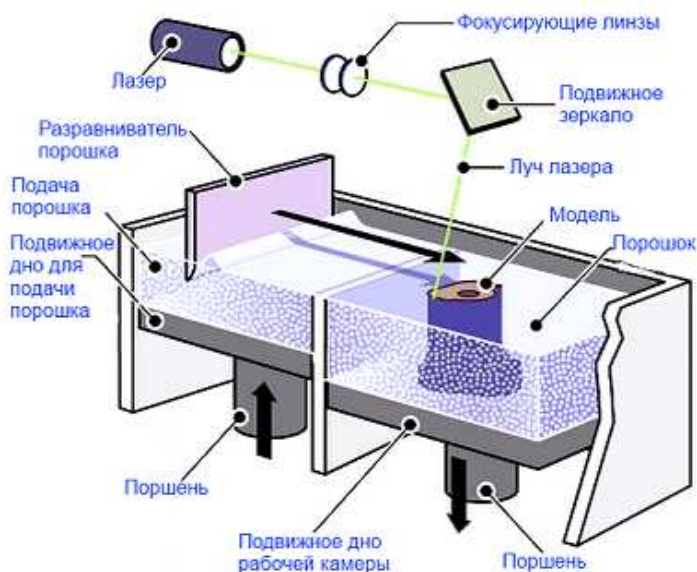


Рис. 1. Лазерное спекание порошковых материалов

В общем случае трехмерная печать – это выполнение ряда повторяющихся операций, связанных с созданием объемных предметов путем нанесения на рабочий стол принтера тонкого слоя расходного материала, смещением рабочего стола вниз на высоту сформированного слоя. Циклы печати непрерывно следуют друг за другом, когда на предыдущий слой наносится следующий слой, стол снова опускается, и так повторяется до тех пор, пока на рабочем столе не окажется готовое изделие.

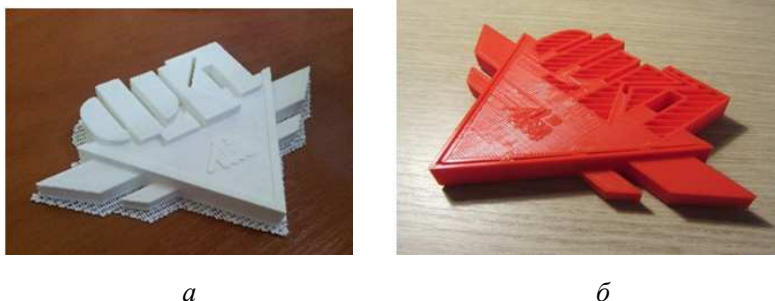
Для увеличения компетенций студентов БГУИР, в основном конструкторских специальностей, и ознакомления их с современными технологиями и техникой, реализующей эти технологии, кафедрой инженерной графики предпринята попытка ввести в преподаваемые ею дисциплины практические работы по применению 3D-принтера CubeX от 3D Systems (США) для создания физических моделей изделий, разработанных студентами по соответствующим темам инженерной графики (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид принтера CubeX

Принтер представляет собой куб, облицованный с ребер пластмассой. Картриджи с пластиком расположены внутри. Работает CubeX на двух видах пластика: PLA и ABS. Максимальная площадка для печатания имеет размеры $27 \times 27 \times 24$ см, вес принтера – около 36 кг.

Студентам предлагалось в начале изучить процесс 3D-печати на примере изготовления логотипа факультета компьютерного проектирования, созданного в 3D-формате в программе AutoCAD, и далее напечатанного с помощью принтера CubeX и технологии послойного изготовления (рис. 3) [3].



a

б

Рис. 3. Физическая 3D-модель логотипа ФКП:
a – с подложкой в виде сетки; *б* – без подложки

Необходимо обратить внимание на то, что внутренняя часть реалистичного логотипа будет отличаться от его компьютерной модели. Прототип имеет полую форму с поддерживающей конструкцией в виде перегородок. Это различие автоматически создается программой при преобразовании форматов и связано с тем, что расход материала будет значительный при печатании монолитного объекта.

Далее студентам необходимо было после освоения САПР AutoCAD и выполнения учебного задания в виде чертежа по теме «Проекционное

черчение» изготовить в соответствии со своим заданием изделие в натуральном виде.

Последовательность изготовления была следующая. На первом этапе была сгенерирована электронная 3D-модель изделия (рис. 4, *a*). На втором этапе в специальной программе электронная модель была сконвертирована в формат с расширением *.stl, который распознает применяемый принтер. На третьем этапе путем задания точностных и масштабных настроек в течение трех часов было отпечатано изделие (рис. 4, *б*).

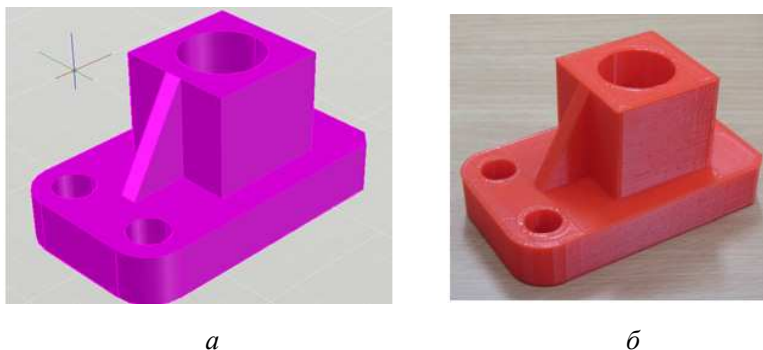


Рис. 4. Электронная 3D-модель изделия (*a*)
и физическая 3D-модель изделия (*б*)

В заключение необходимо отметить, что трехмерная печать как процесс овеществления своих электронных замыслов вызывает горячий интерес у студентов и при определенных условиях может занять достойное место в учебном процессе.

Список литературы

1. Столер В.А., Столер Д.В. Использование трехмерных технологий для моделирования и создания защитных экранов ЭМИ // Технические средства защиты информации: тез. докл. XIII Белорусско-российской НТК; 4–5 июня 2015 г. – Минск: Изд-во БГУИР, 2015. – С. 79.
2. Столер В.А., Особенности использования трехмерной печати при решении инженерно-технических задач // Технические средства защиты информации: тез. докл. XIV Белорусско-российской НТК; 25–26 мая 2016 г. – Минск: Изд-во БГУИР, 2016. – С. 70.
3. Столер В.А., Шамшуров П.Ю. Изготовление физических моделей предметов с использованием 3D-принтера // Инновационные технологии в инженерной графике: Проблемы и перспективы: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф.; 20 апреля 2016 г., Брест / БГТУ, Новосибирск НГАСУ (Сибстрин). – Брест, 2016. – С. 139–141.

ГРАФИЧЕСКИЕ РЕДАКТОРЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Тен Марина Германовна

Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет, Новосибирск

Раскрывается инновационный подход преподавания начертательной геометрии на первом курсе технического вуза в условиях интенсификации учебного процесса. Сущность подхода заключается в комплексном применении графических редакторов в процессе обучения. С одной стороны, средства машинной графики применяются в лекционном материале в качестве дополнения традиционных способов обучения инновационными способами, обеспечивающими наглядность. С другой стороны, графические редакторы применяются студентами как инструмент, освобождающий от рутинных операций ручного вычерчивания при выполнении традиционных заданий. Хочется подчеркнуть особую значимость применения редакторов при моделировании учебных ситуаций средствами 3D-графики для формирования пространственных представлений.

Ключевые слова: графические редакторы; комплексный подход; 3D-графика; профессиональные компетенции; студенты технического вуза; пространственные представления.

GRAPHIC EDITORS AS AN EFFECTIVE INSTRUMENT FOR FORMING PROFESSIONAL COMPETENCES OF STUDENTS OF TECHNICAL HIGHER EDUCATION

Ten Marina Germanovna

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

The article reveals the innovative approach of teaching descriptive geometry in the first year of a technical college in conditions of intensification of the educational process. The essence of the approach is the integrated use of graphic editors in the learning process. On the one hand, the means of computer graphics are used in lecture material as a supplement to traditional methods of teaching innovative ways that provide visual presentation. On the other hand, graphic editors are used by students as a tool that relieves of routine manual drawing operations when performing traditional tasks. I would like to emphasize the special importance of the use of editors in the modeling of educational situations using 3D graphics for the formation of spatial representations.

Keywords: Graphic reactors; Integrated approach; 3D graphics; Professional competencies; Students of a technical college; Spatial representations.

В современных условиях в высшем профессиональном образовании происходит переход на компетентностный подход. В рамках этого подхода наиболее значимыми стали творческие качества специалиста-

инженера [1]. По мнению многих исследователей, графическая среда благоприятна для развития этих качеств и связанного с ним пространственного воображения [2, 7].

С другой стороны, имеется проблематика усвоения курса начертательной геометрии студентами технического вуза, связанная с рядом причин. Низкий уровень школьной подготовки или ее отсутствие, интенсификация учебного процесса, недостаточный уровень пространственных представлений, обусловленный особенностями восприятия студентов технического вуза, приводят к существенным затруднениям в процессе обучения. По результатам проведенных нами исследований более 55 % студентов технических специальностей имеют аналитические способности, используя мыслительную стратегию: аналитичность, вербальность, но при решении заданий по начертательной геометрии более продуктивной является зрительно-пространственная. Студенты, успешно обучающиеся по многим предметам, недопонимают теоретический материал по начертательной геометрии, практические задания выполняют неосознанно. Проблема усугублена у студентов заочной формы обучения. Введена ускоренная форма обучения у вечерников (группа 121 ВУ), количество аудиторных часов у которых значительно сокращено. Например, аудиторные занятия по дисциплине «Начертательная геометрия» составляют 24 часа, а самостоятельная работа – 84 часа. Подобная интенсификация ставит преподавателя в тупиковую ситуацию, когда, с одной стороны, имеется обширный теоретический материал, которые студенты должны усвоить, но для этого необходима помощь преподавателя. Аудиторных часов недостаточно, да и учебные пособия не обладают необходимой степенью наглядности.

Это подтверждают и результаты многолетних исследований, проведенных на кафедре. Значительная часть студентов технического вуза считают основной причиной своих затруднений сложность учебного материала (45 %) при недостаточной степени наглядности.

Вместе с тем условия развитие информационного общества позволили существенно переработать методы преподавания, внедряя в процесс обучения графические редакторы в нескольких направлениях. С одной стороны, средства машинной графики могут выступать в качестве электронного кульмана, с другой – в качестве средства, формирующего пространственные представления. Педагогический опыт позволяет сделать вывод, что применение даже 2D-инструментария в графических редакторах позволяет в 2–4 раза ускорить выполнение

учебных заданий при условии владения навыками работы в программах. К сожалению, система образования недостаточна мобильна, и часы на обучение графическим редакторам не предусмотрены в учебных программах первого курса.

Ряд авторов, например А.Л. Хейфец [6], имеют разработки в области решения задач по начертательной геометрии и инженерной графике с применением графических редакторов, но мы не обнаружили видеуроков по данной тематике. С другой стороны, в настоящее время в Интернете помещено множество уроков по освоению различных графических редакторов, в том числе в формате видео, но в них не учтена специфика обучения начертательной геометрии в строительном вузе.

В сложившихся условиях мы разработали интерактивный учебный контент преподавателя начертательной геометрии, который включает в себя учебный комплекс: учебные курсы в системе Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), канал на YouTube, сайты преподавателя, электронные учебные пособия.

В рамках этого контента предусмотрен курс по обучению графическим редакторам в форме видеуроков. В курс помещено учебное пособие: «Компьютерная графика при выполнении заданий по начертательной геометрии и инженерной графике: «Видеоуроки: AutoCAD для заочников» [4]. 23 видеурока предназначены для студентов направления 270800 «Строительство» заочной и вечерней форм обучения с целью освоения начертательной геометрии и инженерной графики средствами AutoCAD. Пособие размещено в системе Moodle в курсе «Основы автоматизированного проектирования объектов» и разработано для освоения графического редактора. Курс включает в себя программу, список литературы, тестовые задания по AutoCAD, пособие с видеуроками и в настоящее время дополнен уроками по средствам объемного моделирования в программе AutoCAD Architectura.

В системе Moodle имеются также курсы по начертательной геометрии для студентов направления «Строительство» и «Архитектура». В видеолекциях демонстрируется процесс геометрического моделирования, что позволяет, с одной стороны, усваивать материал по начертательной геометрии, а с другой – осваивать графический редактор. В настоящее время в учебные курсы помещено 128 видео различного содержания, на канале Youtube созданы преЙлисты: начертательная геометрия, начертательная геометрия 3D, AutoCAD 2D и 3D и т.д.

Хочется подчеркнуть, что средства 3D-графики применяются как для повышения наглядности и в этом случае они лишь дополняют алгоритмы начертательной геометрии и 2D-построения. Вместе с тем ряд заданий целиком выполняется по компьютерным алгоритмам. Например, разработан компьютерный алгоритм для выполнения задания: составная поверхность гипара и винтовые поверхности. Эти задания предусмотрены в программе архитектурных групп. Полагаем, что особая трудоемкость этих заданий не позволяла некоторым студентам вовремя выходить на сессию, и лишь компьютерные алгоритмы, обладая особым изяществом, дали возможность студентам-архитекторам успешно освоить курс.

Нам близка позиция авторов, которые убеждены, что для выхода из кризиса необходимо дополнять курс НГ-методами 3D-геометрического моделирования. Вместе с тем мы не можем согласиться с крайними мнениями о том, что методы начертательной геометрии давно устарели и можно заменить ее преподаванием компьютерной графики. Мы не можем согласиться с принижением роли начертательной геометрии, так как именно она позволяет формировать пространственные представления и связанные с ними творческие качества максимально эффективно.

Н.А. Сальков предлагает следующий выход: «компьютерную графику классифицировать как аппарат для реализации наработок всех ветвей геометрической науки, а не как отдельно стоящую науку» [3, с. 37]. По мнению автора, именно такой подход позволит сохранить начертательную геометрию как фундаментальную науку, осваиваемую в вузе.

Таким образом, анализ работ, а также собственный педагогический опыт и авторские научные исследования позволили сделать вывод, что на первом курсе технического вуза необходимо и возможно применение графических реакторов при выполнении обязательных учебных заданий методами 2D и 3D-графики, при дополнении этих методов средствами 3D-моделирования в лекционном материале для повышения наглядности в восприятии сложных объемных геометрических форм. Мы полагаем, что формированию пространственных представлений способствует сочетание классики начертательной геометрии и инновационных методов решения задач по компьютерным алгоритмам.

Элементы синтеза геометрических моделей для формирования пространственных представлений также необходимо ввести в интерактивный обучающий контент преподавателя в среде мультимедиа в качестве учебно-методического обеспечения [5].

В группах, где применяются графические редакторы как студентами в процессе выполнения заданий, так и преподавателями в лекционном материале, мы отмечаем повышенный интерес студентов к изучаемым предметам, улучшение успеваемости и стремление к самостоятельному расширению знаний в области графических дисциплин по сравнению с группами, обучаемыми по традиционной методике.

Опросы подтверждают, что студентам значительно помогло объемное моделирование на компьютере для осмысления задач по начертательной геометрии (рисунок).

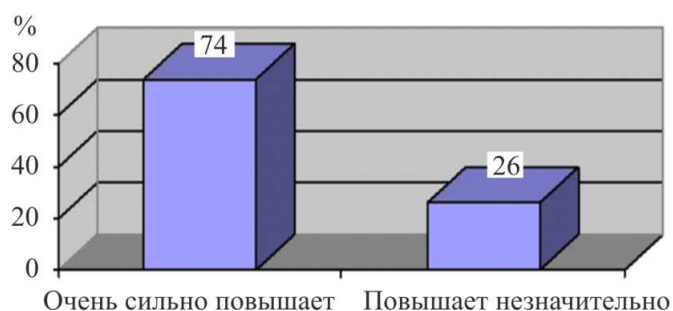


Рис. Повышение уровня наглядности использования компьютерных программ при выполнении заданий по начертательной геометрии (в % от общего количества участников)

Реализация разработанных мер педагогического воздействия показала, что усвоение курса начертательной геометрии существенно улучшилось без увеличения учебных часов.

Можно сделать вывод, что процесс усвоения курса начертательной геометрии студентами технического вуза идет успешнее в группах, где применялись графические редакторы в качестве инструментария выполнения заданий по начертательной геометрии, а также для повышения уровня наглядности.

Список литературы

1. Государственная программа РФ «Развитие образования» на 2013–2020 гг. / Министерство образования и науки РФ. – URL: http://минобрнауки.рф/документы/3409/файл/2228/13.05.15-Госпрограмма-Развитие_образования_2013-2020.pdf/ Основное мероприятие П. 1.6. С. 109 (дата обращения: 10.03.2014).

2. Лагунова М.В. Современные подходы к формированию графической культуры студентов в технических учебных заведениях. – Новгород: Изд-во ВГИПИ, 2003. – 251 с.

3. Сальков Н.А. Начертательная геометрия – база для компьютерной графики // Геометрия и графика. – 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 37–47. DOI: 10.12737/19832

4. Тен М.Г. Компьютерная графика при выполнении заданий по начертательной геометрии и инженерной графике. Видеоуроки: AutoCAD для заочников: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: Изд-во НГАСУ (Сибстрин), 2012.

5. Тен М.Г. Формирование профессиональных компетенций студентов технических специальностей в процессе графической подготовки // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3. – № 1. – С. 59–63. DOI: 10.12737/10459

6. Хейфец А.Л., Логиновский А.Н. Начертательная геометрия и компьютерное геометрическое моделирование: учеб. пособие. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2013. – С. 46–49.

7. Якиманская И.С. Психология математической деятельности учащихся при обучении геометрии // Методика обучения геометрии. – М., 2004. – Вып. 4. – С. 34.

ТВОРЧЕСКОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ СТУДЕНТАМИ КОМПЛЕКСНЫХ КОНКУРСНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Токарев Владимир Адольфович

Рыбинский государственный авиационный технический
университет им. П.А. Соловьева, Рыбинск

Рассмотрены творческие разработки студентов, выполненные с применением комплекса графических программ и обеспечивающие оптимизацию интенсивного обучения.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, компьютерная графика, творчество студентов, конкурсы.

CREATIVE FULFILLMENT BY STUDENTS OF COMPLEX COMPETITIVE GRAPHIC WORKS

Tokarev Vladimir Adol'fovich

Rybinsk State Aviatin Technical University

Creative works of students, executed with application of a complex of graphic programs and providing optimization of intensive training are considered.

Keywords: professional training, computer graphics, creativity of students, competitions.

Введение элементов творчества в самостоятельную работу способствует оптимизации графической подготовки студентов, так как обеспечить приобретение ими практических навыков, необходимых для профессионального владения основными компьютерными графическими методами и различными графическими программами, в рамках плановых аудиторных часов занятий по компьютерной графике в настоящее время не представляется возможным. Студент дополнительно осваивает необходимые ему для настоящей или будущей работы конкретные графические информационные технологии и компьютерные программы. Для подтверждения знаний и выполненной работы студенту необходимо иметь соответствующую ссылку в информационной базе данных или положительную оценку после защиты собственной разработки с соответствующим документом в электронном или бумажном виде. На кафедре графики Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева (РГАТУ) поддерживается творческая инициатива студентов, в частности, при выполнении итоговых курсовых работ, при участии в конкурсах, сдаче сертификационных экзаменов [1]–[5]. В дисплейных классах кафедры графики на по-

стоянной основе применяются две лицензионные графические системы САПР. В то же время в зависимости от потребностей студентов и инициативы преподавателей кафедры в определенные промежутки времени на 2–3 компьютерах применяются свободно распространяемые компьютерные графические программы. В частности, такая потребность возникает при необходимости оперативной подготовки студентов к участию в конкурсах заочно.

В качестве примеров ниже рассмотрены выборочные творческие графические работы, представленные на заочных конкурсах в 2016 г. студентами первого курса, проходящими обучение по кафедре графики РГАТУ.

Характерным конкурсом отечественного производителя САПР является ежегодный конкурс АСКОН «Будущие АСы КОМПьютерного 3D-моделирования». На рис. 1 представлена конкурсная работа 2016 г. (студентка А.А. Чернова), разработанная на основании чертежа общего вида аналогичного приспособления [6].

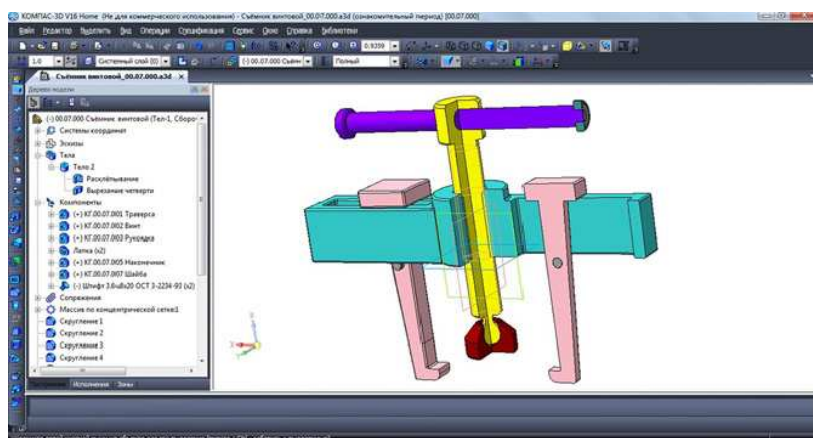


Рис. 1. Конкурсная работа «Съемник винтовой»

Работа выполнялась в развитие курсовой работы по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика». Элемент студенческого творчества реализован в расширении функциональных возможностей базового аналога. На конкурс было достаточно представить копии экрана модели с деревом. В 2017 г. конкурс сменил название, а также предложено конкурсантам, по возможности, дополнительно осуществлять визуализацию в виде фотореалистичного изображения и сделать анимацию. Фотореалистичность разработанной модели в настоящее время становится нормой.

Частично это связано с разработкой новых удобных, относительно быстрых и простых способов получения таких изображений.

На рис. 2 приведена разработка (студент И. Петров), выполненная в соответствии с условиями конкурса «Autodesk Design for Automotive», предусматривающего разработку проектов гоночных автомобилей с применением Autodesk Fusion 360.

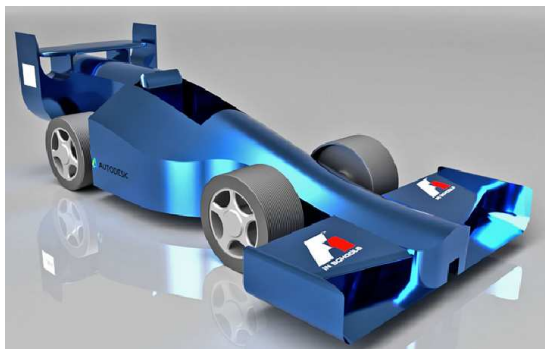


Рис. 2. Фотореалистичное изображение геометрической модели конкурсной работы

Удобством данного конкурса являлось применение относительно компактной, легко осваиваемой и нетребовательной к применяемому компьютеру программы, которая обеспечивает решение сразу нескольких специализированных задач. Эти удобства программы созданы, по мнению автора данной статьи, за счет применения минимально необходимого числа параметров разрабатываемой модели. Кроме этого трудоемкие расчеты вынесены в «облако». Оперативная установка вновь появляющихся графических программ, временно находящихся в свободном доступе, позволяет знакомиться студентам с новыми направлениями в информационных технологиях, в частности с «облачными технологиями».

Рассмотренные выше два примера предполагали использование одной основной программы соответствующего разработчика программного обеспечения. В свою очередь, в учебных заведениях имеется и реализуется возможность для учащихся применять знания в разработке конкурсных проектов в зависимости от выбранного ими набора различных специализированных компьютерных графических программ, работающих в комплексе. В качестве примера ниже рассмотрена порученная автору статьи номинация «Современные информационные технологии в архитектуре» всероссийского конкурса студенческой и учащейся молодежи «Современные информационные технологии в машинострое-

нии, архитектуре и дизайне» с заочным участием (РГАТУ, март 2016 г.). Необходимо было разработать для данной номинации раздел соответствующего положения конкурса, задание, критерии оценки, подготовить исходные данные. В конкурсе принимали участие команды, состоящие из 3 участников (1-го учащегося учреждения среднего образования и 2 студентов учреждения высшего образования). Ниже приведены с небольшими сокращениями исходные данные, задание и критерии оценки.

Исходные данные номинации «Современные информационные технологии в архитектуре»:

– исходные изображения объекта архитектуры (далее – объекта) представлены в виде 33 фотографий исходного объекта. Исходным объектом является разрушаемый от времени, подлежащий реставрации объект культурного наследия города Рыбинск «Дом жилой Филиппова, построенный в 1880 г.»;

– габаритные размеры объекта: длина – 21 м, ширина – 13,4 м (по уровню окон – представлен файл с планом наружных стен первого этажа), высота – 12,45 м (по верхней точке трубы). На четырех фото указаны точки, обозначенные кругами и цифрами от 1 до 17 на поверхности объекта, для которых в скобках указаны уровни в сантиметрах относительно точки 1 (нулевая отметка). Размеры получены электронным обмером. Погрешности измерений и простановки точек составляют 5 см;

– размеры проёмов окон в плоскости наружных поверхностей рам на первом этаже – 1 м × 1,7 м, на втором этаже – 1 м × 2 м. Глубина расположения плоскости наружных поверхностей рам от стены – 16 см. Двери – двухстворчатые филенчатые, размер проёма дверей – 1,5 м × 2,6 м;

– цвет рам окон, откосов окон, откосов дверей, лепнины, выступающих элементов – белый. Поверх кирпичной кладки необходимо восстановить штукатурный слой с охристым колером. Цвет окраски других элементов объекта выбирается на основе имеющихся фото и исходя из эстетических соображений с преобладанием охристого колера. Сливы крыши и окон, козырьки, конёк крыши, угловые сливные трубы – оцинкованное железо. Крыша покрыта листами материала «под шифер».

Задание

1. В растровом редакторе преобразовать четыре фотографии объекта к изображениям, близким к ортогональным проекциям объекта, представляемым на чертеже фасада – исправить перспективу. На исправленных фото размеры должны соответствовать исходным данным.

Вертикальные линии здания должны быть вертикальны. На двух фото горизонтальные линии здания должны быть горизонтальны, на двух других фото с угла здания горизонтальные линии здания должны быть параллельны. Результат данного раздела задания – четыре статических растровых изображений в формате jpeg размерами в пикселях 3200×2400. Габаритные размеры в миллиметрах соответствующего изображения здания должны с точностью до 0,2 м соответствовать исходным данным габаритных размеров объекта;

2. На основе исходных данных и преобразованных фотографий разработать трёхмерную электронную геометрическую модель объекта. Должна быть смоделирована геометрия наружной «отреставрированной» поверхности объекта. Геометрия модели должна отображать внешний вид, который должен принять, по мнению конкурсантов, объект после возможной реставрации. Элементы лепнины выполнить на двух фасадах. Предусмотреть разрушаемые от времени архитектурные элементы. Форму и размеры геометрических элементов объекта необходимо оставить без изменений. Над дверями предусмотреть козырёк с витыми кованными боковыми упорами. Предусмотреть под крышей сливы и по углам сливные трубы. Нанести текстуру на отдельные поверхности в соответствии с исходными данными.

Разработать фотореалистичные статические и одно анимационное изображения полученной трёхмерной электронной модели объекта. Предусмотреть источники света, камеру и полый прямоугольный параллелепипед, внутри которого должны располагаться разработанная геометрическая модель объекта и камера. Результат задания – 5 фотореалистичных статических изображений размером 3200×2400 пикселей в формате jpeg и 1 анимационное размером 640×480 пикселей в формате avi. Допускается снижение размеров 5 фотореалистичных статических изображений до размером 1024×768 пикселей и 1 анимационного до размера 320×240 пикселей с учётом небольшого снижения общей оценки. Четыре статических изображения необходимо получить при расположении камеры на высоте 1,5 метра со всех четырёх углов объекта, чтобы просматривались все разработанные элементы. Пятое статическое изображение предназначено для детального просмотра лепнины и других мелких элементов геометрии. Пятисекундная анимация с частотой 25 кадров в секунду (125 кадров в файле avi) должна включать облет по замкнутой траектории камерой объекта с материалами и тенями. Замкнутая траектория должна проходить выше уровня конька кры-

ши, и в анимации должны максимально просматриваться геометрические элементы здания.

3. Разработать изображение одного фасада в соответствии с ГОСТ 21.501-93 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей» без основной надписи, дополнительных граф и рамки чертежа. На изображении необходимо показать элементы геометрии (лепнина и др.) с окраской. Результат задания – статическое в виде файла размерами не менее 3200×2400 пикселей изображение фасада с отображением геометрии и окраски элементов.

Ставилась задача разработки в учебном варианте графического проекта, предназначенного для обсуждения вопроса о возможной реставрации объекта архитектуры. Таким образом, моделировалась ситуация о возможности выполнения относительно дешевой разработки за счет оперативного ее выполнения сроком не более двух дней доступными средствами и временно созданной малочисленной группой разработчиков не более трех человек.

Подготовка к конкурсу учащимися начиналась с выбора нескольких программных продуктов, наиболее удобных, с их точки зрения, для выполнения работ. После выбора информационного обеспечения осуществляется подготовка во внеаудиторные часы занятий в соответствии с общей информацией о заданиях, описанных в заранее опубликованном положении.

В заданиях предполагалось использование конкурсантами основных методов компьютерной графики – растровой графики для преобразования фотографий и формирования итоговых файлов визуализации, векторной двумерной графики для разработки изображения фасада и заготовок поверхностей здания, векторной трехмерной графики – для разработки модели здания и формирования его окружения.

На рис. 3 и 4 в качестве примеров представлены выборочно два изображения, полученные совместной командой РГАТУ и ГОУ СПО «Рыбинский полиграфический колледж».

Необходимость комплексного применения различных графических компьютерных методов и программ предъявляла к конкурсанту требования, соответствующие требованиям к разностороннему специалисту в области компьютерной графики.

Использование различных форм дополнительного образования, в том числе участие в конкурсах, способствует оптимизации самостоятельного обучения и выбору учащимися необходимого информацион-

ного обеспечения для выполнения графических работ в учебном заведении и в своей дальнейшей производственной деятельности

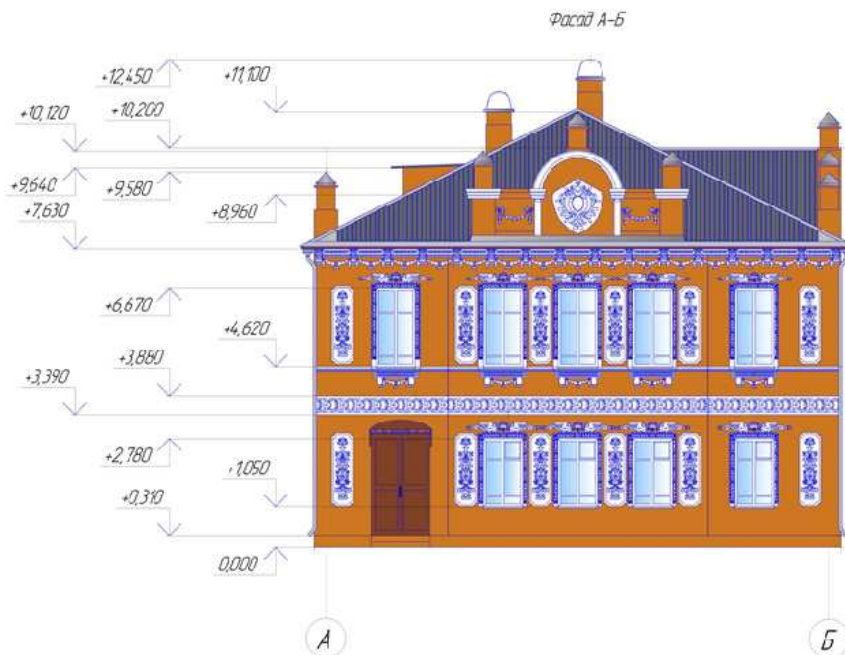


Рис. 3. Элемент выполненного задания конкурса «Изображение фасада»



Рис. 4. Элемент выполненного задания «Изображение трёхмерной электронной геометрической модели объекта»

Список литературы

1. 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. – Т. 1. – Вып. 3–4. – С. 40–43. DOI: 10.12737/2132.

2. Токарев В.А., Шевелев Ю.П. Комплексная графическая подготовка в инженерном образовании // Информатизация инженерного образования – ИНФОРИНО-2016: тр. междунар. науч.-практ. конф.; г. Москва, 12–13 апреля 2016 г. – М.: Изд. дом МЭИ, 2016. – С. 227–228.

3. Кащеева П.В., Шевелев Ю.П., Токарев В.А. Организация, проведение и итоги студенческой олимпиады «Инженерная и компьютерная графика» в ФГБОУ ВПО «РГАТУ им. 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.

4. 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.

5. Токарев В.А. Оптимизация форм самостоятельного образования по компьютерной графике в техническом вузе // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф.; г. Брест, 20 апреля 2016 г. / отв. ред. Т.Н. Базенков. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2016. – С. 160–162.

6. Боголюбов С.К. Задание по детализованию. Альбом чертежей. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 17.

О ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМНОГО ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ В БАЗОВОЙ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ В КОНТЕКСТЕ CE/PLM

Усанова Елена Владимировна

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

Рассмотрены приемы формирования системного технического мышления в базовой геометро-графической подготовке с применением графических средств представления обучающей информации и CAD-систем. Системное квантование и когнитивная визуализация информации в структурно-логических схемах развивают системное мышление студента. Электронные образовательные ресурсы на базе графических средств создают предпосылки для персонализации обучения, повышая эффективность базовой геометро-графической подготовки в аудиторной и самостоятельной работе студента.

Ключевые слова: геометро-графическая подготовка, системное квантование, когнитивная визуализация, структурно-логические схемы, системное мышление.

ABOUT THE FORMATION OF THE SYSTEM ENGINEERING MENTALITY IN THE OF BASE GEOMETRIC AND GRAPHIC PREPARATION IN THE CONTEXT OF CE/PLM

Usanova Elena Vladimirovna

Kazan National Research Technological University

Considered methods of formation system technical thinking in the basic geometric and graphic training with the use of graphical means of representation of educational information and CAD systems. The system quantization and cognitive visualization of information in a structural and logical schemes develop systematic thinking of students. Electronic educational resources on the basis of graphical tools create the prerequisites for personalizing learning, increasing the efficiency of the basic geometric and graphic training in classroom and independent work of students.

Keywords: geometro-graphic training, system quantization, cognitive visualization, structural-logic circuit, system thinking.

Проектный характер деятельности мультидисциплинарной команды специалистов в параллельном инжиниринге (CE/PLM) предопределяет системный стиль политехнического инженерного мышления, имеющего весьма широкий интеллектуальный диапазон: экономическое, управленческое и коммуникативное, логическое и образно-интуитивное, эстетическое и творческое, научное и практическое, эргономическое и экологическое (рис. 1 [5, с. 369]).

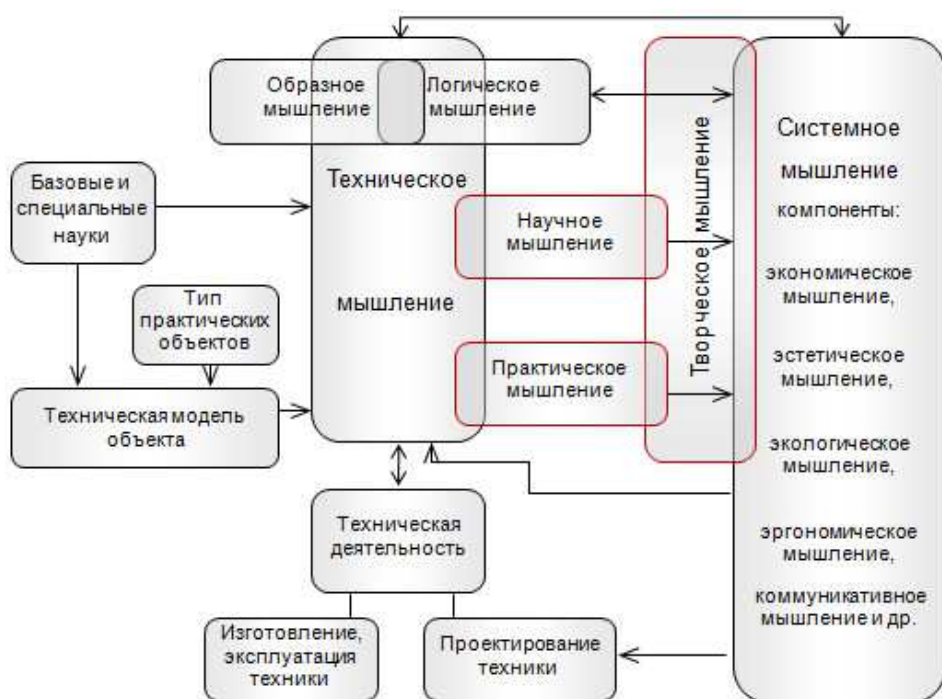


Рис. 1. Системное политехническое мышление в инженерной деятельности

Техническое мышление сочетает такие полярные стили, как логическое и образное: системное мышление здесь выступает как следствие научного, практического и творческого мышления. При этом в период динамичного развития экономики инноваций, характеризующийся наукоемкостью производств, значительно возрастает значимость инновационно-творческого мышления инженера. Специфика работы в едином информационном пространстве предприятия/кластера позволяет охватить весь жизненный цикл проектируемого объекта, открывая широкие возможности для реализации системного инженерного мышления. Поэтому в CE/PLM стоит задача формирования менталитета инженера нового типа, способного/готового создавать конкурентоспособную технику в интегрированной проектно-технологической CAD/CAE/CAM/PDM-среде.

Основой геометро-графической подготовки (ГПП) для профессиональной деятельности в этой среде должны стать не только ее структура и содержание, но и процедуры рефлексивного характера, формирование качества системного инженерного мышления. Приоритетные задачи базовой ГПП будущих инженеров-разработчиков тесно связаны с развити-

ем в процессе учебной деятельности творческого проектно-конструкторского мышления в сочетании с анализом-синтезом и профессиональной интуицией, с развитием созидательных способностей, самостоятельности, со стимулированием внутренней мотивации. В качестве инструментов повышения эффективности (интенсификации, качества, экономичности) решения этих задач выступают графические средства представления обучающей информации (ГСПИ) и САД-системы, составляющие современное ядро учебно-методического обеспечения в базовой ГПП. Их роль обусловлена тем, что они обеспечивают новые возможности и гораздо более высокое качество ГПП за счет педагогического воздействия этих средств на формирование важных компонентов геометро-графической компетентности, характеризующих, в первую очередь, ее целостность: мотивационно-ценностную, когнитивную, практико-деятельностную, творческую, психологическую.

В практике современной базовой ГПП на базе ГСПИ и САД-систем для эффективного формирования системного политехнического мышления как компонента геометро-графической компетентности применяются в основном следующие приемы:

1. Визуальное структурирование и интеграция дидактических единиц.
2. Использование активных форм учебной деятельности (метод проектов, работа в команде и др.) с целью развития творческой активности.
3. Персонализация обучения в различных форматах e-learning.

1. В педагогической практике используются многие техники когнитивной визуализации, обусловленные особенностями и свойствами знаний различных предметных областей. Это опорные схемы и различные типы диаграмм и графов: fishbone диаграммы Исикавы, causal chains каузальные цепи, roadmaps «стратегические» карты, spiders – лучевые схемы-пауки, ассоциативные mindmapping ментальные карты памяти и др. [1; 4, с. 177]. Структуризация учебного материала позволяет быстрее и качественнее усваивать новые системы понятий и способы действий. При систематизации учебной информации в графическом виде, выделении главных логических компонентов работает логическая (смысловая) память, основанная на установлении в запоминаемом материале смысловых связей. Эффективность ее в 20 раз выше, чем механической [5, с. 61]. Поэтому для повышения эффективности (интенсификации, качества, экономичности) решения образовательных задач ГПП целесообразно использовать классические структурно-логические схемы (СЛС) с фреймами (рис. 2):

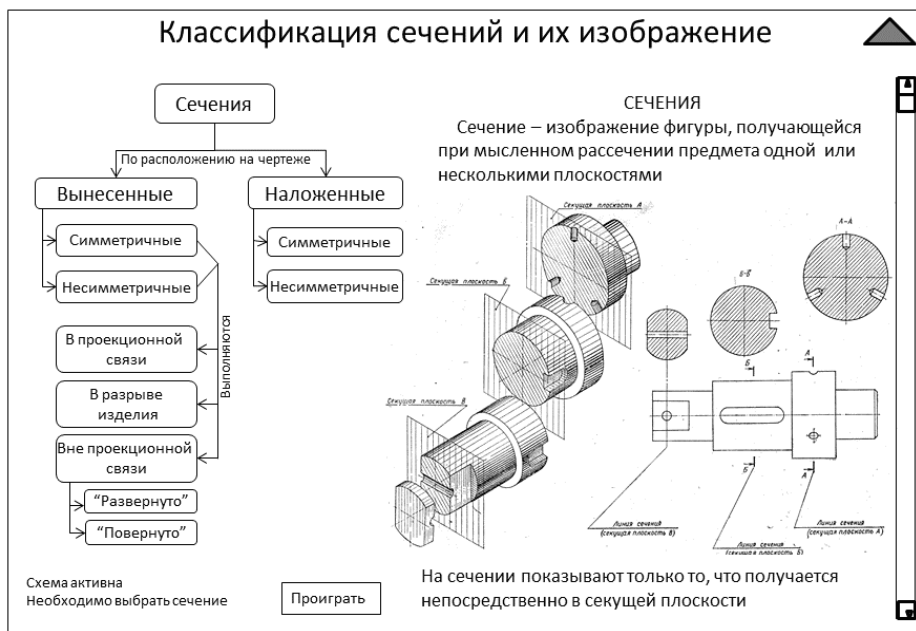


Рис. 2. Страница ЭОР «Изображения на чертеже»

Элементы активных СЛС вызываются на экран по мере углубления в освоение учебного модуля, при этом всплывают фреймы с необходимой конкретному пользователю степенью детализации. Коэффициент информативной значимости (отношение доли сущностной информации к полной информационной емкости сообщения) для СЛС более высок, чем, например, просто последовательного ряда чертежей. При этом интенсификация учебно-познавательной деятельности с применением СЛС происходит за счет ориентации не только на усвоение обучающей информации, но и на приемы ее усвоения, на организацию способов мышления, «позволяющих увидеть связи и отношения между изучаемыми объектами, а значит, связать отдельное в единое целое» [2, с. 145], систематизируя знание.

Графическая информация обладает высокой информационной емкостью. Перегруженность ею на экране создает напряжение внимания и в итоге не воспринимается полностью. Наилучшее запоминание информации фиксируется психологами при 30-кратном повторении [5, с. 90], а при фиксированном количестве повторений, распределенных во времени, они оказываются более эффективными, чем одновременные (закон А.Йоста). Систематическое с периодическими повторениями усвоение информации намного эффективнее, чем концентрированное за-

учивание большого объема в сжатые сроки, вызывающее умственную перегрузку и почти полное ее скорое забывание. Структуризация учебной информации на основе логических связей, организация в целостные логические структуры способствуют сосредоточению и поддержке внимания, лучшему запоминанию и усвоению и, кроме того, нивелируют опасность развития клипового мышления у обучающихся.

Методологически технология использования ГСПИ в ГПП основана на принципах системного квантования и когнитивной визуализации [3, с. 146]. Системное квантование вытекает из специфики мыслительной деятельности и учитывает то, что большой объем обучающего материала, представленный систематизированно, в сжатом, укрупненном виде с выделением смысловых опор, способствует эффективному запоминанию. Когнитивная визуализация базируется на том, что эффективность усвоения повышается, если ГСПИ осуществляют не только иллюстративную, но и когнитивную функцию, т.е. используют когнитивные графические приемы и техники, формирующие качество мышления.

2. С деятельностной точки зрения творческие способности в технической графике могут проявляться по-разному: как на уровне целостной личности (дизайнерское, конструкторское творчество), так и на уровне отдельных составляющих познавательной деятельности – в ходе решения задач конструирования, участия в проектах и т.д. [2, с. 45]. Эти способности к продуктивному творчеству могут основываться как на опыте, так и на интеллектуальных способностях.

Комплексное применение в обучении ГСПИ и профессиональных САД-систем выводит процесс развития творческих качеств личности на качественно новый уровень. С одной стороны, креативные технологии, использующие наглядность знаково-символических средств, позволяют формировать творческое мышление, а с другой – выполнение графических работ в 3D, в том числе и творческих работ, в команде с возможностью многовариантных решений способствует возможности самовыражения обучающихся и, следовательно, их положительной мотивации к творческому поиску. Универсальность современных графических систем позволяет осуществлять компьютерное проектирование в инженерном дизайне в тех его приложениях, где требуется выполнение клаузуры, построение эскизов будущих изделий. Кроме того, развитие творческой активности стимулирует подбор специальных заданий, позволяющих развивать беглость, гибкость, оригинальность и точность творческого

мышления. Большая пятерка («big five») качеств личности, характеризующих творческое мышление: открытость, восприимчивость к новому и способность к обнаружению и постановке проблем, быстрота, гибкость, оригинальность и точность мышления – наиболее эффективно и быстро выявляются, формируются, развиваются и тренируются именно в работе с САД-системами, которые становятся катализаторами творческого процесса в рамках возможностей их инструментария. В активной форме учебной деятельности – проблемно-ориентированной, проектно-организованной, творческой, командной работы в формате blended-learning в исследовании автора (2014/2015 уч. г.) достигнут рост уровня геометро-графической компетентности – до 25 % [7, с. 21].

3. В условиях, когда в вузах быстрыми темпами осуществляется информатизация геометро-графической подготовки, открываются широкие возможности для индивидуализации образовательного процесса с учетом личностных особенностей обучающихся, например, возможностей развития пространственного мышления, что имеет первоочередное значение в творчестве инженера-конструктора. В персональном тренинге в процессе самостоятельной работы или при реализации тьюторинга с применением средств удаленного доступа, с помощью технологий 3D-виртуальной реальности и т.д. возможен индивидуальный (персонализированный) или в малых группах характер обучения в форматах e-learning. Приоритеты в смысле выбора каналов передачи информации в обучении выбираются по принципу удобного и привычного ее восприятия отдельным индивидуумом или однородной в смысле восприятия информации группой.

Роль технологий обучения здесь становится весьма ответственной, поскольку именно на этапе базовой ГПП представляется, быть может, последняя возможность восполнить те упущения, которые были допущены ещё в довузовском образовании. Оптимальным практическим решением учета индивидуальных особенностей личности обучающегося в условиях информатизации ГПП становится ее индивидуализация.

Результаты многолетних исследований динамики формирования базового уровня геометро-графической компетентности на больших выборках обучающихся в среднем и высшем профессиональном образовании подтверждают эффективность применения перечисленных выше приемов в базовой ГПП [7, с. 20] (рис. 3).

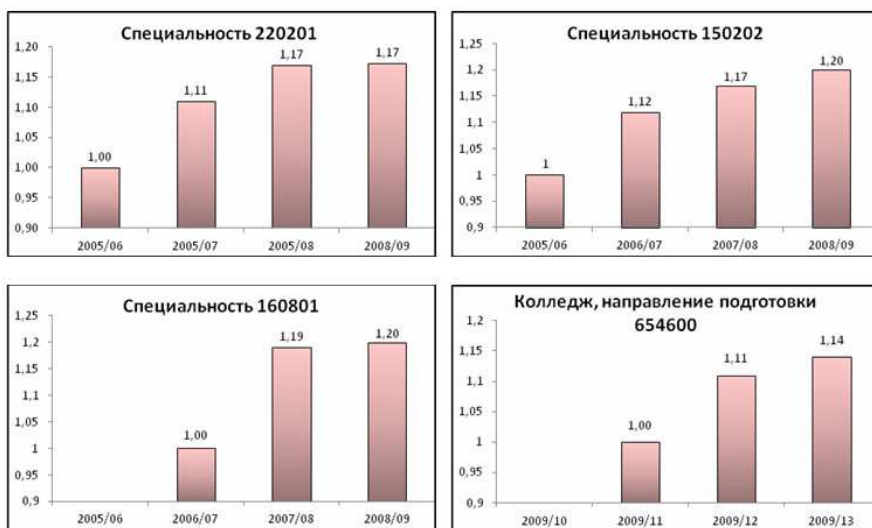


Рис. 3. Интегральные показатели динамики формирования базового уровня геометро-графической компетентности: 2005/2006 г. – традиционное обучение; 2006/2007 г. – обучение с использованием ГСПИ; 2007/2008 г. – ГСПИ + автоматизированное самотестирование; 2008/2009 г. – ГСПИ + автоматизированное самотестирование + графический тренинг в САД-системе с применением видеороликов

Наблюдаемый рост формирования уровня геометро-графической компетентности в базовой графической подготовке с применением ГСПИ и САД-систем на 10–12 % сопоставим с результатами фундаментальных исследований А.В. Соловова для других предметных областей [6, с. 87–90].

Список литературы

1. Бабич А.В. Эффективная обработка информации. Mind mapping для студентов и профессионалов: учеб. пособие. – М.: Интернет-ун-т информ. технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2011. – 223 с.
2. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Академия, 2003. – 194 с.
3. Лаврентьев Г.В., Лаврентьева Н.Б., Неудахина Н.А. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов: учеб. пособие: в 3 ч. – 2-е изд. доп. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. – Ч. 2. – 232 с.

4. Монахова Г.А. Визуализация учебной информации в образовательном процессе // Электронная Казань-2012: материалы Четвертой междунар. науч.-практ. конф. – Казань: ЮНИВЕРСУМ, 2012. – С. 177–181.

5. Столяренко Л.Д., Столяренко В.Е. Психология и педагогика для технических вузов. Сер. Высшее образование. – Ростов-н/Д: Феникс, 2004. – 512 с.

6. Соловов А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. – Самара: Новая техника, 2006. – 464 с.

7. Усанова Е.В. Формирование базового уровня геометро-графической компетентности у будущих специалистов в области техники и технологии: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Казань, 2016. – 24 с.

ЛЕНТА ФЕДОРЕНКО – УСЛОВНАЯ РАЗВЕРТКА СФЕРЫ

Федоренко Владимир Игоревич

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

**Кучеров Кирилл Владимирович,
Христофоров Павел Андреевич**

В работе показан алгоритм построения разверток сложных поверхностей методами начертательной геометрии и продемонстрирована возможность формообразования сложных поверхностей из плоских разверток.

Ключевые слова: начертательная геометрия, развертка, сфера, торсовая поверхность.

FEDORENKO'S TAPE – CONDITIONAL SWEEP OF THE SPHERE

Fedorenko Vladimir Igorevich

Bauman Moscow State Technical University

**Kucherov Kirill Vladimirovich,
Hristoforov Pavel Andreevich**

The work shows the algorithm scans of complex surfaces using the methods of descriptive geometry and demonstrated the possibility of forming complex surfaces of planar scans.

Keywords: Descriptive geometry, sweep, sphere, torso surface.

В технике термином «развертка» называют плоскую заготовку, из которой получают объёмную форму детали или конструкции путём гибки. В современной промышленности развертки поверхностей широко применяются в различных видах производства, но особенно в тех, которые связаны с листовыми материалами: нефтехимическая и газовая промышленность (резервуары и трубопроводы), судостроение, авиастроение, легкая промышленность (швейная и кожевенная).

В данной работе под термином «развертка» будет пониматься плоская фигура, полученная при совмещении элемента развертываемой поверхности с плоскостью без разрывов и складок, при этом развертываемая поверхность рассматривается как гибкая, нерастяжимая пленка [1].

Прежде всего необходимо определить основные термины и алгоритмы, поскольку в разных литературных источниках они различаются.

Все поверхности можно разделить на разворачиваемые и неразворачиваемые. К первым относятся гранные поверхности и линейчатые поверхности, которые называются торсовыми. К торсовым поверхностям относятся цилиндрические, конические и поверхности с ребром возврата. Все остальные поверхности являются неразворачиваемыми (например, сфера или тор).

Различают следующие виды разверток: точные, приближенные и условные.

Точные развертки можно получить только для многогранных поверхностей, поскольку такая развертка есть совокупность многоугольников, конгруэнтных граням разворачиваемой поверхности и расположенных в одной плоскости [2].

Приближенные развертки используются при разворачивании торсовых поверхностей. При этом криволинейные поверхности заменяются аппроксимирующей многогранной поверхностью. Например, цилиндрическая поверхность заменяется призмой. Однако точная развертка такой призмы будет только приблизительно соответствовать развертке цилиндрической поверхности.

Для оставшихся неразворачиваемых поверхностей производится построение условных разверток. Для этого применяется метод двойной аппроксимации. Сначала неразворачиваемая поверхность разбивается на ряд отсеков. Каждый из этих отсеков заменяется (аппроксимируется) отсеком криволинейной разворачиваемой (торсовой) поверхности. Каждый отсек разворачиваемой поверхности аппроксимируется соответствующей ей многогранной поверхностью. И только после этого получают точную развертку многогранной поверхности, которая является условной разверткой неразворачиваемой поверхности [3].

В литературе показано несколько стандартных способов создания разверток неразворачиваемых поверхностей [4]. Например, поверхность сферы аппроксимируется отсеками цилиндрических поверхностей, которые потом заменяются призмами. В этом случае развертка будет выглядеть как набор двухдуговых «лепестков». Или сферическую поверхность заменяют элементами цилиндрических и конических поверхностей.

Иногда при создании развертки неразворачиваемой поверхности аппроксимацию отсека элементом многогранника заменяют на вырезание элемента самой криволинейной поверхности, как если бы материал поверхности был тканью.

Кроме этого существуют и другие методы создания поверхностей, основанные на изгибании плоских заготовок [5, 6].

В промышленности же развертки больших сферических резервуаров состоят из меридианальных лепестков и купола с днищем в виде двух сферических сегментов. Купол и днище резервуара получают из металлического диска путем обжатия на оправке с помощью молота или прессы. Лепестки изготавливаются на многовалковом стенде методом холодного вальцевания, т.е. гибки металла до нужной формы или используется метод горячей штамповки, т.е. изгибают в двух плоскостях.

Таким образом, можно сделать вывод, что создать неразвертываемую поверхность из плоской развертки очень сложно. Повышение геометрической точности такой поверхности ведет к увеличению количества элементов (отсеков) поверхности, что отрицательно скажется на экономической составляющей процесса изготовления и прочностных характеристиках объекта. Поэтому создание новых способов развертывания сложных поверхностей является актуальной задачей.

Постановка задачи

Задача исследования – найти вариант построения условной развертки сферы без разбиения ее на отсеки.

Решение задачи

Для решения поставленной задачи необходимо заменить (аппроксимировать) поверхность сферы некой развертываемой поверхностью. Из курса начертательной геометрии известно, что любая поверхность может быть задана как множество последовательных положений некоторой движущейся в пространстве линии. Такая линия называется образующей. Закон перемещения образующей в пространстве и изменения её формы задается направляющими линиями.

В нашем варианте построения образующая линия должна быть отрезком прямой (иначе аппроксимирующая поверхность не будет развертываемой), а направляющая – лежать на поверхности сферы. При этом направляющая линия, во-первых, должна начинаться на одном из полюсов сферы и заканчиваться на противоположном, а, во-вторых, охватывать всю сферу по возможности равномерно. Такими свойствами обладает сферическая спираль Клелия (рис. 1, *a*), хотя можно применить и другие кривые спиралевидного типа.

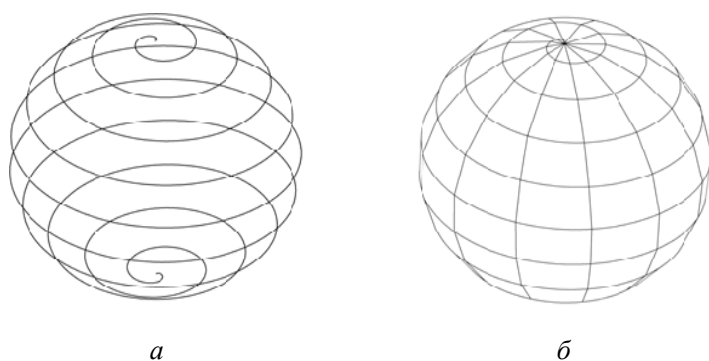


Рис. 1. Спираль Клелия (а) и аппроксимация сферы торсовой поверхностью (б)

Образующие линии торсовой поверхности удобнее всего расположить в меридиональных плоскостях сферы (рис. 1, б). Необходимо отметить, что длина образующей линии получаемой торсовой поверхности постоянна, кроме двух околополюсных оборотов направляющей линии, где длина образующей будет переменна (это если применять спираль Клелия).

На втором этапе заменяем (аппроксимируем) торсовую поверхность многогранником. Для этого необходимо заменить направляющую кривую ломаной линией (рис. 2). Однако возможности компьютерных графических пакетов позволяют обратно «скривить» такие ломаные линии, достаточно задать на каждой скрутке (обороте) спирали несколько тысяч опорных точек.

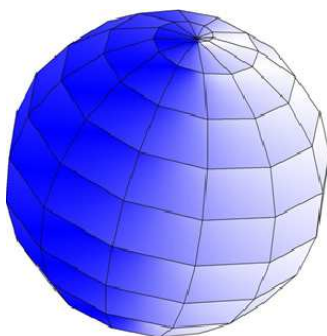


Рис. 2. Аппроксимация торсовой поверхности многогранником

На третьем этапе произведем точное построение развертки многогранника.

Для построения развертки многогранной поверхности нужно совместить все грани этой поверхности с одной плоскостью так, чтобы образовалась плоская фигура. При этом смежными будут две грани, имеющие общее ребро.

Для одной и той же поверхности вид ее развертки может быть различным в зависимости от избранной последовательности расположения граней на развертке.

При этом самая красивая условная развертка сферы получается, если мысленный «разрез» многогранника произвести по бывшей направляющей спирали (криволинейной или ломаной).

Процедура построения развертки построена на применении способа триангуляции. Построение начинается с самой маленькой грани, расположенной около полюса сферы, и раскручивается по спирали до аналогичной грани на другом полюсе. Расположение граней и их форма наглядно показаны на рис. 2.

Построение развертки сферы производилось в графическом пакете AutoCAD с использованием программы, написанной на языке AutoLISP [7]. Результат построения развертки показан на рис. 3.

Первый опытный образец сферы из ленточной развертки показан на рис. 4.

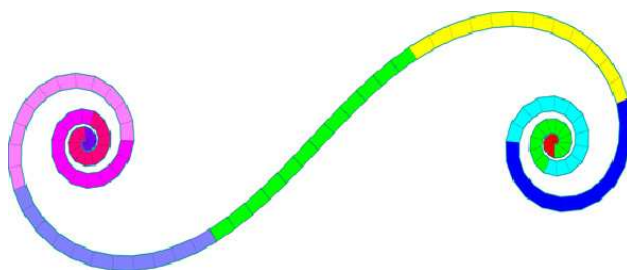


Рис. 3. Условная развертка сферической поверхности

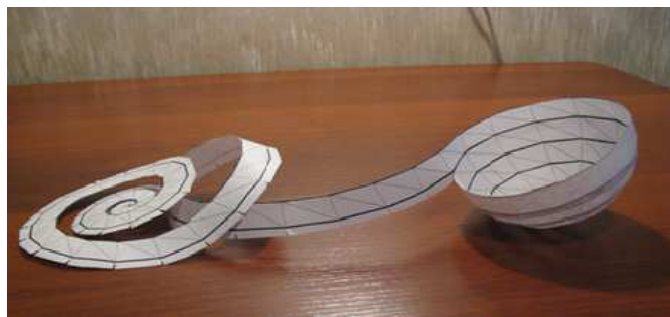


Рис. 4. Формообразование сферы

По аналогичному алгоритму были построены условные развертки торовой и параболической поверхностей.

Результаты работы применяются автором при чтении лекций по курсу «Начертательная геометрия» в разделе «Развертки поверхностей», а опытный образец из металла изготавливается в настоящее время на заводе фирмы «Соединительные детали трубопроводов» в г. Таганроге для последующей проверки на прочность.

Ещё один результат данной работы – при задании в программе большого числа витков направляющей спирали лента развертки утончается и фактически преобразуется в спираль Корню.

Список литературы

1. Фролов С.А. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1983. – 240 с.
2. Иванов Г.С. Начертательная геометрия: учебник. – 3-е изд. – М.: Изд-во МГУЛ, 2012. – 340 с.
3. 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.
4. Технические развертки изделий из листового металла / Н.Н. Высоцкая, А.М. Иерусалимский, Р.А. Невельсон, В.А. Федоренко. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1968. – С. 272
5. Пилипака С.Ф. Конструирование поверхностей и их непрерывное изгибание в конечные формы на основании управления натуральными параметрами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01. – Киев, 2000. – 38 с.
6. Кривошапко С.Н. Торсовые поверхности и оболочки: справочник. – М.: Изд-во УДН, 1991. – 287 с.
7. Хювёнен Э., Сеппянен Й. Мир Лиспа: в 2 т. Т. 1: Введение в язык Лисп и функциональное программирование. Т. 2: Методы и системы программирования: пер. с финск. – М.: Мир, 1990.

ДИСТАНЦИОННЫЙ КУРС «ИНЖЕНЕРНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ» – ВЗГЛЯД В БУДУЩЕ

**Халуева Вера Владиславовна,
Хамитова Динара Вилевна**

Казанский государственный энергетический университет, Казань

В статье рассматривается вопрос реализации электронного образовательного ресурса дисциплины – разработка дистанционного курса «Инженерное геометрическое моделирование» на основе модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды LMS Moodle.

Ключевые слова: электронное обучение, дистанционный курс, инженерное геометрическое моделирование, трехмерные геометрические модели.

DISTANCE COURSE «ENGINEERING GEOMETRICAL MODELING» – LOOKING FORWARD TO THE FUTURE

**Khalueva Vera Vladislavovna,
Khamitova Dinara Vilevna**

Kazan State Power Engineering University ring

The article deals with the implementation of the electronic educational resource of the discipline – the development of the distance course «Engineering Geometric Modeling», based on the modular object-oriented dynamic learning environment LMS Moodle.

Keywords: E-learning, distance learning, engineering geometric modeling, three-dimensional geometric models.

Анализ научных исследований и разработок, осуществленных за последнее время в России и за рубежом, по проблемам внедрения информационных технологий в образование показал, что одним из основных и актуальных вопросов является реализация методов и технологий электронного обучения. Основой данного обучения являются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), создание которых для каждой дисциплины индивидуально и имеет свои особенности [1].

На предыдущих интернет-конференциях, начиная с 2014 по 2016 г., мы затрагивали вопрос разработки электронных курсов графических дисциплин на основе системы дистанционного обучения, делились своим опытом их создания и применения в учебном процессе. На тот момент в учебном процессе кафедры было несколько дисциплин с различными названиями. Однако мы, как и многие участники данных интернет-конфе-

ренций, понимали необходимость и неизбежность создания нового учебного курса – не просто по названию, а с качественно новой идеологией, ориентированной на технологию 3D-моделирования. На сегодняшний день основой всех современных высокотехнологичных производств являются трехмерные геометрические модели, которые стали определяющим видом конструкторских документов.

Усилиями заведующего и всего коллектива кафедры с 1 сентября 2016/2017 учебного года в процесс обучения была введена дисциплина «Инженерное геометрическое моделирование».

Дисциплина представляет собой результат интеграции таких дисциплин, как «Начертательная геометрия», «Инженерная и компьютерная графика», со своими целью и задачами. Данный единый целостный курс ориентирован на современные и перспективные требования высокотехнологичного быстро развивающегося производства, адаптирован к постоянно изменяющимся технологиям геометрического моделирования и отражает базовые требования ФГОС ВО нового поколения [2].

Мы считаем, что в процессе освоения новой дисциплины студент формирует следующие компетенции:

- ◆ способность использовать в своей профессиональной деятельности современные технологии создания, преобразования и применения современной конструкторской документации – электронных чертежей и геометрических моделей;
- ◆ способность применения правил оформления и использования современной конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД;
- ◆ способность создавать 3D/2D электронные геометрические модели технических объектов.

В рамках дисциплины формируется первый базовый уровень геометромодельной компетенции, которая является системообразующим компонентом проектно-конструкторской компетенции.

Одновременно на основе модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды *LMS Moodle*, которая существует в нашем университете, мы начали реализацию ЭОР дисциплины – дистанционный курс «Инженерное геометрическое моделирование». В данной статье мы описываем лишь некоторые возможности дистанционного курса «Инженерное геометрическое моделирование», которые нам удалось реализовать в первом семестре 2016/2017 учебного года. Внедрение дистанционного курса позволило значительно повысить эффективность работы преподавателя и студентов.

Для начала работы с дистанционным курсом «Инженерное геометрическое моделирование» студентам необходимо записаться на данный курс, стать его участниками. Записавшиеся студенты сразу имеют возможность ознакомиться со всем учебным материалом и оценить объем предстоящей работы. Студенты могут пользоваться материалами курса в любое время и на любом гаджете при наличии Интернета, либо сохранить их на своем компьютере, либо распечатать для удобства (есть студенты, которые лучше воспринимают информацию не с монитора компьютера, а с бумажного носителя). Такая доступность материалов курса, возможность использования его элементов в любой последовательности и в индивидуальном режиме (конечно, желательно придерживаться последовательности, заданной преподавателем) мотивируют студента выстраивать совместно с преподавателем свою образовательную траекторию обучения в соответствии с интересами, потребностями и способностями.

Важным моментом в реализации новой дисциплины является сотрудничество нашей кафедры с ведущими мировыми компаниями, одной из которых является компания *Autodesk*. Предоставленные для учебного процесса полнофункциональные версии программных продуктов этой компании позволили и студентам, и преподавателям использовать самые последние версии программ в области автоматизированного проектирования, включая возможность их бесплатного использования для проведения занятий в компьютерных классах учебного заведения и установку на личные компьютеры. Именно поэтому в первом разделе дистанционного курса «Инженерное геометрическое моделирование» мы поместили пошаговую Инструкцию по установке программного продукта для студентов, что дало им возможность выполнять конструкторские документы дома, а затем продолжать их выполнение на занятии и наоборот.

Разработка электронного курса осуществлялась по модульному принципу, поскольку учебный материал имеет модульную структуру, предполагающую методически и содержательно обоснованное деление курса на самостоятельные разделы. Электронная форма учебно-методических материалов (учебные планы, рабочие программы, учебные пособия, конспекты лекций, методические указания к лабораторным и практическим занятиям, рекомендации и т.п.) позволяет студентам иметь такую информационную среду, которая способствует в полной мере организации самостоятельной работы по усвоению учебной дис-

циплины. Созданный курс позволяет существенно повысить эффективность лекционной работы преподавателя. Весь лекционный материал представлен в виде презентаций с большим количеством наглядного материала, иллюстраций и рисунков, что позволяет представить весь объем материала более доступно и понятно. В конце каждой лекции содержатся контрольные вопросы для самопроверки. Поскольку лекционный материал студентам уже известен и большинством заранее проработан, то не тратится время на запись под диктовку, появляется возможность рассматривать возникшие в ходе предварительного изучения лекции вопросы. В связи с этим лекции проходят в интерактивной форме.

Хорошо иллюстрированные учебные материалы для лабораторных, практических, самостоятельных работ дают огромную возможность визуализации содержания дисциплины [3].

В разделе дистанционного курса «Оценочно-диагностические средства» по каждому учебному модулю мы предусмотрели элемент курса «Задание», который позволяет прикреплять выполненные конструкторские документы в виде файлов. Выполненную работу студент присылает на проверку преподавателю, который выставляет оценку, либо пишет свои замечания, дает возможность студенту доработать ее и прислать снова. Выполненные в окончательном варианте работы с проставленной оценкой хранятся в данном элементе курса, что также позволяет решить вопрос хранения готовых студенческих работ. Для хранения выполненных конструкторских документов в виде файлов студенты так же используют облачные технологии. Это позволило получить доступ к хранящимся в «Облаке» файлам без постоянной привязанности к одному рабочему месту, а также решить вопрос хранения файлов на учебных компьютерах и отказаться от использования USB-флеш-накопителей.

В данном разделе мы также разместили элемент «Тест» к каждому учебному модулю, который содержит вопросы по конкретному разделу из «Банка вопросов» дистанционного курса. Студенты на всем протяжении модуля могут тестироваться несколько раз и тренироваться в решении всех тестов, что не оценивается преподавателем. Это дает возможность преподавателю установить активность и предварительно результативность конкретного студента в освоении учебного материала.

При создании «Банка вопросов» для тестирования мы разбили их на категории по темам курса. Это позволяет преподавателю создавать за несколько минут до начала занятия новый проверочный тест, наполняя его

вопросами из разных категорий, и проводить тестирование по любой небольшой теме или модулю на одном из занятий. По всем оцениваемым элементам курса (тестирование и задание) студенты получают баллы. В конце изучения дисциплины студенты проходят «Итоговое тестирование», выполняют зачетную работу и получают зачет с оценкой.

Изложенное является частью возможностей дистанционного курса, которую мы реализовали в течение первого семестра 2016/2017 учебного года. В ходе работы появляются новые идеи по эффективному использованию элементов дистанционного курса, которые мы уже начали реализовывать. Дистанционный курс «Инженерное геометрическое моделирование» должен обеспечить студенту доступность в получении любой информации теоретического, практического и справочного характера, дать возможность студентам самостоятельно освоить технологию создания современных конструкторских документов, что в дальнейшем будет способствовать эффективному формированию проектно-конструкторской компетенции выпускника нашего университета.

Список литературы

1. Халуева В.В., Хамитова Д.В. Реализация электронно-образовательного ресурса дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование» // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы докл. II Поволжской науч.-практ. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Т. 3. – Казань: Изд-во Казан. гос. энерг. ун-та, 2016. – С. 421–423.

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

3. Халуева В.В., Хамитова Д.В. Опыт создания и применения электронно-образовательного ресурса для графических дисциплин // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Брест, 2015. – С. 61–63.

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

О ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ДИЗАЙНА СТУДЕНТОВ ВУЗА

Варушкин Владимир Петрович

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Определены технологические инициативные приоритеты модернизации экономики и инновационного развития России до 2035 г. в технологии формирования профессиональной компетенции промышленного дизайна вуза.

Ключевые слова: доклад Агентства стратегических инициатив, матрица технологий, дорожная карта, схема, Болонский процесс, школа дизайна «Баухаус», университет Аалто, сетевая форма образовательного процесса.

TECHNOLOGY OF FORMING PROFESSIONAL COMPETENCE OF INDUSTRIAL DESIGN OF THE UNIVERSITY

Varushkin Vladimir Petrovich

Perm National Research Polytechnic University

Technological initiative priorities of modernization of the economy and innovative development of Russia until 2035 in technology forming the professional competence of industrial design of the university.

Keywords: report of the Agency for Strategic Initiatives, matrix of technologies, roadmap, scheme, Bologna process, Bauhaus design school, Aalto University, network form of educational process.

На заседании Президиума Совета при Президенте РФ 9 июня 2015 г. в докладе Агентства стратегических инициатив определены технологические инициативные приоритеты до 2035 г. по модернизации экономики и инновационному развитию России. Они определяются развитием отраслей нового технологического уклада в университетах, исследовательских центрах, РАН, крупных деловых объединениях по критериям-требованиям рынка, связанных с мироустройством: глобализацией мас-

штаба рынка; сформированностью технологического стандарта рынка; описанием изменяющихся потребностей людей; ориентированностью на конечного потребителя; программированием сетевого управления рынка; формированием обеспечения базовых потребностей и безопасности рынка; конкуренцией на рынке и высокой технологичностью производства.

Определена основная матрица стратегических технологий: цифровое моделирование, новые материалы, аддитивные технологии, квантовые коммуникации, сенсорика, мехабиотроника, бионика, геномика синтетической биологии, нейротехнология, информационная технология обработки данных, искусственный интеллект систем управления, новые источники энергии и элементная база.

Государственным институтам, институтам развития, профессиональным и предпринимательским сообществам, центрам детского развития, институтам общественной поддержки и коммуникаций предписано использовать инфраструктуру с ресурсами для формирования до 2018 г. дорожных карт (ДК) экосистемы рынка по следующей схеме [1].

Министерство образования и науки РФ в докладе министра образования и науки РФ Д.В. Ливанова «О разработке и реализации национальной технологической инициативы» определило этапы и содержание реализации дорожных карт (далее – ДК): 1-й этап – заявление о реализации инициативы; 2-й этап – форсайт и разработка ДК; 3-й этап – согласование, экспертиза и утверждение ДК; 4-й этап – реализация ДК; 5-й этап – внесение изменений и/или разработка новых ДК. Определены ответственные участники НТИ, их роль и функции. [2]

Запрос на фундаментальные и прикладные технологии до 2035 г. России согласуется с базой более чем 300 стран-участников европейских высших учебных заведений в г. Саламанке 29–30 марта 2001 г. при подготовке пражской встречи министров высшего образования в странах, вовлеченных в Болонский процесс. В частности, развивать и базировать высшее образование на основе научных исследований [3].

Однако по итогам утвержденных проектов фундаментальных научных исследований в научных организациях России в 2016–2018 гг. отсутствуют какие-либо ФИО руководителей проектных исследований образовательных организаций по утвержденному ФГОС ВО 54.04.01 «Дизайн программы магистратуры» [4].

В ФГОС ВО 54.04.01 «Дизайн магистратуры» указаны сформированные общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции выпускника и требования к структуре программы по 3 бло-

кам. В частности, ко 2-му блоку относится практика, в том числе научно-исследовательская работа (далее: НИР) с 48–51 зачетными единицами, определяющимися самостоятельно учебным заведением, но обязательная для освоения обучающимися [5].

Основой учебного заведения «Баухаус» была ориентация на единство науки и техники в изобразительном искусстве для промышленного производства [6]. Это единение использовалось в школах обучения промышленному дизайну по всему миру, в том числе и в наши дни.

Для примера, в 2010 г. в районе г. Хельсинки создан университет Аалто, объединивший три вуза – университет искусства и дизайна, политехнический и экономический вузы. Используются принципы образовательного процесса «Баухаус» на современном технологическом уровне [7].

В письме МОН РФ от 28.08.2015 г. № АК-2563/05 во исполнение поручения Правительства РФ по реализации приоритетных национальных проектов и демографической политике от 20.05.2014 г. № 38 и с целью повышения качества образовательного процесса направлены «Методические рекомендации» по организации образовательного процесса при сетевых формах реализации образовательных программ.

Пункт 1. Под сетевой формой реализации образовательных программ (далее – сетевая форма) понимается организация обучения с использованием ресурсов нескольких организаций, осуществляющих образовательную деятельность, в том числе иностранных, а также при необходимости с использованием ресурсов иных организаций.

Сетевая форма не является обязательной и применяется образовательной организацией только в тех случаях, когда это требуется для обеспечения необходимого уровня подготовки выпускников и является целесообразным. При этом образовательные программы, реализуемые с применением сетевой формы, обладают рядом преимуществ [8]. Указанные преимущества сетевой формы вполне удовлетворяет все требования качества образования конкретных потребностей заказчиков федеральных образований, округов в РФ.

16.03.2017 г. президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» Михаил Ковальчук рассказал также о конвергенции физико-математических и гуманитарных наук. Внутренние закономерности развития общества привели не к разделению возникших трансграничных дисциплин, а к их новому слиянию [9].

Указанные стратегические инициативы технологических инициативных приоритетов России до 2035 г. по модернизации экономики и инновационному развитию требуют, на мой взгляд, реформирования образовательных технологий для формирования профессиональных компетенций промышленного дизайна. Цель – повысить качество высшего образования выпускников на основе научных исследований от потенциальных заказчиков.

Список литературы

1. Доклад Пескова Д.Н. на заседании Президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России до 2035 г. от 09.06.2015 г. // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

2. Доклад Министра образования и науки РФ Ливанова Д.В. О разработке и реализации национальной технологической инициативы от 09.06.2015 г. // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

3. Формирование будущего, Саламанка, 29–30 марта 2001 года. – URL: <https://www.hse.ru/data/2010/05/12/1217375142/5.pdf>

4. Списки поддержанных проектов по конкурсу РФФИ. – URL: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/classifieds/o_1969323

5. ФГОС ВО Приказ МОН РФ № 255 от 21.03.2016 г. по направлению подготовки 54.04.01 Дизайн (уровень магистратуры) // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

6. Gropius W. Idee und Aufbau des Staatlichen Bauhauses. – Weimar, Münch, 1923.

7. Университет Аалто – мировая школа дизайна. – URL: <http://art-design.tyumen.ru/publication/?m = 20121019>

8. Письмо МОН РФ от 28.08.2015 г. № АК-2563/05 «О методических рекомендациях» // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

9. Интервью главы НИЦ «Курчатовский институт» Михаила Ковальчука. – URL: <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2017/03/16/73705>

ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВОСПРИЯТИЯ У СТУДЕНТОВ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ КЛАССИЧЕСКОГО КУРСА ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЖА

**Власова Мария Владимировна,
Мухаркина Анна Анатольевна**

Уральский государственный архитектурно-художественный
университет, Екатеринбург

В статье описываются систематические проблемы, возникающие у студентов при моделировании органических поверхностей. Предложены схемы их решения без существенной модификации привычного процесса моделирования с помощью вспомогательных упражнений по двумерному эскизированию опорных цепочек ребер на проекциях концепта персонажа на ортогональные плоскости.

Ключевые слова: моделирование персонажа, цепочки ребер, курс трехмерного моделирования, пространственное восприятие.

DEALING WITH SPACIAL AWARENESS DIFFERENCES BETWEEN STUDENTS TAKING A 3D CHARACTER MODELLING COURSE

**Vlasova Maria, Vladimirovna,
Mukharkina Anna Anatolievna**

Ural State University of Architecture and Art

The classic approach to teaching 3d character modelling in the university environment presents a number of stumbling points due to inherent differences in spatial awareness between students. We propose a series of exercises to partially alleviate that problem by encouraging students to research placement of edge loops on additional 2d projections of their character concept, as well as investigate the limits of this approach.

Keywords: character modelling, edge loops, 3d modelling course, spatial awareness.

Курс трехмерного моделирования персонажа читается в Уральском государственном архитектурно-художественном университете студентам специальности «Графический дизайн» на базе кафедры прикладной математики и технической графики в рамках дисциплины «Компьютерное обеспечение дизайн-проектирования». На настоящий момент курс существенно трансформировался по мере того, как изменялся инструментарий прикладного ПО и организовывались связи с индустрией – в случае персонажного моделирования это компании, производящие компьютерные игры и видеопroduкцию. От выскополигональ-

ного моделирования мы перешли к низкополигональному, курс теперь не только знакомит с инструментарием, но представляет собой имитацию полного цикла создания трехмерной модели персонажа, начиная с рисования собственного концепта персонажа и заканчивая художественным текстурированием в рамках современной модели материалов PBR и риггингом – подготовкой к анимации.

Курс был основан на классической схеме полигонального моделирования органических объектов, являющейся коллективным результатом работы ведущих мировых практиков. Первым этапом создания модели по существующему концепту является определение опорных непрерывных цепочек ребер, с помощью которых будет строиться основа для кусочно-гладкой поверхности Катмулла–Кларка, являющаяся финальным результатом [1]. Эти непрерывные цепочки ребер в английской традиции называются *edge loops* [2], российские практики трехмерного моделирования зачастую так и называют их – лупы. С начала курса нами была разработана принципиальная схема минимального набора ребер для создания поверхности стилизованного лица, которую студенту приходится адаптировать к собственному концепту (рис. 1). Вторым этапом является распределение лупов по оси *OY* для создания основы глубины лица, третьим – заполнение пространства между лупами, четвертым – итеративное исправление пластики лица путем передвижения вершин.

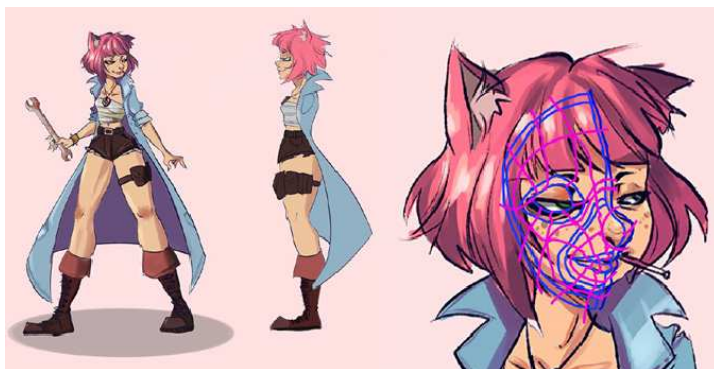


Рис. 1. Концепт персонажа и эскиз лупов (синим) и соединительных ребер (фуксией) студентки группы 324 Карелиной Елизаветы

При переносе эскиза с двумерной плоскости концепта в трехмерное пространство учащегося ожидает, как минимум, два скачка сложности, связанных с отсутствием необходимых навыков. Во-первых, в рамках курса начертательной геометрии развитие пространственного воображе-

ния происходит только на базе геометрических объектов. В результате студент не получает навыка мысленного представления трехмерных органических объектов, промежуточные сечения которых экстраполируются неоднозначно. Во-вторых, технологически процесс полигонального моделирования существенно отличается от знакомой студентам работе с простыми трехмерными примитивами.

У малой части студентов пространственное воображение является либо врожденным, либо приобретенным в результате работы со скульптурными объектами вне стен университета. Как правило, такие студенты в состоянии интуитивно экстраполировать положение промежуточных вершин на модели головы, просто передвигая точки в трехмерном пространстве без дополнительного эскизирования (как это и демонстрируется в обучающих материалах онлайн, создавая иллюзию простоты процесса) (рис. 2).

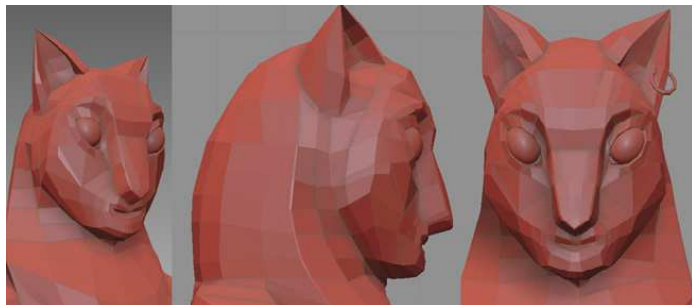


Рис. 2. Работа студентки группы 357 Панасовой Дарьи

Это кажущееся интуитивным умение вызывает у большей части студентов чувство зависти и демотивирующего отчаяния из-за того, что у них так не получается. Корень проблемы заключается в том, что основным источником информации для человеческого мозга является фронтальная проекция. Даже при наличии на концепте профильной проекции при редактировании трехмерной модели большую часть времени студент проводит, глядя на модель фронтально либо в «три четверти». Дополнительно осложняет ситуацию большое количество вершин многогранника даже на низкополигональных моделях. Студент теряется, какая вершина на фронтальной поверхности соответствует какой вершине на профильной – их просто слишком много, чтобы сопоставлять на концепте поточечно. Для достижения хорошего финального результата приходится укрупнять сегменты поверхности в уме.

Получается, что студент неизбежно уделяет меньше внимания моделированию профиля, несмотря на постоянные указания преподавателя о важности этой стадии работы. Результатом чаще всего является «плосколицесть»: все фокальные точки на модели оказываются сконцентрированы на передней поверхности.

Рассмотрим пример подобной студенческой работы на рис. 3.

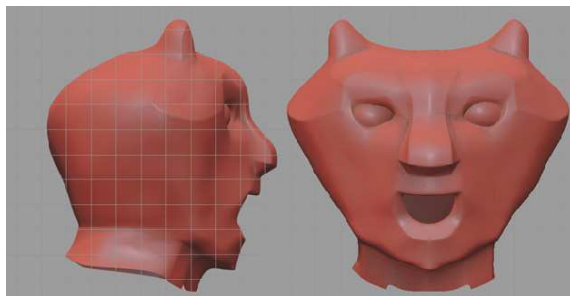


Рис. 3. Работа студентки группы 357, демонстрирующая типичные дефекты профиля

На виде спереди модель соответствует концепту, при этом на виде сбоку очевиден основной дефект: слишком маленькая глубина лица, особенно заметная вдоль хорды «виски – переносица». Видны также проблемы, возникающие из-за сложности сопоставления вершин на разных проекциях: недостаточность боковой площади глазной впадины, несоответствие уголка губ на виде спереди уголку губ на профиле, уплотнение носогубной складки, нарушение естественной кривизны щеки. Естественным вариантом решения этой проблемы без существенной модификации всего процесса моделирования является выполнение дополнительного задания, в котором студенты, продемонстрировавшие слабость пространственного воображения, эскизируют опорные лупы на профильной проекции. Это упражнение помогает примерно половине студентов, его выполнивших.

У этого решения есть слабая сторона: при механическом переносе луп на профильную проекцию студент в большинстве случаев полностью игнорирует кривизну органической поверхности (рис. 4).

Это явление менее заметно, когда переносятся только лупы, и гораздо более заметно, если студент решает сделать дополнительную работу и перенести соединительные грани. На трехмерном объекте игнорирование кривизны приводит к феномену «лисей морды»: плоские щеки и виски резко сужаются к носу и лбу. Студент привыкает работать

в проекциях, и после завершения построения в виде «три четверти» переносит все свое внимание на изменение профиля и сдвигает уже существующие точки вдоль оси OY , не обращая внимания на общую форму.

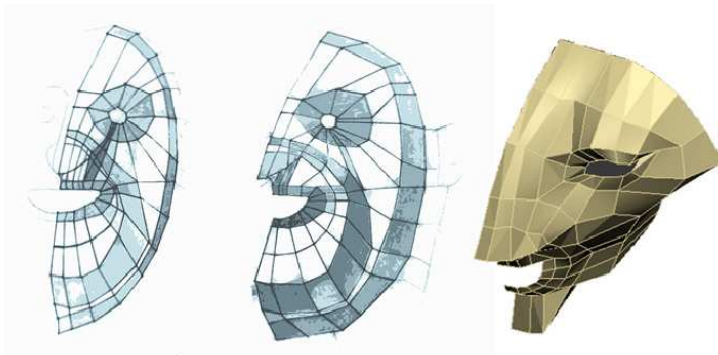


Рис. 4. Попытки эскизирования профиля студентами группы 357: лупы (темным) и соединительные грани на виде «три четверти» и профиле, а также феномен «лишьей морды»

Отчасти поэтому бессмысленно давать студенту, который не справился с дополнительным упражнением, дополнительные задания по эскизированию сечений головы: это отнимает ограниченное время курса, не решая при этом полностью проблему уплощения кривизны. На лице много сечений с различной кривизной, и эскизирование скулы и носа не гарантирует понимания студентом кривизны нижней части лица. Если одно или два упражнения по эскизированию во фронтальной и профильной проекциях показывают хороший результат в улучшении пространственного восприятия, то последующие итерации работы в двумерном пространстве следуют принципу убывающей отдачи: бесконечно уточняя эскиз лупов в 2D, студент все более неуверенно чувствует себя во время трехмерного моделирования.

Одним из перспективных решений описанных систематических проблем студенческого восприятия нам видится отступление от классического алгоритма полигонального моделирования с опорой на эпюры и переход к эскизированию прямо в трехмерном пространстве с помощью примитивов и последующему проецированию топологии прямо на трехмерный эскиз – подход, родственному методу ретопологизации высокополигональных моделей [5]. Этот подход становится все более доступен по мере развития проективного инструментария в пакетах трехмерного моделирования. Однако потенциальная сложность внедрения

его в обучение состоит в неразработанности методической базы и нежелании студента отказываться от легкодоступных, но морально устаревающих обучающих материалов в сети.

Список литературы

1. DeRose T., Kass M., Truong T. Subdivision Surfaces in Character Animation // Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. – 1998. – URL: <http://graphics.pixar.com/library/Geri/paper.pdf>
2. Тимофеев С.М. 3ds Max 2011 [Электронный ресурс]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 512 с.
3. Джонс Д.К. Методы проектирования. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
4. Бачурина Л.Р., Дроздова Е.Н. Особенности технологии создания трехмерного игрового персонажа // Региональная информатика и информационная безопасность: сб. тр. СПИИРАН. – М., 2016. – С. 421–425.
5. Data-Driven Interactive Quadrangulation / G. Marcias [et al.] // Proceedings of ACM SIGGRAPH 2015. – August 2015. – Vol. 34, iss. 4. – URL: cs.nyu.edu/~panozzo/papers/DDQ-Paper.pdf

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ВИДЕОМЭППИНГ»

**Ефименко Светлана Михайловна,
Лешевич Вера Владимировна**

Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС», Москва

Сегодня одной из самых современных и интересных технологий для создания эффектных оптических иллюзий является видеомэппинг. Суть данной технологии заключается в проектировании 3D-объектов (моделей) на любую поверхность с учетом её геометрии. Видеомэппинг – это аудиовизуальная технология будущего, которая уже сегодня активно используется во множестве сфер (рекламной, образовательной, развлекательной и т.д.).

Ключевые слова: видеомэппинг, проекционное шоу, оптические иллюзии, видео- и аудиоконтент, проекционное оборудование.

THE QUESTION ABOUT THE PECULIARITIES OF APPLYING VIDEO MAPPING TECHNOLOGY

**Efimenko Svetlana Michaylovna,
Leshevich Vera Vladimirovna**

National University of Science and Technology

Today video mapping is one of the most modern and interesting technologies for creating spectacular optical illusions. The essence of this technology lies in the design of 3D objects (models) on any surface, taking into account its geometry. Video mapping is an audiovisual technology of the future actively used in many spheres (advertising, educational, entertaining, etc.).

Keywords: video mapping, projection show, optical illusions, video and audio content, projection equipment.

Одним из самых современных и интересных направлений в дизайне света пространственной среды на сегодняшний день можно назвать видеомэппинг, который используется при создании развлекательных шоу, фестивалей, концертов, в образовательных целях (в музеях, на выставках), в тренажерах-симуляторах для подготовки военных. Эту технологию часто используют крупные торговые марки (Adidas, BMW, Apple, Samsung) для рекламы своей продукции, что является очень эффективным маркетинговым ходом для привлечения покупателей.

Сам термин «видеомэппинг» произошел от слияния двух английских слов: «video» – видео и «mapping» – отражение, проецирование.

Суть данной технологии заключается в проектировании 3D-объектов (моделей) на плоскость или же более сложную поверхность с учетом её геометрии (рис. 1) [1]. Данный вид деятельности включает в себе проблематику светодизайна, проектирования, использования технологий, а также современного искусства.

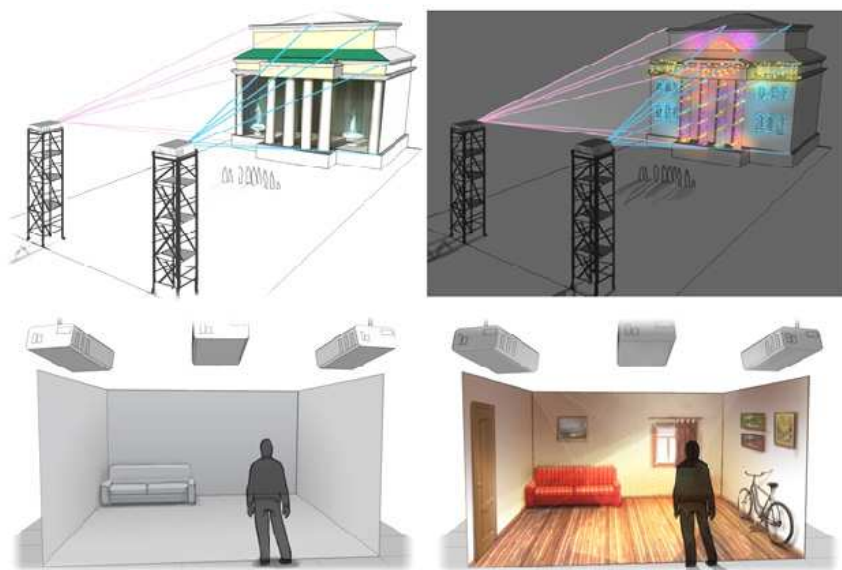


Рис. 1. Видеомэппинг экстерьерный и интерьерный

Технология видеомэппинга предполагает, что первоначально снимаются мерки с поверхности объекта или плоскости, на которую в дальнейшем будет проецироваться изображение. С учетом всех геометрических особенностей создается трехмерная модель этого объекта, а с использованием специальных программ составляется видеоряд, который посредством проекторов передается на заданную поверхность (рис. 2).

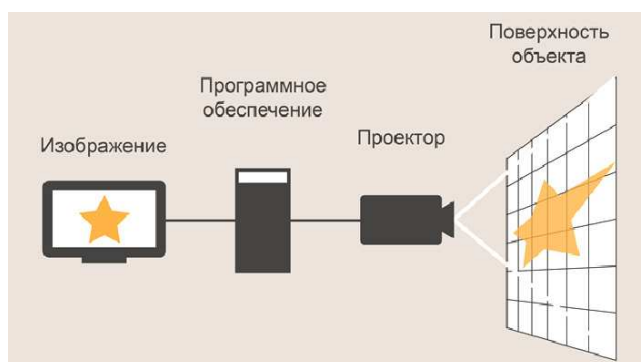


Рис. 2. Процесс создания видеомэппинга

Параллельно визуальному ряду запускается звуковое сопровождение, таким образом получается, что во время проекционного шоу происходит активное воздействие на визуальный и слуховой каналы получения информации зрителей, что делает происходящую картину особенно увлекательной и эффектной.

История видеомэппинга

На территории нашей страны чаще всего используется понятие «видеомэппинг» (video mapping), однако в европейских странах и в Америке данный термин имеет и другие синонимы: 3D-mapping, 3D-video mapping, projection mapping, spatial augmented reality (смешанная дополненная реальность).

1969 г. считается годом появления технологии видеомэппинга, когда компания «Дисней» применила данную технологию в своем новом аттракционе «Haunted Mansion» («Призрачное поместье»), где в одном из залов для создания бутафорных привидений велось проецирование подвижных лиц на гипсовые бюсты [2].

Следующее значимое событие в истории развития технологии 3D-проецирования – инсталляция Майкла Наймарка под названием «Displacements», представленная публике в 1980 г. Наймарк показал зрителям комнату, стены и все предметы интерьера которой были выполнены исключительно в белом цвете. С помощью проекторов художник как бы «окрашивал» все предметы в комнате, придавая им цвет и фактуру [7].

В 1998 г. в университете Северной Каролины был запущен проект «Офис будущего», в котором в полной мере отображались смешанная дополненная реальность и технология 3D-мэппинга [7].

После 2000 г. 3D-мэппинг стал широко использоваться для создания различных шоу, перфомансов, зрелищных мероприятий, театральных постановок. Кроме того, видеомэппинг нашел своё применение и в военной отрасли при создании тренажеров для летчиков, моряков, снайперов. В последние годы во многих городах мира стали проводить целые многодневные фестивали, представляющие технологию 3D-проецирования на объекты городской инфраструктуры: «Круг света» (Москва), «iMAPP» (Бухарест), «Праздник света» (Лион).

Эта технология имеет множество преимуществ по сравнению с другими способами создания эффектных оптических иллюзий. Видеомэппинг способен преобразить любой объект и любое пространство до неузнаваемости, оживить стационарные предметы, при этом зри-

телям не требуются какие-то специальные приспособления (гаджеты, 3D-очки). Созданные видеоматериалы могут быть перенастроены и налажены для демонстрации на плоскости любой сложности, что делает видеомэппинг очень гибкой и легко транспортируемой технологией. Таким образом, создав видео- и аудиоконтекст для конкретного мероприятия, после его настроек и изменений можно использовать повторно уже на совершенно новой площадке и при новых условиях помещения и пространства.

К основным областям применения видеомэппинга относят: рекламу, образование (использование технологии проецирования в музеях, на выставках), индустрию развлечений (фестивали, перфомансы, интерактивные площадки); применение в интерьерах и экстерьерах при проведении различных торжеств и мероприятий (свадьбы, дни рождения и прочие праздники), театральные представления и т.д.

Виды видеомэппинга

В зависимости от того, на какую поверхность проецируется изображение, выделяют несколько типов видеомэппинга:

- ◆ архитектурный видеомэппинг (проецирование изображения производится на архитектурные объекты, например, на стены здания);
- ◆ интерьерный видеомэппинг – создание проекций в интерьере жилых, офисных, образовательных, развлекательных и других помещений;
- ◆ ландшафтный видеомэппинг – проекция изображения на природные объекты (горы, деревья, поля); объектный видеомэппинг – 3D-проекция на отдельный предмет или его части [5].

Техническое оснащение

Для создания видеомэппинга необходимо множество составляющих. Однако в зависимости от типа и масштабности проекта перечень необходимых инструментов может быть различным.

Прежде всего должна быть определена плоскость, на которую будет производиться проецирование. В роли такой плоскости может выступить простой проекционный экран, стены в комнате, фасад здания, а в более сложных проектах – всевозможные многогранные сооружения и объекты со сложной поверхностью.

Изображения объектов проецирования, или же видеоконтент, разрабатываются с помощью таких программ, как Adobe After Effects, Cinema 4D, 3DMax и др. В качестве программного обеспечения для виджеинга (управления видеорядом) часто используются: VJamm, VDMX, GoGe, Splash, Processing, Resolume и др. [4].

Основные технические средства: проекторы, звуковое оборудование, компьютеры для создания видео- и аудиоконтента, а также пульта управления (хотя в простых проектах возможно производить все манипуляции с использованием обычного компьютера).

Особое внимание уделяется подбору проекционного оборудования, так как именно от него будет зависеть качество получаемого изображения, насыщенность цветов, четкость линий, а как следствие, и зрелищность самого шоу или перформанса. К наиболее популярным производителям оборудования данной категории относятся: Varco, Epson, Christie, Canon, Panasonic, Hitachi, Vivitek. В зависимости от поставленных целей и площадки реализации проекта могут быть использованы короткофокусные или длиннофокусные проекторы. Сама же проекция может быть прямой (если проектор расположен перед экраном) и обратной (если проектор расположен позади экрана).

Для получения проекции больших размеров в одном проекте часто используют несколько проекторов. При этом проекторы должны обладать функцией совмещения краев (сшивки) изображений, что позволяет бесшовно соединять изображения с нескольких проекторов в одну общую большую проекцию. Примером этого может послужить круговая картина с углом обзора 360° под названием «Панорама цивилизации» в Калькутте (Индия).

Восемь длиннофокусных проекторов Varco HDX-W20 FLEX со светоотдачей 20 000 люмен каждый проецируют изображение на цилиндрические стены зала (рис. 3) [6]. При этом сшивка частей картины производится встроенными процессорами аппаратов (без использования дополнительного оборудования).



Рис. 3. «Панорама цивилизации» в Калькутте

Короткофокусные проекторы целесообразно использовать в условиях ограниченного пространства, так как у моделей такого типа соотношение от самого проектора до плоскости проецирования к ширине итогового изображения имеет малое значение, например, в музеях, в выставочных залах, в дизайне интерьеров. Одним из примеров использования короткофокусных проекторов может послужить создание видеомэппинга при создании мультимедийной экспозиции в музейном комплексе «Куликово поле», открытой в сентябре 2016 г. Проекция осуществлялась двумя проекторами Canon XEED WX450ST со световым потоком 4500 люмен каждый на пространство 7×3,5 метра, обрамляющее картину «Задонщина».

В рамках этой же мультимедийной выставки на площади 14×3 метра была создана анимация, демонстрирующая движение русских войск (рис. 4) [3]. Проекция была создана шестью короткофокусными проекторами Canon XEED WUX400ST со световым потоком 4000 люмен. Это позволило создать изображение большой площади без видимых швов и стыков и обеспечить возможность посетителям свободно передвигаться по пространству шириной 3 метра, не попадая при этом в зону засветки и не отбрасывать тени на экраны



Рис. 4. Использование 3D-проекций в разделе «Поход» (музей-заповедник «Куликово поле»)

Если при проецировании видеоконтента на поверхность проектор расположен не строго перпендикулярно к этой поверхности, то итоговое изображение может быть искажено. Для получения реалистичной картинки необходимо деформировать исходный контент, используя программы для обработки видеоряда, чтобы на выходе получить корректное изображение.

В заключение хотелось бы отметить, что видеомэппинг является симбиозом светодизайна, искусства и науки, что делает его зрелищной и полной творческого потенциала технологией. На наш взгляд, это аудиовизуальная технология будущего, которая уже сегодня активно используется во множестве сфер (рекламной, образовательной, развлекательной и т.д.). На улицах мегаполисов встречаются проекции на фасады зданий, а крупные торговые марки, будь то Adidas или же BMW, все чаще используют 3D-проекции при рекламе своей продукции. Видеомэппинг позволяет исказить пространство, создавать новые миры и делать самые несбыточные мечты явью. И мы можем предположить, что спрос на проекты, сопровождаемые аудио- и видеоконтентом подобного рода, будет стремительно расти.

Список литературы

1. Видеомэппинг [Электронный ресурс]. – URL: <http://3dday.ru/articles/videomyepping-kak-sposob-zastavit-ch> (дата обращения: 02.02.2017).
2. Видеомэппинг как способ заставить человека воскликнуть «Wow!» [Электронный ресурс]. – URL: <http://3dday.ru/articles/videomyepping-kak-sposob-zastavit-ch/> (дата обращения: 06.02.2017).
3. Выбор музеев – проекционные оптические технологии Canon в музее-заповеднике «Куликово поле» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.allprojectors.ru/ap_module/content/article/11660 (дата обращения: 28.02.2017).
4. Десять лучших программ для виджеев [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.malbred.com/novosti-vj-programm/10-luchshih-programm-dlya-vidzheev.html> (дата обращения: 22.02.2017).
5. Енютина Е.Д. Трансформация городского пространства с помощью новых технологий на примере видеомэппинга [Электронный ресурс] // Архитектон: известия вузов. – 2013. – № 43. – URL: http://archvuz.ru/2013_3/19 (дата обращения: 20.02.2017).
6. Технология чувств. Видеопроекторы Varco – в масштабных инсталляциях // Light.Sound. – 2016. – № 5. – С. 18–19.
7. Brett Jones. The Illustrated History of Projection Mapping [Электронный ресурс]. – URL: <http://projection-mapping.org/the-history-of-projection-mapping/> (дата обращения: 10.02.2017).

ТЕХНОЛОГИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ КАК СРЕДСТВО ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

**Ефименко Светлана Михайловна,
Пасынков Даниил Александрович**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва

В данной работе раскрывается понятие технологии дополненной реальности и рассматривается роль информационных технологий в образовательном процессе. Автором уделяется внимание структуре приложения дополненной реальности и алгоритму его работы. Приводятся варианты использования технологии дополненной реальности в учебном процессе. Произведен обзор существующих разработок в данной области.

Ключевые слова: дополненная реальность, образовательный процесс, маркер, компьютерное зрение.

AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY AS A WAY OF SUPPORTING THE EDUCATIONAL PROCESS

**Efimenko Svetlana Michaylovna,
Pasynkov Daniil Aleksandrovich**

National University of Science and Technology

The paper discusses the concept of augmented reality and the role of information technology in the educational process. The author focuses on the structure and algorithm of the augmented reality application. The paper presents variants of using the technology of augmented reality in the educational process and provides a review of the existing developments in this field.

Keywords: augmented reality, educational process, marker, computer vision.

Дополненная реальность (Augmented reality, AR) – это технология, которая позволяет в режиме реального времени накладывать различные виды информации (текст, 2D и 3D-графика, аудио) на объекты реального мира.

Пол Милгром и Фумио Кисино в 1994 г. описали термин континуум «виртуальность – реальность» – это пространство между реальностью и виртуальностью, в промежутке между которыми находятся дополненная реальность и дополненная виртуальность (рис. 1). Дополненная реальность находится ближе к реальности, а дополненная виртуальность, наоборот, ближе к виртуальной реальности [1].

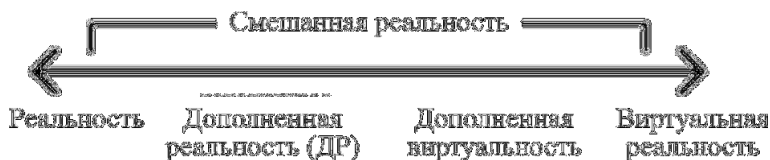


Рис. 1. Континуум «реальность – виртуальность»

В 1997 г. Рональд Азума в своей работе «Исследование дополненной реальности» сформировал основные принципы, которые характерны для системы, использующей дополненную реальность:

- 1) комбинирование реального и виртуального;
- 2) взаимодействие в режиме реального времени;
- 3) работа с трёхмерным пространством.

Можно сказать, что дополненная реальность – это технология интеграции виртуальных объектов в реальный мир [2]. На рис. 2 показан процесс возникновения дополненной реальности.

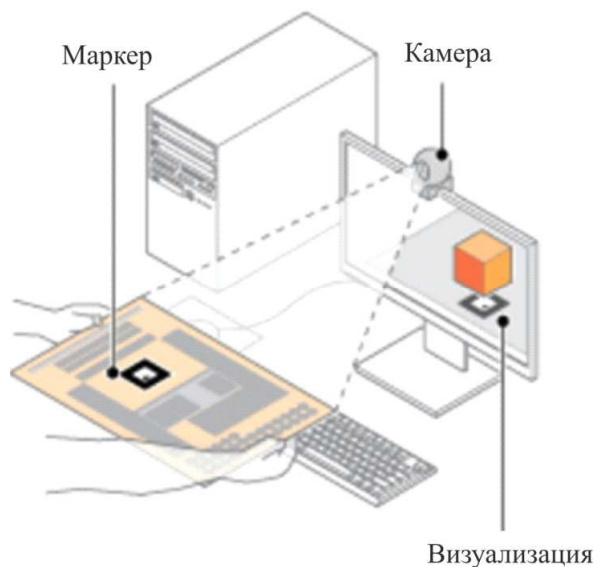


Рис. 2. Процесс возникновения дополненной реальности

Роль современных информационных и коммуникационных технологий в совершенствовании и модернизации текущей системы образования остается важной на протяжении многих лет. А с внедрением в учебный процесс относительно недорогих и доступных компьютеров и другой вычислительной техники, которые объединяются в сети или имеют доступ к Интернету, увеличивается доступность использования

информационных технологий в образовании. Для внедрения новых информационных технологий и, как следствие, модернизации системы образования потребуются современное техническое оснащение учебных заведений и соответствующая подготовка преподавателей.

В настоящий момент использование информационных технологий в образовании привело к появлению:

- 1) новых форм представления информации (мультимедийная информация, включающая не только текст, но и графические изображения, анимацию, звук и видеофрагменты);
- 2) интернет-библиотек и электронных каталогов;
- 3) новых форм учебных занятий (виртуальные семинары и лаборатории).

Программное обеспечение, которое используется в образовании, можно разбить на следующие категории:

- ◆ обучающие, контролирующие и тренировочные системы,
- ◆ системы для поиска информации,
- ◆ моделирующие программы,
- ◆ микромиры,
- ◆ инструментальные средства познавательного характера,
- ◆ инструментальные средства универсального характера,
- ◆ инструментальные средства для обеспечения коммуникаций.

В обучение существует большая потребность визуализации (моделирования) различных процессов и предметов, которые невозможно воспроизвести и показать в учебной аудитории или лаборатории. Это является главной причиной распространения моделирующих программ.

В основе компьютерного моделирования могут находиться математическая модель, лабораторный эксперимент или анимация, которые представляют работу некоторого механизма, протекание процесса, строение сложного предмета и т.д. В моделирующих программах возможно широкое использование интерактивной графики, которое позволяет обучаемому не только наблюдать за происходящим, но и воздействовать на параметры объектов, исследуя при этом эффекты, которые влияют на получаемый результат [3].

Именно приложения дополненной реальности дают возможность визуализации процессов и предметов, которые необходимо, но невозможно продемонстрировать в учебной аудитории. Поэтому вопрос об использовании технологии дополненной реальности для поддержки образовательного процесса является одним из самых актуальных в сфере использования новых информационных технологий в образовательном процессе.

Структура приложения дополненной реальности

Структура приложения дополненной реальности, которое служит для моделирования или визуализации сложных процессов и предметов, состоит из четырех основных модулей (рис. 3):

1. Модуль отслеживания камеры;
2. Модуль хранения объектов;
3. Модуль визуализации;
4. Модуль пользовательского интерфейса.

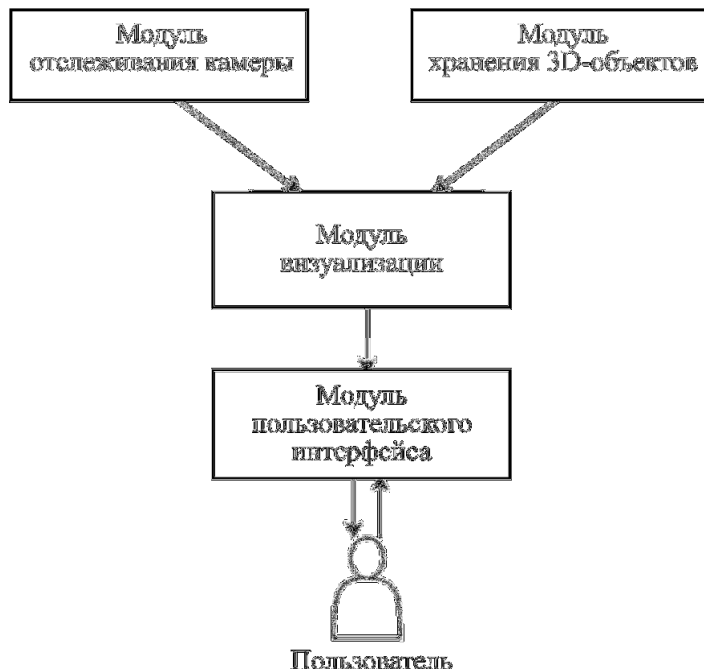


Рис. 3. Структура приложения дополненной реальности

Видеопоток с камеры устройства передается в модуль отслеживания камеры. Данный модуль обрабатывает каждый кадр видеопотока: выполняет поиск заданного заранее маркера, определяет положение маркера в пространстве и на основе этих данных вычисляет положение виртуальной камеры относительно маркера. После того как положение и ориентация камеры определены, модуль хранения объектов помещает на сцену необходимый объект для визуализации, используя заранее определенные параметры положения, масштаба и поворота. Далее происходит визуализация модели с использованием сдвига по отношению к расчетной позиции и при согласовании с ориентацией. Пользователь

может влиять на параметры модели и визуализации при помощи пользовательского интерфейса.

Алгоритм работы приложения дополненной реальности

Разрабатываемое приложение дополненной реальности работает по алгоритму, который представлен на рис.4.

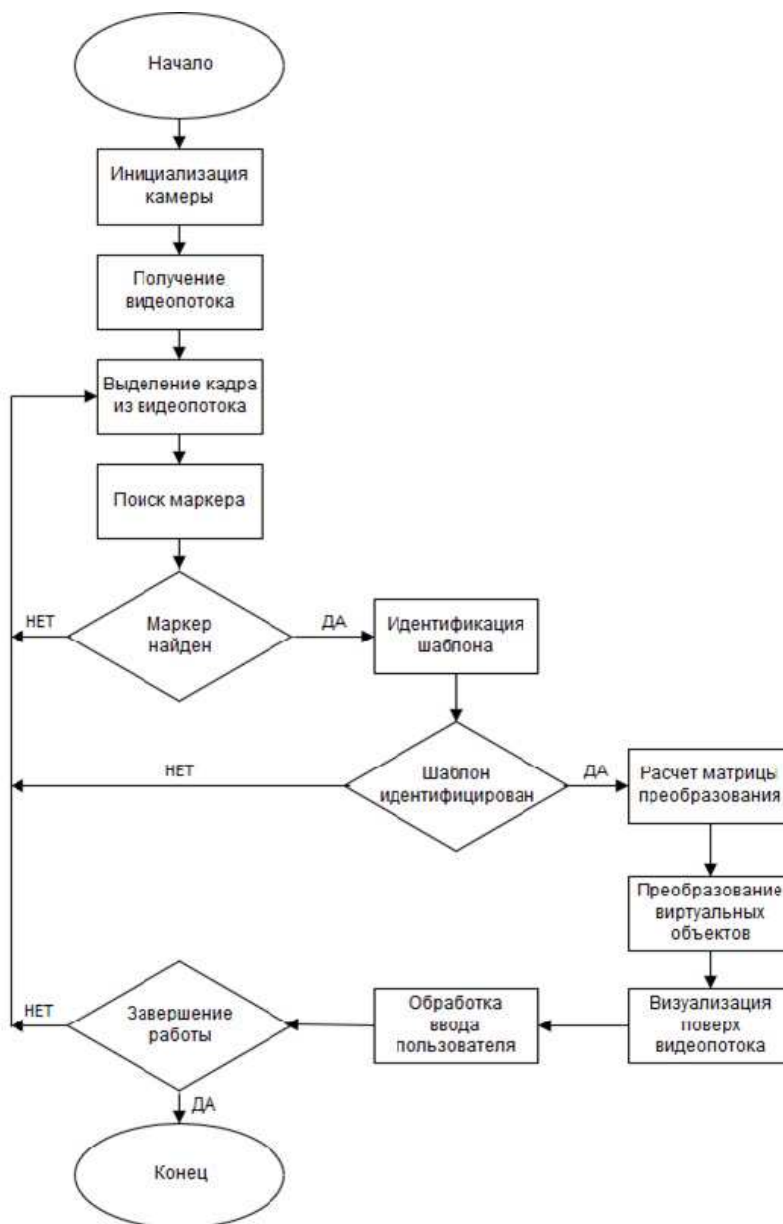


Рис. 4. Алгоритм работы приложения дополненной реальности

Рассмотрим работу данного алгоритма. В самом начале работы приложения происходят инициализация камеры устройства, получение видеопотока с данной камеры и выделение из потока отдельного кадра для последующей работы с ним. Далее на выделенном кадре происходит поиск маркера. Если маркер найден, то происходит его идентификация, в противном случае приложение выделяет новый кадр. Если маркер не удалось идентифицировать, то приложение также возвращается к шагу получения кадра из видеопотока. В случае успешной идентификации маркера происходит расчет матрицы преобразования, на основе которой в следующем шаге будут произведены преобразование виртуальных объектов и позиционирование виртуальной камеры. Далее осуществляется визуализация виртуальных объектов поверх видеопотока. Следующим шагом обрабатывается пользовательский ввод, в случае необходимости приложение завершает свою работу.

Варианты использования технологии дополненной реальности в образовательном процессе

Технологию дополненной реальности на основе распознавания маркеров можно применять для поддержки образовательного процесса в следующих дисциплинах: естественные науки, анатомия, дизайн, 3D-моделирование, САПР и т.д. [4]. Специальные маркеры, которые используются приложением дополненной реальности, можно встраивать в электронные учебники, слайды презентации, печатные материалы и т.п.

Во время получения нового материала по определенной дисциплине обучающиеся смогут получить реалистичную визуализацию модели или процесса, что невозможно продемонстрировать в учебной аудитории. Например, изучая анатомию человека, дополненная реальность дает обучаемому возможность подробно ознакомиться со строением каждого органа человека. Для этого необходимо лишь запустить приложение дополненной реальности и навести камеру устройства на маркер.

Обзор программных библиотек для разработки приложения дополненной реальности

В основе любого приложения дополненной реальности, использующего анализ поступающей с камеры картинки, лежит система компьютерного зрения. Одной из наиболее известных библиотек, реализующих подобный функционал, является OpenCV. Она предоставляет достаточное количество низкоуровневых возможностей и очень хороша для извлечения максимума информации из изображения. Но для приложений дополненной реальности требуется быстро и качественно найти

в кадре ограниченный набор заранее известных объектов и отобразить поверх изображения виртуальный объект [5].

Именно этой задачей занимаются различные библиотеки дополненной реальности [6]. Можно выделить пять наиболее популярных библиотек:

1. Vuforia, разработан компанией Qualcomm, распространяется на платной и бесплатной основе, поддерживает Android, iOS, Unity;

2. ARToolkit, разработан компанией DAQRI, распространяется на бесплатной основе, поддерживает Android, iOS, Windows, Linux, Unity;

3. Wikitude, разработан компанией Wikitude GmbH, распространяется на платной основе, поддерживает Android, iOS, PhoneGap, Xamarin.

4. LayAR, разработан компанией BlippAR Group, распространяется на платной основе, поддерживает Android, iOS, BlackBerry.

5. Kudan, разработан компанией Kudan Limited, распространяется на платной основе, поддерживает Android, iOS, Unity.

Список литературы

1. Milgram P., Kishino F. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays // IEICE Trans. Information Systems. – 1994. – № 12. – P. 1321–1329.

2. Azuma R. A Survey of Augmented Reality // Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – № 4. – P. 355–385.

3. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании. – М.: Академия, 2003. – С. 7–60.

4. Яковлев Б.С., Пусто С.И. Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – № 3. – С. 484–492

5. Прокачай свою реальность [Электронный ресурс]. – URL: <https://хакер.ru/2011/08/24/56240/> (дата обращения: 05.12.2016).

6. Обзор AR-библиотек для создания приложений с дополненной реальностью [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.azoft.ru> (дата обращения: 20.01.2017).

МЕТОД ПРОЕКТОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ХУДОЖЕСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ДИЗАЙНЕРОВ

Князева Елена Валерьевна

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
Санкт-Петербург

Описано применение метода проектов в обучении дизайнеров на примере дисциплины «Цветоведение и колористика». Освещаются вопросы развития интеллектуально-эмоциональной и предметно-практической деятельности в процессе реализации проекта.

Ключевые слова: метод проектов, дизайн, цветоведение и колористика, проектно-целевое обучение.

METHOD OF PROJECTS IN THE ORGANIZATION OF ART-GRAPHIC PREPARATION AT TRAINING OF DESIGNER

Knyazeva Elena Valeryevna

St.Petersburg State Polytechnic University

The article presents application of the project method in the training of designers on the example of the discipline «Color science and coloristics». The issues of development of intellectual-emotional and subject-practical activity in the process of project implementation are covered.

Keywords: method of projects, design, color science and coloristics, project-targeted training.

Основной целью современного образования является формирование интеллектуально-нравственного, творчески мыслящего и конкурентоспособного специалиста, проявляющего инициативность в поиске новых решений, умение нестандартно мыслить, отстаивать свою точку зрения, быстро адаптироваться в динамично изменяющейся общественной среде, оперировать с большим объемом информации, современными информационными технологиями и постоянно пополняющего багаж полученных знаний.

В этих условиях на первый план выдвигается задача поиска новых технологий обучения. А.А. Вербицкий говорит о необходимости перехода от традиционного объяснительно-иллюстративного обучения к «практико-ориентированному типу образования, но без потери основ его фундаментального теоретического содержания» [2].

В последние годы все чаще звучит тезис о внедрении в систему профессионального образования проектно-целевого подхода. Необходимость реализации данного подхода и технологий проектного обучения в системе профессионального образования отмечена также на официальном уровне в *Программе развития образования РФ на 2016–2020 годы* [8].

Для художественно-графического обучения студентов в рамках базовой дизайнерской подготовки вопрос внедрения метода проектов уже на первом курсе особенно актуален, поскольку следующим шагом будут работа над курсовыми проектами и самостоятельная профессиональная деятельность по художественно-графическим дисциплинам [3, 8, 9].

Метод проектов был разработан в начале XX в. в США американским философом и педагогом Дж. Дьюи, а также его учеником В.Х. Килпатриком. Дьюи Дж. предлагал строить обучение на активной основе, через целесообразную деятельность ученика. Для этого нужна проблема из реальной жизни, знакомая и значимая для ученика, для решения которой ему необходимо приложить полученные знания, а также новые знания, которые еще предстоит приобрести [6].

В отличие от многих авторов, связывающих возникновение метода проектов с именем Дж. Дьюи, немецкий педагог М. Кнолл предлагает отсчитывать рождение метода проектов в образовании с XVI в., а историю его использования разбить на следующие этапы [7]:

1. 1590–1765 гг.: начало проектной работы в архитектурных школах Европы. Разработка многочисленных проектов. Проектная работа давала студентам возможность поступать в мастер-классы и получать титул академического архитектора, что сделало «проект» признанным методом обучения.

2. 1765–1880 гг. проект в рамках обычного метода преподавания и его перемещение в Америку. С появлением родственных инженерных профессий этот метод распространился не только в архитектурных, но и в технических и промышленных высших школах сначала во Франции, затем в Германии, Австрии и Швейцарии, а в середине XIX столетия в США.

3. 1880–1915 гг.: работа над проектами в частных и в государственных школах. Метод проектов в США называли также методом проблем, и связывался он с идеями, разработанными американским философом и педагогом Дж. Дьюи, а также его учеником В.Х. Килпатриком.

4. 1915–1965 гг.: пересмотр метода проектов и его возвращение из Америки обратно в Европу. Достоинства проектной системы были оценены мировой педагогической общественностью. В начале XX столетия

проектный метод как специфическая американская образовательная стратегия обсуждался и применялся во многих странах мира.

5. 1965 г. – по настоящее время: повторное открытие идеи проекта и третья волна его международного распространения. Многие современные движения и реформы образования опираются на метод проектов. Однако периодизация, предложенная М. Кнолла, условна [7].

В России метод проектов в процессе обучения возник в 1905 г. Под руководством педагога-экспериментатора С.Т. Шацкого была организована группа сотрудников, которые прорабатывали использование проектных методов в школьной образовательной практике. В дальнейшем метод проектов нашел широкое распространение в педагогической практике, так как позволяет целесообразно сочетать теоретические знания и их практическое применение для решения конкретных проблем окружающей действительности в совместной деятельности обучающихся. Приведенная краткая историческая справка, конечно, нуждается в более подробном освещении.

Применение метода проектов на примере дисциплины «Цветоведение и колористика»

Дисциплина «Цветоведение и колористика» предназначена для студентов, специализирующихся в области дизайнерской деятельности, и имеет не только общеобразовательную, но и сугубо профессиональную значимость.

Цель курса – ознакомление студентов с основными закономерностями цветовой композиции, привитие им профессионально-культурных навыков работы с цветом в сочетании с формой и пространством, развитие индивидуальных и творческих возможностей каждого с применением полученных знаний в своей профессиональной деятельности.

Изучение курса ставит перед собой следующие **задачи**: изучить историю развития науки о цвете, теорию трехмерности цвета, плоские и объемные цветовые системы, современную систему стандартизации цветов на базе исследований в области физики, оптики, психофизики, медицины и эстетики; физико-оптическую сущность цвета, связь цвета со зрением и эмоционально-психологическим состоянием человека.

Научить студентов профессиональным навыкам работы с живописными материалами (акварельные краски, гуашь, пастель и акварельные карандаши и др.) при создании цветковых моделей и графических композиций; развить способность выражать творческий замысел с помощью условного языка цвета.

В соответствии с квалификационными требованиями, предъявляемыми к выпускнику специальности «Дизайн», сформировать определенные общекультурные и профессиональные компетенции.

Рабочая программа дисциплины «Цветоведение и колористика» рассчитана на следующие формы обучения: очную, очно-заочную и ускоренную (сокращенную). Учебным планом предусмотрено изучение дисциплины на 1-м курсе во 2-м семестре.

Анализируя цели, задачи и формы обучения дисциплины «Цветоведение и колористика», следует учитывать, что природа цвета – понятие комплексное и сложное. Сложность заключается в том, что она находится на перекрестии таких фундаментальных наук, как физика, химия, психофизика, психология, медицина и др., следовательно, природа цвета может изучаться с разных позиций. Физика исследует энергию электромагнитных колебаний, которые несет свет, разложение белого света при его призматическом рассеивании, а также изучает частоту колебаний и длину различных световых волн. С позиции физики реальные предметы вообще не имеют цвета. Цвет проявляется только тогда, когда предмет освещен и когда поверхность отражает (поглощая или преломляя) пучок света определенной длины волны. Химия изучает молекулярную консистенцию цветных материалов и пигментов, изготовление цветных красителей. Химия красок – это огромная область промышленных исследований и производства.

Нет двух людей, которые воспринимали бы один и тот же цвет абсолютно одинаково. Психофизика занимается изучением особенностей цветового зрения и созданием с помощью стандартного наблюдателя систем оценки и измерения цвета.

Физические и психофизические аспекты науки о цвете совсем не учитывают влияние цвета на сознание, тогда как всякий отдельно взятый цвет или сочетание цветов может восприниматься человеком различно в зависимости от настроения, эмоционального состояния, культурного уровня, цветовых ассоциаций, пространственного расположения цветового пятна, его формы, фактуры и многих других факторов.

Изучением особенностей зрительного восприятия и реакцией человека на цвет, проблем влияния цвета на наше психологическое и душевное состояние занимается психология. Медицина изучает различные действия света и цвета на наш организм, наши анатомические функции, выявляет лечебные свойства цвета. При этом все науки находятся в тесной взаимосвязи [4].

В процессе обучения цветоведению предусмотрены лекции, практические занятия и семинары. Все лекции сопровождаются мультимедиа-презентацией с большим набором иллюстрационного материала, показом колористических гамм, цветовых моделей и др., что способствует увеличению визуальной составляющей процесса обучения и повышает его эффективность.

На практических занятиях студенты-дизайнеры, создавая цветовые графические композиции, учатся профессиональным навыкам работы с живописными материалами (акварельные краски, гуашь, пастель, акварельные карандаши и др.). При наличии соответствующего технического и программного обеспечения частично используют графические компьютерные программы для более эффективного достижения поставленных учебно-методических задач и формирования художественно-графической культуры.

Проект в курсе цветоведения, с одной стороны, – это дополнение и увеличение кругозора к лекционному материалу, с другой – решение творческой проблемы, которая предусматривает использование совокупности разнообразных методов, средств обучения и интегрирования знаний из различных областей науки, творчества и информационных технологий. Он ориентирован на самостоятельную деятельность студентов – индивидуальную (группа ускоренного обучения), парную или групповую (2 или 3 студента в очной и очно-заочной форме), которую студенты выполняли в течение определенного отрезка времени.

При организации проектной деятельности необходимо было учитывать форму обучения, возрастную категорию, психолого-физиологические и профессиональные особенности студентов. При очной форме обучения круг интересов и проблем, с которыми могли встретиться студенты данной возрастной группы, достаточно ограничен. Поэтому тема проекта выбиралась с учетом обеспечения мотивации включения студентов в самостоятельную работу и находилась в области познавательных интересов данной возрастной категории. Выбор темы предоставлялся преподавателем согласно учебной программе с целью углубления знаний, дифференцирования процесса обучения, интересов и способностей студентов, а также вида дизайна.

Студенты очно-заочной и ускоренной форм обучения тему проекта выбирали самостоятельно, исходя из личных профессиональных навыков, интересов и реальной творческой практики.

В ходе работы над проектом создавались педагогические условия, которые способствовали переходу от одного типа деятельности (познавательной) к другой (профессиональной) с соответствующей сменой потребностей, мотивов, действий, результатов. Объяснялось не только, как организовать подготовку, проведение и представление проекта, но и выдвигались критерии оценки: умение ясно, образно и логично раскрыть содержание темы, поиск своего ракурса раскрытия темы, соблюдение регламента (20–30 минут для студентов очной формы обучения и 30–45 минут для очно-заочной и ускоренной форм обучения).

Этапы работы над проектом:

1-й этап – погружение в проект. На этом этапе студент (группа студентов) выбирает тему проекта, определяются цель и задачи проекта, преподаватель предлагает различные подходы для рассмотрения поставленных задач.

2-й этап – организация деятельности. Организация образовательного процесса, в ходе которого происходит формирование микроклимата группы, изменяются и личностные характеристики студента: идет формирование адекватной самооценки, воспитывается стремление к кооперации при сохранении собственной позиции. Преподаватель на данном этапе из источника информации превращается в проводник по информационному пространству, стимулируя студента к творческому поиску, при необходимости дополняет работу, отмечая ее достоинства и недостатки.

3-й этап – осуществление деятельности. На этом этапе студент или группа собирает материал, работает с литературой и Интернетом, анализируя и систематизируя полученную информацию, обсуждает в группе поставленные задачи, непосредственно выполняет и оформляет проект. Преподаватель в данном случае только корректирует выполненную работу.

4-й этап – презентация проекта. Этап необходим для завершения работы, анализа проделанного, самооценки, оценки со стороны и представления результатов. На этом этапе студент или группа презентует проект, участвует в коллективном обсуждении и содержательной оценке результатов проделанной работы.

Приведу несколько примеров студенческих проектов из собственной педагогической практики. Научно-исследовательский проект «Психологические особенности зрительного восприятия цвета и формы в графическом дизайне» был разработан студентками I курса очного отделения по направлению «Графический дизайн», в дальнейшем он был

представлен на конференции, где получил диплом I степени и был опубликован в сборнике докладов [1, 5].

«Проектирование цветового климата в интерьере детской комнаты» – познавательный проект, выполненный студентами очно-заочной формы обучения (средовой дизайн). Разработчики ознакомили аудиторию с цветовым восприятием у детей, оформлением детской комнаты разных возрастных групп (до 3 лет, от 3 до 6 лет, младшего и подросткового возраста), пространственным решением и зонированием детской комнаты для двоих детей и двойняшек, подбором цветовой гаммы и современных отделочных материалов.

Наибольший интерес представляют проекты, выполненные студентами сокращенной формы обучения, которые уже имеют высшее образование и работают в определенной профессиональной сфере. Например, обучающие проекты: «Психология цвета. Психологические тесты», представленный на соискание аудитории профессиональным психологом, «Зрение и его особенности», разработанным врачом-офтальмологом, вызвали огромный интерес, шквал вопросов и дискуссию у аудитории. Авторы провели тестирование аудитории в соответствии с темой проекта, в форме игры выполнили рисуночный тест «несуществующее животное», познакомили со строением зрительной системы и теорией цветового зрения.

Каждый из проектов имеет свои особенности, которые говорят о взглядах его разработчика на сложную и многогранную проблему изучения цвета. Благодаря такому подходу теоретические знания помогают становлению практических навыков, творческому применению студентами образно-смысловых и визуально-выразительных возможностей цвета в таких областях проектной деятельности, как средовой и графический дизайн. В результате проделанной работы речь уже идет не только об обучении, но и о социально-нравственном воспитании и самовоспитании.

Таким образом, для чего нужен метод проектов: студенты вырабатывают навыки к самостоятельному освоению материала, приобретают опыт публичного выступления, умение вести дискуссию и отстаивать свою точку зрения, учатся представлять на электронных носителях художественно-графическую информацию, в результате самостоятельно выполняемый студентами комплекс действий завершается созданием и презентацией творческого продукта. Лучшие студенческие проекты были представлены на конференциях и заняли призовые места, а также они становятся основой для учебно-методического фонда.

Целесообразность выбора метода проектов позволяет реализовать модель проектно-целевого подхода в обучении дизайнеров, доказывая его социальные и эмоционально-психологические преимущества, к которым относятся: углубленное понимание предмета, повышенная мотивация к обучению и совершенствование навыков сотрудничества, активизация самостоятельной деятельности студентов в постановке и творческом решении проблемы, и, как следствие, увеличение студенческих достижений и успехов.

Список литературы

1. Брутман А.Е., Князева Е.В. Психологические особенности зрительного восприятия формы в графическом дизайне // XXXVI неделя науки СПбГПУ: материалы всерос. межвуз. науч.-техн. конф. Ч.Ш. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – С. 62–64.

2. Вербицкий А.А. Проблемы проектно-контекстной подготовки специалиста // Высшее образование сегодня. – 2015. – № 4. – С. 2–8.

3. Калашникова Т.Г., Барвенко В.И. Метод проектов в обучении дизайнеров как технология личностно-ориентированного образования // Наука и образование. – 2015. – № 37–1. – С. 68–72

4. Князева Е.В., Журкин А.А. Цветоведение и колористика: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Невск. ин-та управления и дизайна, 2011. – 75 с.

5. Новикова Е.В., Князева Е.В. Психологические особенности зрительного восприятия цвета в графическом дизайне // XXXVI неделя науки СПбГПУ: материалы всерос. межвуз. науч.-техн. конф. Ч.Ш. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – С. 60–62.

6. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / под ред. Е.С. Полат. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2009. – 272 с.

7. Соловьев А.Н., Степаняк И.К. Метод проектов в педагогике высшей школы. История и перспективы // Вестник МГУКИ. – 2009. – № 4 (30). – С. 143–148.

8. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Метод проектов в организации графической подготовки // Высшее образование в России. – 2015. – № 8–9. 62 – С. 22–31.

9. Устименко Ю.А. Метод проектов при обучении студентов-дизайнеров // Сборники конференций НИЦ «Социосфера». – 2013. – № 28. – С. 77–80.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В КУРСОВОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

**Левченко Роман Васильевич,
Мокрецова Людмила Олеговна,
Науменко Ольга Михайловна**

Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС», Москва

Рассматривается опыт применения современных программных средств 3D-моделирования и дальнейшего прототипирования сувенирных медалей для создания концепции выполнения курсовой научно-исследовательской работы студентов.

Ключевые слова: курсовая научно-исследовательская работа, 3ds Max, 3D-моделирование, прототипирование, медаль, гравировка, эмалирование.

EXPERIENCE OF USING MODERN SOFTWARE IN COURSE SCIENTIFIC-RESEARCH WORK OF STUDENTS

**Levchenko Roman Vasil'evich,
Mokretsova Liudmila Olegovna,
Naumenko Olga Mihaylovna**

National University of Science and Technology

The experience of using modern software for 3D modeling and prototyping souvenir medals for creating the concept of course scientific-research work of students.

Keywords: course research work, 3ds Max, 3D modeling, prototyping, medal, engraving, enameling.

Сегодня применение современных цифровых технологий в системе образования и профессиональной подготовке студентов вывели на передний план курсовую научно-исследовательскую работу студентов (КНИР) на новый уровень: это и в области коммуникации (совместное взаимодействие студентов через Интернет); визуализации объектов (3D-технологии), воссоздания объектов через цифровые модели (путем цифрового прототипирования); материализации (распечатка на 3D-принтере и фрезерных станках для получения из модели реального объекта из различных материалов). При этом КНИР студента представляет собой завершенное и оформленное в виде текста изложение содержания определенных проблем, задач и методов их решения по отдельным учебным

дисциплинам, предусмотренным учебными планами. Положение о выполнении курсовой научно-исследовательской работы студентами НИТУ МИСиС регламентирует углубление знаний и владений исследовательскими навыками [1]. КНИР выполняется на завершающем этапе изучения общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин, и ее отдельные разделы могут быть использованы при написании выпускной квалификационной работы студентов бакалавриата или магистратуры. Как одна из важных форм учебного процесса, КНИР позволяет повысить качество подготовки образования, тем более, если она начинается с первого-второго курса обучения бакалавриата и завершается магистратурой. В учебном процессе могут использоваться различные формы КНИР: реферативная, практическая или опытно-экспериментальная.

На кафедрах графической подготовки, где уже в последнее время активно развиваются направления обучения дизайна, применение современных программных средств и цифровых технологий способствует развитию творческой инициативы у студентов, закреплению умений и знаний для их успешной профессиональной деятельности [2]. Работа над творческим проектом методами 3D-моделирования с последующим получением реального прототипа, безусловно, становится для студентов увлекательным процессом, это также может способствовать их привлечению в различные научные кружки и центры. Одним из примеров такой работы может служить творческий проект «3D-моделирование комплекта сувенирных медалей» (рис. 1, 2), выполненный студентами на кафедре автоматизированного проектирования и дизайна (АПД) НИТУ «МИСиС». Целью такого проекта стало создание дизайн-концепции разработки комплекта сувенирных медалей.

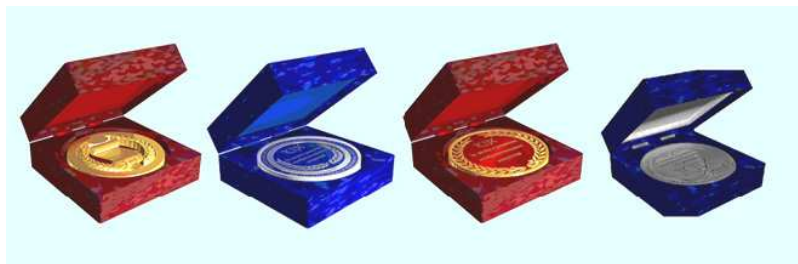


Рис. 1. Результат работы студента над КНИР

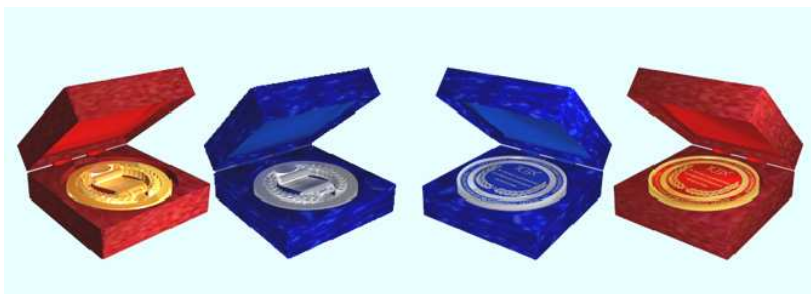


Рис. 2. Результат работы студента над КНИР

В современном «медальерном» искусстве медали разделяются на юбилейные, сувенирные и наградные [3]; по форме и способу: медали на ленте, на колодке и без крепления. Сегодня актуальность изготовления медальерной продукции не только не ослабевает, но и охватывает все больше материалов, в том числе и драгоценные металлы [4]. Существует традиция выражать признательность коллектива деятелям науки, искусства и культуры, а также награждение сувенирными медалями на корпоративных мероприятиях, юбилеях, олимпиадах и конференциях. Традиция награждать отличившихся в спорте и соревнованиях, премиях по-прежнему имеет неиссякаемую популярность. Одной из самых часто используемых наград является присвоение орденов и медалей. Для их изготовления используются разнообразные способы: штамповка, литье и др. Представляют большой интерес способы нанесения на поверхность медали текстов и рисунков: гравировка, эмалирование, фототравление, шелкография, печать по металлу; нанесение рельефного шрифта и объемного изображения возможно сразу при штамповке и литье [5].

Работа по изготовлению медали начинается с творчества. Концептуальное решение и эскизирование – начальный этап процесса создания будущей медали. Следующий этап – 3D-моделирование с использованием современных программных средств. Третий этап – визуализация прототипа, прототипирование, реализация тиража. С развитием технологии 3D-печати и цифрового прототипирования увеличиваются возможности создания медалей с помощью 3D-моделирования. Все это позволяет современному дизайнеру спроектировать и с легкостью воссоздать данную награду.

Разработка модели и печать модели происходят при тесном взаимодействии инженерного и дизайн-образования. Мы видим слияние направлений обучения, таких как «Промышленный дизайн» и «Приклад-

ная информатика» в единую программу «Прикладная информатика в дизайне». В процессе обучения студентов прикладной информатике в дизайне на кафедре АПД ставится задача в КНИР разработать модели медалей к торжественным мероприятиям НИТУ «МИСиС» и награды в конкурсах и олимпиадах, а также адаптация их с учетом особенностей производства. В рамках такого направления была выбрана тема разработки 3D-модели с выразительными скульптурными формами для дальнейшей ее гравировки, литья и эмалирования.

В работе учитывались особенности технологии гравировки, так как в ней используется лазерное оборудование, при помощи которого с большой точностью наносится текст или изображение. Данный вид имеет некоторые преимущества: нанесенный узор не стирается и не тускнеет; большая скорость выполнения; точность выполнения. Учитываем материалы, на которые может быть применена гравировка: металлические изделия, дерево, стекло или пластик. При создании медали способом технологии литья предварительно изготавливают для него форму. Сложность формы зависит от технического задания заказчика и дизайна будущей модели. Раньше формы для литья создавали вручную, что значительно замедляло процесс производства. Но в настоящее время распространено и литье по выплавляемым моделям, с помощью 3D-моделирования выполняется форма любого уровня сложности и в разы быстрее. Технология эмалирования применяется для металлических медалей штампованного или литого производства. Эмаль имеет различный цветовой оттенок и применяется для окрашивания металла или других материалов. Технология состоит в заливке эмали в углубления изделия, равномерно заполняя поверхность. Для одной медали имеется возможность использования нескольких оттенков эмали.

Данный проект разбивается на несколько этапов. На первом этапе предполагалось двумерное эскизирование от руки в графике, создание цифровых 2D-моделей вариантов медалей на плоскости: для гравировки, медалей для эмалирования, медалей для литья, медалей для штамповки; разработка эскиза для медали с выразительными скульптурными формами. В работе использована программа Adobe Photoshop CC – программное обеспечение для обработки цифровых изображений, приложение включает полный набор функций для обработки и комбинирования, редактирования и анализа 2D-изображений. В результате этого этапа были получены изображения будущего аверса и реверса медали для дальнейшего использования в 3D-моделирова-

нии. Следующие этапы – 3D-моделирование и визуализация с использованием различных фактур.

- ◆ В процессе моделирования медали с гравировкой выполняется построение цилиндрической заготовки; разработка гурта (торцевой части медали); придание рельефности медали; использование ранее изготовленных изображений для визуализации текста-гравировки на лицевой и обратной стороне медали; работа с фактурами материалов.

- ◆ Для медалей, выполняемых техникой литья, разрабатывались отдельные формы.

- ◆ Для медали с технологией эмалирования учитывалась необходимость перегородок в зависимости от рельефа медали.

- ◆ Для медали с выразительными скульптурными формами применялась разработка отдельных сложных элементов, которые в дальнейшем соединяются в единое целое.

Для каждой полученной модели проводится визуализация с использованием освещения, что может использоваться в КНИР для обучения магистров по программе «Дизайн света пространственной среды» направления 09.04.03 «Прикладная информатика». На рис. 3 можно увидеть аверс, реверс и гурт разработанных медалей.



Рис. 3. Аверс, реверс, гурт разработанных медалей

Были разработаны декоративные упаковки (коробка) под медали, на которых находится логотип фирмы (на главной грани). На рис. 4 изображены модели в виде полигональной сетки.

3D-моделирование выполнялось в системе Autodesk 3ds Max – полнофункциональной профессиональной программной системой для создания и редактирования трёхмерной графики. Наглядность 3D-объектов

значительно повышается за счет использования эффективного инструментария 3ds Max, что является актуальным при обучении бакалавров и магистров по дисциплинам: «Композиция», «Цветоведение и колористика», «3D-моделирование и анимация», «Компьютерные технологии в дизайне» и т.д. направления обучения «Прикладная информатика в дизайне».

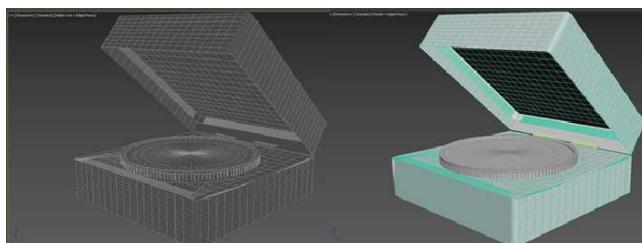


Рис. 4. Модель в виде полигональной сетки

Для дальнейшего прототипирования использовалась технология Computer-aided manufacturing (CAM), предназначенная для подготовки 3D-моделей к прототипированию. Программный пакет ArtCAM, для пространственного моделирования механообработки позволяет автоматически генерировать пространственные модели из плоского рисунка в изделия на 3D-принтере или на станках с ЧПУ. В программу ArtCAM экспортируется из 3ds Max полученная модель, и на выходе получается новый формат модели в расширении STL, который импортируется в программу Mach3 – система для управления 3D-принтером при прототипировании. Модели и прототипы, распечатанные на 3D-принтере, передаются заказчику для производства.

Основным результатом работы над дизайн-концепцией разработки сувенирных медалей является создание целостной картины проекта – от эскизов и 3D-моделей в 3ds Max до адаптации выбранного заказчиком варианта к реальным особенностям производства в ArtCAM, Math3. В то же время при выполнении подобных КНИР происходит обобщение особенностей различных технологий производства медалей и углубленное использование современных графических и инженерных программных средств.

Таким образом, созданная дизайн-концепция позволяет студентам во время выполнения КНИР получить ценный опыт работы с реальными проектами разработки сувенирных медалей и продемонстрировать требуемые компетенции, приобретенные в процессе обучения. Активная работа над КНИР раскрывает творческий потенциал студентов, учит

мыслить нестандартно и креативно, повышая уровень их компетенции в области дизайна с применением современных программных средств.

Список литературы

1. Михин В.Ф., Алямовская А.С., Жилкин И.В. Методические указания по подготовке и защите курсовой научно-исследовательской работы в институте ЭУПП. – М.: Изд-во НИТУ «МИСиС», 2012. – 8 с.
2. Михеева Е.П. Основы методологии проектирования в промышленном дизайне. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2014. – 80 с.
3. Шаталова И.В. Стили ювелирных украшений. – М.: 6 карат, 2004. – 148 с.
4. Гирина Д.С. Компьютерное моделирование декоративно-прикладных изделий непрямоугольной формы // Школа и производство. – 2005. – № 7.
5. Туманов И.Л. Охота в творчестве мастеров России. Медальерное искусство. – М.: Айрис-пресс, 2013. – 264 с.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Пасынков Даниил Александрович

Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС», Москва

В данной работе раскрывается понятие технологии дополненной реальности и рассматривается классификация приложений дополненной реальности. Приведены средства для разработки приложений дополненной реальности. Автором уделяется внимание процессу разработки приложения при помощи платформы Unity с использованием библиотеки ARToolKit.

Ключевые слова: дополненная реальность, разработка, маркер, компьютерное зрение, Unity, ARToolKit.

DEVELOPMENT APPLICATIONS OF AUGMENTED REALITY

Pasynov Daniil Aleksandrovich

National University of Science and Technology

The paper discusses the concept of augmented reality and the classification of augmented reality applications. The paper presents tools for developing augmented reality applications. The author focuses on the process of developing an application using the Unity platform and the ARToolKit library.

Keywords: augmented reality, development, marker, computer vision, Unity, ARToolKit.

Дополненная реальность (Augmented reality, AR) – это технология, которая позволяет в режиме реального времени накладывать различные виды информации (текст, 2D и 3D-графика, аудио) на объекты реального мира.

В 1994 г. Пол Милгрэм и Фумио Кисино описали термин континуум «виртуальность – реальность» – это пространство между реальностью и виртуальностью, в промежутке между которыми находятся дополненная реальность и дополненная виртуальность (рис. 1). Дополненная реальность находится ближе к реальности, а дополненная виртуальность, наоборот, ближе к виртуальной реальности [1].

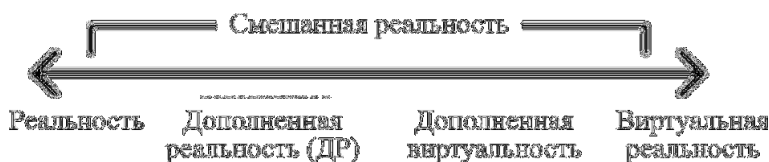


Рис. 1. Континуум «реальность – виртуальность»

В 1997 г. Рональд Азума в своей работе «Исследование дополненной реальности» сформировал основные принципы, которые характерны для системы, использующей дополненную реальность:

- 1) комбинирование реального и виртуального;
- 2) взаимодействие в режиме реального времени;
- 3) работа с трёхмерным пространством.

Можно сказать, что дополненная реальность – это технология интеграции виртуальных объектов в реальный мир [2].

Классификация приложений дополненной реальности

Рассматривая взаимодействие пользователя с приложением дополненной реальности можно выделить две группы приложений: автономные и интерактивные. Автономные приложения не рассчитаны на взаимодействие с пользователем. Как правило, такие приложения предоставляют дополнительные данные об объекте реального мира.

В свою очередь, интерактивные приложения предполагают взаимодействие с пользователем. Они предоставляют пользователю возможность выбирать тип данных для визуализации, изменять параметры и свойства виртуальных объектов. Такие системы требуют наличия устройств ввода, например, сенсорный экран мобильных устройств или компьютерная мышь.

По степени мобильности системы дополненной реальности можно разделить на два вида: стационарные и мобильные. Стационарные системы предназначены для работы в одном месте и не предполагают какое-либо перемещение. Мобильные системы предусматривают их перемещение в пространстве, они рассчитаны на работу в динамичном режиме и с разными объектами реального мира.

Для получения информации о реальном мире приложения дополненной реальности используют различные сенсоры устройства. Можно выделить два типа приложений: геопозиционные (используют информацию с датчиков GPS, компаса и акселерометра) и оптические (получают информацию с видеокамеры устройства).

Все вышеперечисленные типы приложений дополненной реальности можно применять в следующих сферах: электронная торговля, про-

даже одежды, мебели, предметов интерьера, дизайн помещений, сфера красоты, услуги пластической медицины, образование и т.д. [3]

Средства разработки приложений дополненной реальности

В основе любого приложения дополненной реальности, использующего анализ поступающей с камеры картинки, лежит система компьютерного зрения. Одной из наиболее известных библиотек, реализующих подобный функционал, является OpenCV. Она предоставляет достаточное количество низкоуровневых возможностей и очень хороша для извлечения максимума информации из изображения. Но для приложений дополненной реальности требуется быстро и качественно найти в кадре ограниченный набор заранее известных объектов и отобразить поверх изображения виртуальный объект [4]. Именно этой задачей занимаются различные библиотеки дополненной реальности.

Для разработки приложения дополненной реальности необходима программная библиотека, которая способна распознавать 2D-маркеры и накладывать поверх реального изображения дополнительный контент. Также важным пунктом является поддержка широкого спектра устройств, что поможет обеспечить большую доступность приложения. Всем этим условиям удовлетворяет библиотека дополненной реальности ARToolKit [5].

ARToolKit представляет собой набор программных библиотек, которые могут использоваться в приложениях дополненной реальности. Большое достоинство библиотеки – открытый исходный код, т.е. библиотека распространяется абсолютно бесплатно. Библиотека ARToolKit позволяет разработать приложение дополненной реальности для самых популярных платформ: Android, iOS, Windows, Linux. Обычно для разработки приложения под каждую операционную систему необходима своя среда разработки, но ARToolKit поддерживает самую популярную в мире платформу разработки для создания кроссплатформенных игр и интерактивного контента – Unity [6].

Основные особенности ARToolKit:

- 1) надежная система слежения за маркером,
- 2) поддержка калибровки камеры,
- 3) одновременное отслеживание нескольких объектов,
- 4) поддержка нескольких языков программирования,
- 5) оптимизация для мобильных устройств,
- 6) полная поддержка Unity3D.

Весь процесс наложения виртуальных объектов на реальное изображение связан с квадратным маркером (рис. 2). Квадратный маркер состоит из светлых тонов (как правило, белый), окружен толстой границей темного цвета (как правило, черный) и имеет внедренное изображение высокого контраста, которое называется шаблоном. Шаблон делает квадратный маркер уникальным. Квадратные маркеры распознаются, отслеживаются и используются для расчета позиции в 3D-пространстве [7].



Рис. 2. Квадратный маркер, в качестве шаблона используется надпись Hiro

Библиотека дополненной реальности ARToolKit работает следующим образом:

- 1) Камера захватывает видео из поля зрения камеры и посылает его к компьютеру.
- 2) Программное обеспечение на компьютере просматривает каждый кадр на наличие квадратных форм (квадратных маркеров).
- 3) Если квадратный маркер найден и содержит в себе шаблон, который согласован и идентифицирован, то программа использует математические формулы для расчета положения и ориентации маркера по отношению к камере.
- 4) После того как положение и ориентация камеры определены, рисуется трехмерная модель с использованием сдвига по отношению к расчетной позиции при согласовании с ориентацией.
- 5) Эта модель рисуется на переднем плане захваченного видео и сверяется с движением фонового видео, заставляя модель быть прикрепленной к заднему плану.
- 6) Конечный результат отображается на дисплее, и когда пользователь смотрит на экран приложения, он видит визуализированную модель над видеопотоком в реальном времени. Возникает иллюзия, что предмет на самом деле находится в пространстве.

Создание приложения дополненной реальности

Для разработки приложения дополненной реальности с использованием библиотеки ARToolKit в Unity необходимо соблюсти следующие требования:

- 1) веб-камера или другой источника видеосигнала;
- 2) Unity v5.0 или более поздняя версия;
- 3) если необходимо развертывание для Android: Android build support for Unity;
- 4) если необходимо развертывание для iOS: iOS build support for Unity и Apple Xcode v4.2 или более поздней версии.

После создания нового проекта Unity в него необходимо импортировать специальный пакет, который содержит в себе все компоненты библиотеки ARToolKit. Импортированные компоненты отобразятся в панели Project.

Следующим шагом создается сцена (экран приложения), которая будет отображаться на дисплее устройства. На созданную сцену необходимо добавить основные компоненты библиотеки ARToolKit:

- 1) ARController – управляет инициализацией, настройкой, запуском и остановкой библиотеки;
- 2) ARMarker – управляет настройкой маркеров;
- 3) AROrigin – считается центром виртуального мира, должен являться корневым элементом сцены;
- 4) ARCamera – ассоциирует виртуальную камеру Unity с контентом, отвечает за визуализацию. Должен быть дочерним компонентом камеры Unity;
- 5) ARTrackedObject – представляет маркер, который отслеживается в пространстве.

Все виртуальные объекты, которые необходимо визуализировать, должны быть его дочерними объектами. Unity оснащен мощным механизмом импорта трехмерных моделей и поддерживает следующие форматы: .3ds, .max, .obj, .fbx, .dae, .ma, .mb, .blend. Для импорта трехмерной модели можно просто перенести файл в окно редактора, импортированная модель появится в окне Project и будет готова к использованию внутри редактора.

После импорта модели ее следует добавить на созданную ранее сцену, причем модель должна являться дочерним объектом ARTrackedObject. На рис. 3 представлен созданный проект Unity.

Созданная сцена имеет корневой объект «Scene root», на который добавлен компонент AROrigin. Объект «ARToolKit» содержит в себе два

компонента ARController и ARMarker. Компонент ARMarker настроен на использование стандартного квадратного маркера «Hiro». На объект «Camera» добавлен компонент ARCamera. Объект «Directional light» представляет собой направленный свет. Объект «Marker scene» оснащен компонентом ARTrackedObject и содержит в себе дочерний элемент – трехмерную модель автомобиля, который будет визуализироваться.

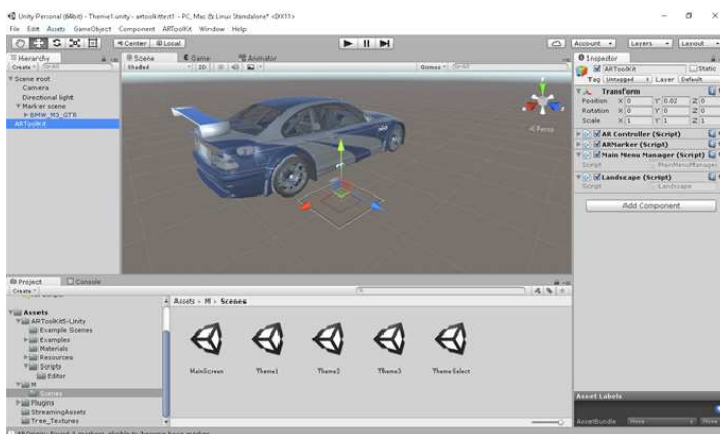


Рис. 3. Проект приложения дополненной реальности в Unity

Для сборки и запуска приложения необходимо настроить соответствующие параметры в окне «Build Settings». Чтобы открыть это окно, необходимо перейти по следующим пунктам в меню File → Build Settings. В появившемся окне в качестве целевой платформы выберем Windows и запустим приложение нажатием кнопки «Build And Run». Результат работы приложения дополненной реальности представлен на рис. 4.



Рис. 4. Результат работы приложения дополненной реальности

В представленной работе был рассмотрен вопрос создания приложения дополненной реальности. Приложения дополненной реальности можно применять в различных областях: электронная торговля, продажа одежды, мебели, предметов интерьера, дизайн помещений, сфера красоты, услуги пластической медицины, образование и т.д.

Для разработки приложения дополненной реальности были использованы следующие программные средства:

- 1) платформа разработки Unity,
- 2) библиотека ARToolKit,
- 3) язык программирования C#.

Разработанное приложение может работать на стационарных и мобильных устройствах на следующих операционных системах: Windows, Linux, Android, iOS.

Список литературы

1. Milgram P., Kishino F. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays // IEICE Trans. Information Systems. – 1994. – № 12. – P. 1321–1329.
2. Azuma R. A Survey of Augmented Reality // Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – № 4. – P. 355–385.
3. Яковлев Б.С., Пусто С.И. Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – № 3. – С. 484–492.
4. Прокачай свою реальность [Электронный ресурс]. – URL: <https://haker.ru/2011/08/24/56240/> (дата обращения: 05.12.2016).
5. Обзор AR-библиотек для создания приложений с дополненной реальностью [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.azoft.ru> (дата обращения: 20.01.2017).
6. ARToolKit Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://artoolkit.org/documentation/> (дата обращения: 20.01.2017).
7. How does ARToolKit work? [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/userarwork.htm> (дата обращения: 29.01.2017).

ЦВЕТОТЕРАПИЯ КАК НОВАЯ ОТРАСЛЬ СВЕТОДИЗАЙНА

Пахомова Алина Владимировна

Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС», Москва

В статье рассмотрена актуальная отрасль светодизайна – цветотерапия. В современном мире мало где используется подтвержденное многими фактами направление цветотерапии. Поэтому актуально рассмотреть и дать начало этой теме.

Ключевые слова: цветотерапия, светодизайн, человек, влияние цвета на человека, прибор цветотерапии.

COLOR THERAPY AS A NEW BRANCH OF LIGHTING DESIGN

Pakhomova Alina Vladimirovna

National University of Science and Technology

The article is devoted to the actual branch of lighting design – color therapy. In today's world there is little use of the direction of color therapy confirmed by many facts. Therefore, it is important to consider and give rise to this topic.

Keywords: color therapy, color therapy device, light-design.

История цветотерапии

С давних времен известны лечебные свойства цвета. В Древнем Китае, Древнем Египте, Древней Индии, используя натуральные прозрачные и полупрозрачные цветные минералы, применяли цветотерапию. После появления недорогого разноцветного стекла появился интерес к цветотерапии и в Европе. В России в 1891 г. для лечебных целей был предложен рефлектор с синей электрической лампочкой, или «лампа Минина». Ряд работ В.М. Бехтерева посвящен действию цвета на психоэмоциональное состояние человека. В СССР исследования в области светолечения проводил С.Б. Вермель, по применению цветотерапии в практической медицине появились переводные и советские руководства. Первый отечественный аппарат для визуальной цветотерапии был создан в 1966 г. А.П. Бельшевым [1].

О важности цвета и необходимости его применения в различных областях знаний утверждали древние философы и современные психологи. Например, известный психиатр В.М. Бехтерев писал: «Умело подоб-

ранная гамма цветов способна воздействовать на нервную систему более, чем иная микстура». Ивли Грант заметил: «Чем больше смотришь на этот мир, тем больше убеждаешься в том, что цвет создан для красоты, и красота эта – не удовлетворение прихоти человека, а необходимость для него». Аристотель писал: «Все живое стремится к цвету... Цвета по приятности их соответствий могут относиться между собой подобно музыкальным созвучиям и быть взаимно пропорциональными» [2].

Цвет способен возбуждать и подавлять, лечить и облагораживать, возносить и низвергать. К примеру, несколько выдержек из замечательной книги Мориса Дерибере «Цвет в деятельности человека»: «Физиологическое и психофизическое воздействие цвета на живые существа позволило разработать богатую технику цветотерапии. Особое внимание привлекал красный цвет, его использовали еще средневековые врачи для лечения ветряной оспы, скарлатины, кори и некоторых кожных заболеваний. Изучались и другие цветные лучи. Лечение неврологических явлений светом началось очень давно. Вначале оно было очень эмпиричным, но после наблюдений Плезантона над болеутоляющим свойством света, пропущенного через голубой фильтр, и наблюдений Поэга над тем же свойством фиолетового света оно стало очень точным. В начале нашего века несколько русских и немецких терапевтов подтвердили наблюдения о благоприятном воздействии голубых и фиолетовых лучей при лечении невралгических заболеваний...» [2].

Несмотря на наличие большого числа фактических данных современной медициной цвет до сих пор активно не используется.

Влияние цвета на личность человека

Формирование индивидуума, развитие его творческого потенциала, самореализация зависят от многих причин, среди которых важное место занимают его самочувствие и эмоциональное состояние. В связи с ускоренным темпом жизни проблема обеспечения эмоционального благополучия человека становится все более актуальной. Современные исследования показывают, что большую роль в создании эмоциональной устойчивости играет цвет.

Цвет имеет большое значение в эстетическом и художественном восприятии мира. Эмоциональная реакция человека на цвет достаточно сильна. Восприятие цвета зависит от физиологии глаз индивида, от состояния нервной системы, жизненного опыта и окружающей обстановки.

Цвет может влиять на работоспособность, кровяное давление, аппетит, эмоции, остроту слуха. Цветовое окружение напрямую влияет на наше эмоциональное и психофизическое состояние. Один и тот же цвет может вызвать положительные или отрицательные эмоции, в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия. Состояние мозга человека и его внутренних органов отражает предпочтение одного цвета другому.

Основываясь на целебных свойствах цвета, приведем краткую характеристику цветов. Красный цвет укрепляет сердце и систему кровообращения. Оранжевый дает ощущение радости, помогает при потере аппетита и депрессиях. Желтый положительно влияет на нервную систему и внутренние органы, также улучшает настроение. Зеленый оказывает сильный антистрессовый эффект, устраняет состояние усталости. Синий цвет помогает при нарушениях сна, головных болях [3].

Если цвет применять неправильно, то он может навредить. Противопоказания к применению некоторых цветов следующие:

- ◆ красный вызывает гипертонию, агрессию, злость;
- ◆ синий – гипотонию, депрессию, чувство страха;
- ◆ фиолетовый – депрессию, угнетенное состояние;
- ◆ желтый – повышенную возбудимость.

Зеленый цвет противопоказаний не имеет.

Особое значение имеет то, что цвет оказывает влияние на психику человека.

Теоретические основы взаимосвязи «цвет – эмоция» были предложены Р. Арнхеймом в его структурной гештальт-теории визуализации человеческих переживаний, согласно которой структура художественных компонентов схожа со структурой внутренних переживаний, которые визуализируются [3].

Исследования швейцарского психолога Макса Люшера подтверждают взаимосвязь цветовых предпочтений с эмоциями, которые испытывает человек. Разработанный цветовой текст Люшера предназначен для изучения эмоционального состояния человека, а также способствует изучению возможностей адаптации индивида к различным социальным и психологическим ситуациям.

Эмоциональный компонент реакции на цвет является частью целостной реакции организма. В зависимости от воспоминаний, плохих или хороших, улучшается чувствительность к теплой или холодной части спектра. Все люди видят мир в разном цвете, и это зависит от типа

личности. Эмоционально уравновешенные люди воспринимают мир более ярким и красочным, люди с повышенной степенью тревожности видят мир менее красочным и тусклым.

Цвета абсолютного предпочтения позволяют определить психотип человека:

- ◆ красный, красно-оранжевый, оранжевый – чувственный тип;
- ◆ синий, ультрамариновый, зелено-синий определяют мыслительный тип;
- ◆ гамма желтого и оранжевого цветов определяет экстраверсию;
- ◆ зеленый, оливковый – интуитивный тип;
- ◆ фиолетовый, розовый, черный, ультрамариновый определяют интроверсию.

В итоге можно определить, что каждый цвет воздействует на человека в нескольких направлениях: психологическом, физиологическом, способствует развитию креативности и духовности. Цвет исцеляет человека, влияя на его состояние так же, как и лекарства, гармонизирует его личность, пробуждает скрытые ресурсы организма [3].

Для уточнения воздействия цвета существуют 13 классификационных групп, каждой из которых соответствует своя резонансная частота цветового спектра:

- ◆ 760 нм (темно-красный цвет) – для кожи и ее производных (волосы, ногти, молочные железы, клетчатка);
- ◆ 686 нм (красный цвет) – для костей, суставов, связок, дисков и позвонков;
- ◆ 656 нм (оранжево-красный цвет) – для сосудов (артерии и вены), сердца, мышц (поперечнополосатых и гладких);
- ◆ 589 нм (оранжевый цвет) – для таких органов тела человека, как кровь, селезенка (красная пульпа), красный костный мозг (как орган кроветворения);
- ◆ 585 нм («золотой» цвет) – для толстой кишки с ее отделами (слепая, восходящая, нисходящая, поперечноободочные, прямая) и желудка;
- ◆ 580 нм (желтый цвет) – для тонкой кишки, включая 12-типтерстную, тощую и подвздошные отделы, поджелудочную железу (ее экзокринную часть), слюнные железы и пищевод;
- ◆ 565 нм (желтозеленый цвет) – для органов половой системы (матка, яичники у женщин, яички у мужчин и простата, семенные пузырьки);
- ◆ 527 нм (зеленый цвет) – для печени и желчного пузыря;

- ◆ 517 нм (голубовато-зеленый цвет) – для почек, мочевого пузыря, мочеточников;
- ◆ 486 нм (голубой цвет) – для органов иммунной защиты (вилочковая железа, селезенка, лимфоузлы), слизистой полости носа и бронхов;
- ◆ 430 нм (синий цвет) – для органов нейро-эндокринной регуляции (щитовидной железы, надпочечников, половых желез, гипофиза, гипоталамуса, эпифиза);
- ◆ 397 нм (фиолетовый цвет) – для вегетативной (симпатической, парасимпатической) и периферической нервной систем, проприо-рецепторам и физиологическим анализаторам (глаз, ухо, вестибулярный аппарат);
- ◆ 380 нм (темно-фиолетовый) – для проблем с мозгом и психикой [4].

Исходя из вышепрочитанного, можно предположить, что цветотерапия способна помочь «особенным» детям и взрослым. Поэтому введение цветотерапии как отдельной отрасли необходимо.

Список литературы

1. Точилина О.В., Андреева И.Н., Доронина Т.Н. Современные аспекты визуальной цветотерапии // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2015. – № 4 (56).
2. Шалимова Л.А., Насонова Л.И. Теория изучения цвета // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – № 6.
3. Буренкова О.А. Роль цвета в развитии эмоционально-чувственной сферы личности // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 7–1.
4. Лаврентьев Б.Ф., Роженцов В.В. Прибор цветотерапии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6–1.
5. Андреева И.Н. Хромотерапия // Физиотерапия и курортология. Книга I / под ред. В.М. Боголюбова. – М.: БИНОМ, 2008. – С. 306–315.
6. Ross M.J., Guthrie P., Dumont J.C. The impact of modulated, colored light on the autonomic nervous system // Adv. Mind. Body Med. – 2013. – Vol. 27, № 4. – P. 7–16.
7. Ежова Н.Н. Рабочая книга практического психолога. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 314 с.

ПРИМЕНЕНИЕ И ЗНАЧЕНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ

Рыбацкий Павел Андреевич

Томский политехнический университет, Томск

Давыдова Евгения Михайловна

В представленном докладе описывается значение экодизайна как направления в дизайне, в котором основной приоритет отдается гармонизации отношений человека с окружающим его миром. И на примере спроектированного продукта показываются основные достоинства экологического дизайна.

Ключевые слова: дизайн, экодизайн, проектирование, экология, экологичность, материалы.

THE USE AND SIGNIFICANCE OF NATURAL MATERIALS IN INDUSTRIAL DESIGN

Rybackei Pavel Andreevich

Tomsk Polytechnic University

Davydova Evgenia Michaylovna

The paper discusses the importance of EcoDesign as a trend in design industry that prioritizes harmonious relationship between human person and the environment. Using one of the designed products as an example, the author shows main advantages of the Ecological Design.

Keywords: design, EcoDesign, designing, ecology, environmental friendliness, materials.

Дизайн, представляемый, с одной стороны, как сфера творческой проектной деятельности, а с другой – как совокупность устройств и вещей, обеспечивающих удобство и легкость человеческого быта, и как особым образом сформировавшийся эстетический концепт образа жизни, занимает в современном мире значительную роль. Культура дизайна в современном обществе представляется как начальная форма совокупной организующей и преобразующей человеческой деятельности. Воздействие дизайна на разные стороны общественной жизни непрестанно растет, появляются новые формы, условия коммуникации проектной деятельности и человека.

В период доиндустриальной эпохи, начиная с самых древнейших времен, люди существовали в гармонии с природой, были ее частью.

Это было связано с тем, что люди имели меньше власти над природой, осознавали свою незащищенность, незначительность и признавали зависимость от природных циклов и явлений. Значительное влияние новой цивилизации на экосистему обусловлено техническим прогрессом. Непрекращающийся рост потребностей прогресса сопровождается уменьшением шансов и возможностей их удовлетворить.

Экологический кризис спровоцировал реакцию и в проектных, и в научных сферах в форме концептуальных, проблемных проектов, и экономических, социологических, технологических, философско-этических научных исследований. Метод, основанный на экологическом подходе к проектированию и технологии производства, появился, с одной стороны, как интуитивная неосознанная нужда потребителя, с другой – как сформированная задача для дизайнеров, проектировщиков и ученых.

Все чаще в диалоге между дизайнером и заказчиком возникает вопрос экологичности проектируемого продукта, его безвредности относительно здоровья самого человека, во время использования и безопасной, по отношению к природе, утилизации. Это послужило особым стимулом для активного использования экологического подхода при проектировании и, соответственно, его развития как направления в дизайне.

На примере разработанного проекта будут рассмотрены некоторые стороны использования натуральных материалов, функции и свойства, сочетаемые вместе с экологическим подходом к проектированию.

При постановке критериев по разработке проекта были выделены следующие аспекты, которые должны будут присутствовать в будущем объекте: универсальность, функциональность, надежность, эстетичность, экологичность.

Решая данные задачи, был разработан функциональный сувенирный набор для хранения флеш-накопителей в виде модульной игрушки – головоломки (рис. 1).

Функция головоломки заключается в разборе и сборе пазла из флеш-карт, имеющих форму элементов из игры «Тетрис». В собранном виде флеш-карты хранятся внутри разработанного бокса, имеющего пружинный механизм для открывания и закрывания. Кроме того, данный продукт имеет функцию носителя корпоративной информации (рис. 2).



Рис. 1. Функциональный сувенирный набор для хранения флеш-накопителей в виде модульной игрушки-головоломки

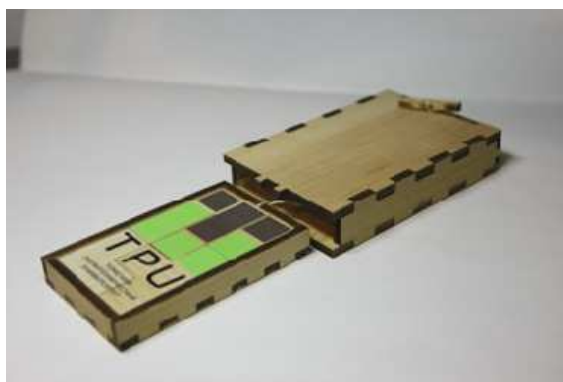


Рис. 2. Пример взаимодействия разработанного объекта с элементами фирменного стиля ТПУ

Благодаря простому механизму головоломку сложно сломать, в собранном виде все детали плотно прижаты друг к другу, поэтому конструкция сможет легко пережить не одно падение, а благодаря пружинам, служащим для удобного извлечения содержимого, создается дополнительная амортизация, способствующая сохранению целостности флеш-карт при неблагоприятном воздействии внешних факторов. Натуральное дерево, используемое для создания данного продукта, наполняет уникальностью каждый экземпляр, придает своей фактурой эстетичности. Себестоимость такого сувенирного набора сведена к минимуму благодаря простой схеме вырезания из фанеры, имеющей прямоугольные формы, невысокой цене самого материала и минимальном количестве задействованного на производстве персонала. Дерево не конфликтует с технологической составляющей проекта в виде содержимого

флеш-карт, которое на столярном клее фиксируется в деревянной форме. Кроме технологических элементов клеем фиксируются между собой все сборочные фрагменты проекта.

Столярный клей – особый материал, который обычно готовят из рогов или костей животных. Для дерева используется мездровый столярный клей, изготавливаемый из костей. Он может иметь вид гранул, крупинок или чешуек. Клей, изготовленный из рогов, отличается хорошим цветом и лучшими качествами, чем мездровый. Рога вывариваются до однородной массы, которая потом при остывании засыхает и дробится на мелкие кусочки, которые фасуются и продаются. Данный клей считается экологическим материалом.

Благодаря относительно свободному взаимодействию с практически любыми элементами фирменного стиля разработанный набор можно использовать не только как сувенирную подарочную продукцию для предполагаемых клиентов, но и в качестве носителя корпоративной информации в рабочей среде, например, как обязательный элемент обустройства рабочего пространства сотрудников.

Благодаря таким проектам можно увидеть потенциал экодизайна, понять, насколько глобальны перспективы развития данного направления, ведь в данном примере раскрыты далеко не все возможности и положительные стороны экодизайна. Такие товары необходимы не только рынку, но и человечеству и планете в целом. Дизайнерам стоит продолжать совершенствовать данное направление, формировать экологическую культуру и изучать вопросы, связанные с современными проблемами экологической ситуации на планете в целом и в регионах в частности.

Сформировать экокультуру в сознании дизайнеров, проектировщиков и вообще всех специалистов, которые будут проектировать и формировать предметно-пространственную среду и оценивать ее эффективность, принимая во внимание все точки зрения, очень важно как для нынешнего, так и для будущих поколений. Мера человеческой свободы, предел его прав по отношению к природе – вот что является центром экологической культуры. Чем яснее человек будет осознавать себя субъектом природы, понимать и принимать свою роль в борьбе за сохранение жизни на планете, учитывать возможности природы при удовлетворении своих потребностей, ясно видеть, что он является частью циклов и ритмов природы, тем выше будет уровень его экологической культуры. Изучая имеющиеся на данный момент основы экодизайна, дизайнеры форми-

руют у будущих поколений специалистов ценностные представления о выгодном взаимодействии природы и человека, а также предоставляют возможность ознакомиться с конкретными приемами экологизации, которые стоит использовать в будущем при проектировании архитектурной среды и объектов дизайна.

Зарождение проектирования с экологическим подходом можно отследить в истории человечества на примерах архитектурных сооружений, бытовых предметов и декоративно-прикладного искусства. Созданная и создаваемая человеком предметно-пространственная среда становится своеобразным воплощением социальных, политических, идейных, культурных и эстетических взглядов, а также экономико-технологических возможностей человечества. Концепт, декор, конструкции, функции пространства и предметов, которые его наполняют, показывают сущность общества и уровень развития его технологий.

Появившееся во второй половине XX века направление экологического («зеленого») дизайна – это попытка достижения гармонии в отношениях между человеком и природой и внесения в них ответственности со стороны людей. Экологический подход в проектировании стал следствием научно-технической революции. Его цель в дизайне – создание среды, совместимой с экосистемой, что означает снижение и, при возможности, полное исключение вредоносного влияния на экосистему путем задействования альтернативных ресурсов и энергии, нетоксичных материалов, которые уже переработаны или предназначены для переработки, а также возобновляемых производственных процессов.

Экологический способ проектирования соединяет в себе и художественные основы, и научное, философское понимание влияния созидательной деятельности людей на экосистему, последствий контакта человека и окружающей среды.

Таким образом, экодизайн – это направление дизайна, в котором основной приоритет отдается гармонизации отношений человека с окружающим его миром и сохранению природы. Это сектор комплексной дизайнерской деятельности к внедрению в проектируемых объектах для соединения требований природной среды с потребительскими и эстетическими требованиями человека. Его основная цель – создание оптимальных условий, удовлетворяющих человеческие потребности и в то же время не нарушающих баланса экосистемы. Экодизайн включает в себя комплексный подход к разработке любых проектов, связанных с деятельностью человека, от миниатюрных предметов дизай-

на, которые используются в бытовой жизни, до дизайна архитектуры, ландшафта и городов.

Разработанный объект соответствует принципам экологического дизайна. Используемые материалы и способы соединения деталей сборки полностью соответствуют нормам безопасности эксплуатации человеком. Спроектированный продукт находится в балансе между формой и функцией. Форма параллелограмма вписывается в каждую среду и удачно взаимодействует практически с любым рабочим пространством.

Список литературы

1. Иовлев В.И. Архитектурное пространство и экология. – Екатеринбург: Архитектон, 2006. – 298 с

2. Медведев В.Ю. Сущность дизайна: учеб. пособие. – СПб.: СПГУТД, 2009. – 110 с.

3. Панкина М.В., Захарова С.В. Экологический дизайн: учеб. пособие. – Бийск: Изд. дом «Бия», 2011. – 186 с.

4. Сараева Н.М., Суханов А.А. Принцип системности в экопсихологическом исследовании. – М.: КРАСАНД, 2010. – 112 с.

5. Уваров А.В. Экологический дизайн: опыт исследования процессов художественного проектирования: автореф. дис. канд. искусствоведения. – М.: МВХПУ, 2010. – 41 с.

6. Панкина М.В., Захарова С.В. Экологический дизайн как интегрирующее содержание профессиональной подготовки дизайнеров и специалистов в области экологического образования // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6–2. – С. 373–377. – URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id = 29995> (дата обращения: 20.03.2017).

ПОВЕРХНОСТИ КЛАССА «А» В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Васьков Андрей Игоревич,
Гилев Николай Александрович**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

В данной статье проводится анализ требований поверхностей класса «А» относительно технических процессов мелкосерийных производств. Также дается обоснование проблематики требований к поверхностям моделей.

Ключевые слова: поверхности класса «А», мелкосерийное производство, корпусные детали, контроль производства, контроль поверхностей, требования к поверхностям модели.

A-CLASS SURFACES IN SMALL-SCALE PRODUCTION

**Vaskov Andrey Igorevich,
Gilev Nikolai Aleksandrovich**

Perm National Research Polytechnic University

This article analyzes the requirements of A-class surfaces with respect to the technical processes of small-scale production. The justification of the problematic of requirements to model surfaces is also given.

Keywords: A-class surfaces, small-scale production, case-shaped parts, production control, surfaces control, requirements for the surfaces of the model.

В данный момент любой производитель продукции, ориентированной на конкурентоспособность на рынке за счет актуальности дизайна и качества изделия, вынужден различными способами контролировать качество поверхностей своего продукта. В настоящее время сформировались такие понятия, как поверхности различных классов А, В, С, где класс соответствует качеству этих поверхностей. Но при этом еще не создано нормативной базы, контролирующей эту сферу, в виде ГОСТов, ОСТов, стандартов сертификации, ISO стандартов. Крупные предприятия в сферах автомобилестроения, самолетостроения и прочих сферах, связанных с промышленным выпуском продукции, с начала 2000-х годов начали самостоятельно формировать внутренние нормативные документы в виде технических требований к своей продукции (например, такие компании, как BMW, SAAB, Audi, Toyota и др.). Ввиду отсутствия цен-

трализации таких стандартов каждый производитель по-своему трактует требования к поверхностям изделий.

Общепринятые, но не зафиксированные требования к поверхностям класса «А» (самые качественные поверхности) сводятся к следующим принципам:

1. Использование непрерывностей G2 и выше (в определенных задачах также используются непрерывности G0 и G1 (рис. 1)).

2. Дробление сложной поверхности на простые, без прерывания блика по форме.



Рис. 1. Дизайн автомобиля с поверхностями класса А

Непрерывности

Поверхности класса «А» тесно связаны с эстетикой продукта [3]. Отражения и блики на глянцевой поверхности играют определяющую роль [2]. Если поверхность не соответствует требованиям, то, соответственно, блики и отражения будут нарушены. Для обеспечения эстетики соединения поверхностей используются непрерывности. Непрерывность – это формула, по которой одна плоскость сопрягается с другой.

G0 – Positional Continuity – соединение кривых и поверхностей с непрерывностью по расположению. G0 соединяет профильные кривые поверхности с непрерывностью, основанной только на расположении, т.е. соединение происходит стык в стык [1]. В этом случае образуются видимое ребро и явное преломление блика на трехмерном объекте (рис. 2).

G1 – Tangent Continuity – соединение по касательной. При такой непрерывности совпадают не только конечные точки кривых или поверхностей, но и касательные к этим точкам. И хотя этот тип соединения не допускает острых ребер, все же оно не дает идеально гладкого сопряжения [1] (рис. 3).



Рис. 2. Стандарт G0



Рис. 3. Стандарт G1

G2 – Curvature Continuity – непрерывность по кривизне. При таком типе соединения одна кривая переходит в другую, и конечная точка первой совпадает с начальной точкой второй. Кроме того, совпадают касательные этих точек и радиусы [1]. Визуально отличить переход от одной поверхности к другой невозможно, и блик лежит идеально ровно. Стандартом при создании высококачественных поверхностей является именно G2 (рис. 4).



Рис. 4. Стандарт G2

G3 и G4 – развитые степени непрерывности по кривизне, в которых при соединении используются кривые более высоких порядков, чем при G2. Следовательно, это своего рода итерации развития G2 непрерывности.

Для чего необходимы непрерывности на практике?

- ◆ Во-первых, это эстетическая основа модели.
- ◆ Во-вторых, при производстве формообразующих моделей используется специализированное оборудование, такое как фрезероальные комплексы с ЧПУ. Как следствие, программа для прохода фрезы по форме, при высокоточной обработке, формируется не просто с помощью смены координат инструмента, а на основе поверхностей (такую программу не получить без плавного изменения радиуса кривизны).

Дробление сложной поверхности на простые

Для обеспечения возможности соединения непрерывностями выше G1 необходимо обеспечить геометрию отдельных поверхностей приближенно к прямоугольным формам. В участках сложных сочленений поверхностей требуется разбивка на большее количество фрагментов. При этом основное требование к модели с поверхностями класса «А» – это как можно меньшее дробление, но достаточное, чтобы передать требуемую форму объекта (рис. 5).

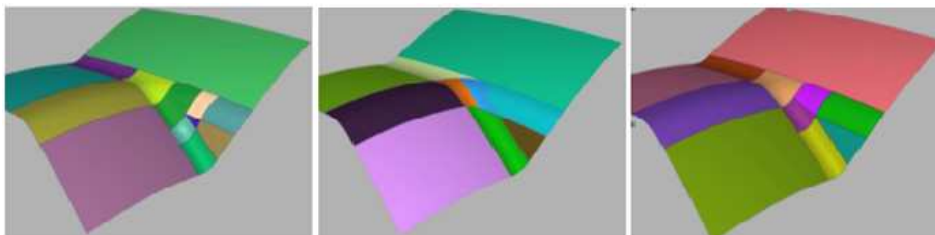


Рис. 5. Геометрия поверхностей с прямоугольными формами для обеспечения непрерывностей выше G1

Необходимость проектирования поверхностей класса «А» в моделях изделий для мелкосерийного производства

Есть два принципиальных подхода для достижения необходимого качества поверхности изделия:

1. Принудительное доведение поверхности изделия до класса «А». Данный подход целесообразен при единичном производстве формы изделия. В данном подходе применяются инструменты и методы обработ-

ки низкой точности, и доводка поверхности производится за счет ручной обработки изделия (пример: процесс шлифовки).

2. Контроль и корректировка поверхностей в ходе проекта. При таком подходе необходимо обеспечение контроля проектирования и производства на всех стадиях. Принципиальная схема в данном случае представит из себя следующую цепь: эскиз модели – поверхностная модель – контроль модели – рабочая модель (твердотельная модель) – контроль – прототипирование – контроль – создание формообразующей модели – контроль – создание матрицы изделия – контроль – создание промышленного образца – контроль – выпуск серии изделий. Без контроля на каждой из перечисленных стадий возникает риск брака всей серии изделий, что повлечет за собой более значительную потерю ресурсов проекта, чем сам процесс обеспечения контроля.

Контроль объемных изделий в настоящий момент может быть обеспечен: а) обмерными шаблонами; б) трехмерным сканированием, последний вариант обеспечивает большую точность контроля (вплоть до 0,001 мм).

Качество поверхности может быть обеспечено в полной мере только за счет применения механической обработки детали. Например, формообразующая модель, так как с нее снимается матрица изделия, должна быть обработана комплексами с ЧПУ (вплоть до финишной обработки) без ручной механической обработки, иначе деталь перестанет соответствовать смоделированной геометрии.

Для того чтобы понять, в каких промышленных условиях находится мелкосерийное производство (это малые и средние предприятия), необходимо привести ориентировочный список доступных технологий:

1. Все виды ручной механической обработки.
2. Фрезерные станки с ЧПУ, работающие с листовым материалом (недостаточная высота портала станка и отсутствие ПО, способного работать с 3D-моделями)
3. Фрезерные станки с ЧПУ, способные обрабатывать объемные изделия, в среднем ограничение рабочего поля станка имеет габариты 2000×1500×650 мм (X×Y×Z), не включая обрабатывающие комплексы с ЧПУ.
4. Токарное оборудование без ЧПУ.
5. Лазерные, плазменные, гидроабразивные раскроечные станки с ЧПУ, не включая обрабатывающие комплексы с ЧПУ.
6. Все виды малярных работ без автоматизации.

7. Прототипирование послойной, лазерной или фотополимерной печатью.

8. Армированные композиты (такие, как стеклопластики, углепластики и т.д.)

9. Холодные полимерные композиты (многокомпонентные пластики, резины, полиуретаны и т.д., льющиеся без высоких температур и высоких давлений).

Исходя из этой информации, можно сделать заключение о точности данных технологий. Например, фрезерный станок с ЧПУ: конические фрезы для финишной обработки имеют минимальный диаметр рабочей части 0,1 мм, но при этом чаще используются сферические фрезы с диаметром рабочей части 2 мм. Допуски по резам на раскroечном оборудовании, допуски при ручной механической обработке – при обработке сложного комплексного изделия суммарные допуски могут достигать 2 % на габарит изделия. Для минимизации потерь точности при таких технологиях необходимы контроль каждой стадии обработки детали и корректировка метода обработки с учетом результатов контроля.

Создание параметрической модели изделия с поверхностями класса «А» в условиях мелкосерийного производства необходимо для обеспечения:

- 1) эстетичности изделия, как основы качества;
- 2) удобной работы с моделью в процессе производства;
- 3) контроля производственных процессов.

В настоящее время сформировалась практическая необходимость разработки нормативной базы для определения стандартов поверхностей. Это необходимо для лучшего регулирования контроля производств и для увеличения эстетики изделий в общем.

Список литературы

1. Готовцев А. Машиностроение. Autodesk alias: с чего начать? // CADMASTER. – Сентябрь 2012. – № 5.

2. Ившин К.С., Башарова А.Ф. Принципы современного трехмерного моделирования в промышленном дизайне // Архитектон: известия вузов. – Сентябрь 2012. – № 39.

3. Рушан А.З., Рифкат И.Н., Кенджиро Т.М. О некоторых классах плоских кривых с монотонной функцией кривизны, их эстетической оценке и приложениях в промышленном дизайне // Вестник Московского авиационного института. – 2013. – Т. 20. – № 2. – С. 209–218.

ФУНКЦИИ ПОЛИГОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ

**Васьков Андрей Игоревич,
Гилев Николай Александрович**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

В статье рассматриваются практические функции полигонального моделирования, приводится классификация функций и их целесообразность.

Ключевые слова: 3D-моделирование, полигональное моделирование, промышленный дизайн.

FUNCTIONS OF POLYGONAL MODELING IN INDUSTRIAL DESIGN

**Vaskov Andrey Igorevich,
Gilev Nikolai Aleksandrovich**

Erm National Research Polytechnic University

In this paper practical functions of polygonal modeling are considered. The classification of functions and their appropriateness is given.

Keywords: 3D modeling, polygonal modeling, industrial design.

В настоящее время трехмерное моделирование – это основной инструмент разработки и проверки формы объекта. 3D-моделирование в зависимости от элементов построения делится на виды [2]:

- 1) полигональное – полигон, кривая,
- 2) каркасное – точка, линия,
- 3) поверхностное – точка, линия, поверхность,
- 4) твердотельное – твердое тело,
- 5) конечно-элементное – узел, конечный элемент, сетка,
- 6) генеративное – компоненты, связи между компонентами.

Каждый вид моделирования может решить одну и ту же задачу, но при этом ресурсы (такие, как время и трудоемкость) будут затрачены абсолютно по-разному. Результат моделирования будет отличаться качественно. Полигональное моделирование является быстрым и неточным инструментом построения формы в отличие от других видов 3D-моделирования, которые требуют больших временных ресурсов.

Для промышленного дизайна в прикладном моделировании форм на начальных стадиях проектирования критичны такие параметры метода моделирования, как:

- 1) скорость,
- 2) соответствие визуальной составляющей модели к исходной концепции,
- 3) возможность редактирования модели.

Полигональное построение является быстрым инструментом за счет того, что при построении могут быть использованы примитивы форм с последующим наложением различных групп сглаживания (рис. 1). При таком подходе построения формы отсутствует история работы с моделью. Этот недостаток может быть компенсирован организацией работы над моделью, а именно сохранением результата работы на каждом этапе, после которого изменения в корне модели могут быть затруднительны.

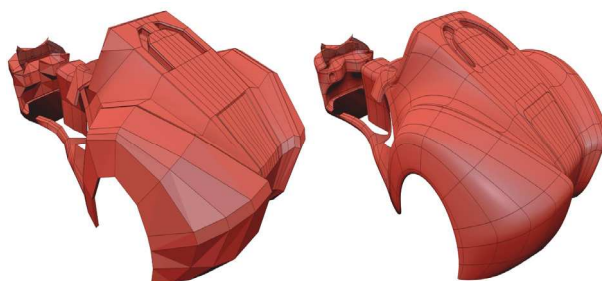


Рис. 1. Применение группы сглаживания на примере корпусной детали изделия

Можно выделить основные функции полигонального моделирования в промышленном дизайне:

- 1) визуализация формы объекта,
- 2) эскизирование и поиск формы объекта,
- 3) подготовка модели для последующих инженерных изысканий.

Визуализация формы объекта

Любой дизайн-проект на начальной стадии проходит согласование концепции как между участниками проекта, так и между исполнителем и заказчиком. Для предметного обсуждения и корректировки форм используется визуализация. Визуализация в данном случае подразумевает собой любое отображение созданной модели (рис. 2).



Рис. 2. Пример визуализации формы объекта различной графической подачей

Эскизирование и поиск формы объекта

Полигональное моделирование выступает эффективным инструментом при решении такой задачи, как поиск формы объекта. Полигон может быть подвержен большому количеству операций для определения и редактирования геометрии объекта с минимальными временными затратами [1] (рис. 3).

Подготовка модели для последующих инженерных изысканий

В тот момент, когда дизайнер формирует техническое основание и задание для дальнейшей разработки проекта инженером, необходимо определить концептуальное направление работы над моделью объекта. Для дальнейшего производства объекта модель может быть разработана двумя основными подходами:

- 1) создание параметрической модели на основе задания без исходной модели,
- 2) реверс-инжиниринг на основе исходной модели.

Второй подход способен ускорить процесс создания параметрической модели, т.е. если при создании эскизной полигональной модели были соблюдены общие габариты объекта либо его пропорции, то для создания параметрической модели возможно использование вершин по-

лигонов в качестве управляющих вершин кривых, образующих поверхности параметрической модели (рис. 4).



Рис. 3. Пример эскизного редактирования формы объекта – развитие идеи в четырех этапах



Рис. 4. Слева направо: низкополигональная модель, высокополигональная модель, параметрическая модель

Такой метод имеет недостатки при определенных требованиях качества поверхности. При сочленении нескольких сложных поверхностей, образованных таким методом, не всегда возможно выполнить требования поверхности класса «А» [3] (рис. 5).

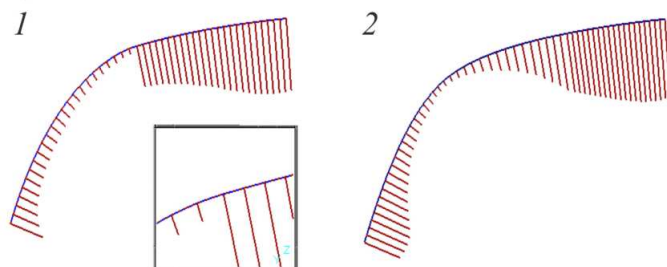


Рис. 5. Криватура непрерывности поверхности 1, образованной на основе полигональной модели; криватура поверхности 2, соответствующей требованиям поверхностей класса «А»

Полигональный метод моделирования является оптимальным инструментом для реализации эскизного проектирования форм. Помимо возможности визуализации концепции формы данный метод дает основание для быстрого перевода модели со стадии эскизирования на стадию инженерной разработки.

Список литературы

1. Аббасов И.Б. Компьютерное моделирование в промышленном дизайне. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 92 с.
2. Ившин К.С., Башарова А.Ф. Принципы современного трехмерного моделирования в промышленном дизайне // Архитектон: известия вузов. – Сентябрь 2012. – № 39.
3. Рушан А.З., Рифкат И.Н., Кенджиро Т.М. О некоторых классах плоских кривых с монотонной функцией кривизны, их эстетической оценке и приложениях в промышленном дизайне // Вестник Московского авиационного института. – 2013. – Т. 20. – № 2. – С. 209–218.

ПОРТРЕТЫ

ГАСПАР МОНЖ – УЧЕНЫЙ-ЭНЦИКЛОПЕДИСТ (НЕКОТОРЫЕ ГРАНИ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ)

Головнин Алексей Алексеевич

Тверской государственный технический университет, Тверь

Приведен краткий обзор разных источников информации о научном вкладе Гаспара Монжа в различные области науки – геометрию, теорию механизмов и машин, металлургию и другие.

Ключевые слова: Гаспар Монж, ученый-энциклопедист

GASPARD MONGE – A SCIENTIST-ENCYCLOPEDIST (SOME FACETS OF SCIENTIFIC HERITAGE)

Golovnin Alexey Alexeevich

Tver State Technical University

A brief overview of the different sources of information about scientific contributions of Gaspard Monge in the various fields of science, geometry, theory of mechanisms and machines, metallurgy and others.

Keywords: Gaspard Monge, a scientist-encyclopedist.

Работы Монжа по геометрии в пространстве

В провинциальной Мезьерской школе, где Монж работал до переезда в 1784 г. в Париж, он выполнил свои знаменитые работы по дифференциальной геометрии в пространстве. В работе, представленной в Парижскую академию в 1771 г., Монж производит глубокий анализ пространственных кривых. Монж показывает, что аналогом центров кривизны плоской кривой для пространственной кривой являются ее полярные прямые, что геометрическое место ее полярных прямых есть поверхность, которую можно разогнуть в плоскость, и т.д. В 1776 г. ученик Монжа по Мезьерской школе Менье представил Парижской Академии мемуар о кривизне поверхностей, написанный под непосредственным влиянием Монжа.

На протяжении чрезвычайно плодотворных лет работы Монжа в Мезьерской школе им опубликованы: мемуар о барометрических опы-

тах, выполненных Монжем совместно с Д'Арсе, пять мемуаров по теории дифференциальных уравнений в частных производных и два мемуара по теории уравнений в конечных разностях и о свойствах некоторых поверхностей с применением к теории теней и полутеней. Его начертательная геометрия еще не опубликована, но о ней тоже знают. Монж широко известен как выдающийся геометр [1].

В появившемся в 1784 г. труде «Memoire sur la theorie des deblais et des remblais» (т.е. мемуар о выемках и насыпях), связанном с земляными работами при возведении крепостей и постройке дорог, Монж, между прочим, строит две важные математические теории. Во-первых, он рассматривает общие свойства двухпараметрических систем прямых в пространстве, которые теперь называются конгруэнциями прямых. В задаче Монжа – это кратчайшие пути частиц земли при переносе ее из выемки в насыпь. Во-вторых, Монж в этом мемуаре впервые рассматривает так называемые линии кривизны на поверхности и их свойства.

Подчеркивая совершенную общность главных нормальных сечений Эйлера и линий кривизны Монжа, Араго говорит: «Линии кривизны так же удивительны, как главные сечения Эйлера. Таким образом, имена этих знаменитых геометров навсегда будут соединены двумя капитальными открытиями в общей теории поверхностей». Лагранж, узнав об этом открытии Монжа, сказал: «Вы, любезный друг, открыли превосходные теоремы; я желал бы, чтобы это открытие было сделано мною». Монж признавался впоследствии, что ни один комплимент не доставил ему такого удовольствия.

Самая капитальная работа Монжа, по оценке академика Б.Н. Делоне (здесь и далее по [2]), впрочем, как и современников, связана с теорией поверхностей. Имея всегда в виду практическую пользу, Монж исходил из того, что когда надобно употребить в дело некоторую поверхность, то инженеры не заботятся о степени ее уравнения, но имеют необходимость в ясном понятии об ее происхождении, не обращая внимания на алгебраическую иерархию поверхностей. Первые работы Монжа об уравнениях поверхностей, выражающих их происхождение, были напечатаны в «Записках Туринской академии» за 1770 и 1773 гг. Лагранж, получив работы Монжа, сказал: «Этот пострел со своим происхождением поверхностей идет к бессмертию», а также «Этот черт Монж всегда полон новых и смелых идей» [3]. Таким образом, в глазах авторитетных современников бессмертие Монж заслужил не за создание начертательной геометрии (во всяком случае, не только за нее).

Работы Монжа о конечных и дифференциальных уравнениях разных поверхностей, заданных способом их образования, печатались сначала в 1795 г. в виде отдельных тетрадей для пользования студентов Политехнической школы. Затем эти «*Feuilles d'analyse applique a la geometric*» вышли еще раз в 1801 г. Далее в значительно расширенном виде, большой книгой под названием «*Application de l'analyse a la geometric*» (т.е. «Приложение анализа к геометрии») были изданы в 1804 и 1809 гг. и, наконец, после смерти Монжа, в 1828 г. были выпущены под редакцией Луивилля, с приложением перевода работы Гаусса по теории поверхностей.

В этой знаменитой книге Монжа рассматриваются:

- 1) поверхности цилиндрические, т.е. образуемые любым движением в пространстве прямой, остающейся параллельной самой себе;
- 2) конические – образуемые любым движением прямой, проходящей через зафиксированную точку, вершину конуса;
- 3) поверхности вращения;
- 4) поверхности, получаемые любым движением горизонтальной прямой, проходящей все время через зафиксированную вертикальную прямую;
- 5) поверхности «каналов», т.е. поверхности круглых трубок постоянного диаметра, получающиеся, если центр заданной окружности двигать по любой заданной кривой так, чтобы ее плоскость оставалась перпендикулярной к этой кривой;
- 6) поверхности, у которых линия наибольшего ската везде образует постоянный угол с горизонтальной плоскостью, т.е. поверхности склонов насыпей;
- 7) поверхности развертывающиеся, т.е. такие, которые могут быть получены изгибанием плоского листа;
- 8) поверхности переноса, т.е. такие, которые образуются любым параллельным передвижением в пространстве неизменной кривой, и т.д.
- 9) после этого Монж рассматривает теорию линий кривизны и, в частности, находит линии кривизны на общем трехосном эллипсоиде.
- 10) затем он рассматривает поверхности, одно из семейств линий кривизны которых плоское, и
- 11) поверхности, у которых один из главных радиусов кривизны постоянен, или главные радиусы кривизны везде равны между собой по величине и обратны по знаку, т.е. их сумма равна нулю (минимальные поверхности);

12) далее Монж рассматривает уравнения линейчатых поверхностей, т.е. поверхностей, получаемых любым движением прямой в пространстве;

13) а также поверхности, все нормали которых являются касательными к данной сфере, к данному круговому конусу или к произвольной данной развертывающейся поверхности;

14) в виде приложения к книге Монж дает свою теорию интегрирования уравнений с частными производными первого порядка и знаменитое свое решение задачи о колебании струны;

15) каждому из видов рассматриваемых поверхностей Монж дает сначала дифференциальное, а затем конечное уравнение. Дифференциальное уравнение получается с частными производными от z по x и по y первого или второго порядка. Конечное уравнение содержит соответственно одну или две произвольные функции;

16) Монж ввел применяемое и сейчас обозначение буквами p и q частных производных от z по x и y и буквами r , s , t производных второго порядка;

17) исходя из многочисленных частных задач, Монж построил свой способ решения дифференциальных уравнений с частными производными, основанный на чисто геометрических соображениях. Он рассматривал линии пересечения соседних поверхностей семейства, так называемые характеристики. Теорию характеристик Монж положил в основу общего метода интегрирования уравнений с частными производными первого, а также некоторых уравнений с частными производными второго порядка, носящих и теперь его имя.

Монж первый перешел от изучения геометрии на плоскости к глубокому изучению геометрии в пространстве. Все его математическое творчество проникнуто пространственными соображениями. Его начертательная геометрия, теория образования поверхностей, геометрия дифференциальных уравнений – все это замечательные примеры пространственной интуиции. Монж – первый «стереометр» нового времени. Монж также впервые ввел в употребление математические модели (обратим внимание, что Б.Н. Делоне не смешивает теорию образования поверхностей с начертательной геометрией).

От Монжа идет замечательная плеяда французских геометров – его учеников: Карно, Менье, Малюс, Дюпен, Понселе, Пуансо, Коши.

Рост интереса к научному наследию Монжа

Однако работы Монжа в области математики не исчерпывают его научных заслуг. Они есть и в ряде других областей. В 1873 г., почти одновременно с Кавендишем, он дал первое разложение воды на водород и кислород. Исключительна его роль в создании начертательной геометрии как науки [1]. «Сам гениальный Монж, будучи великим математиком и инженером, рассматривал свою начертательную геометрию не как математику, а как область графики, для которой математика служила подсобным средством. Изречение Монжа «чертеж – язык техника» говорит о прикладном значении, которое Монж придавал той науке, создателем которой сам и явился» [4]. Д.И. Каргин, как и Б.Н. Делоне, начертательную геометрию обособляют от математики. Также обратим внимание на то, что Б.Н. Делоне из других областей, в которых есть научные достижения Монжа, называет только химию, что дает явно неполное представление о гении Монжа.

Спустя 30 лет, в основном благодаря работам академика А.Н. Боголюбова, официальная известность научных заслуг Монжа в нашей стране становится полнее [1, 5, 6, 7, 8, 9]: «Монжу принадлежат основополагающие результаты в области начертательной, аналитической и дифференциальной геометрии, работы по проективной и высшей геометрии, математическому анализу, теории дифференциальных уравнений. Один из создателей науки о машинах. Дал геометрическую интерпретацию дифференциальных уравнений с частными производными. Автор основополагающих работ по теории поверхностей. В 1795 г. опубликовал свой курс начертательной геометрии и «Приложение анализа к геометрии». (Поскольку Монж совсем не интересовался опубликованием своих работ, знаменитый трактат «Начертательная геометрия» Монжа представляет собой запись его лекций, отредактированную и дополненную Бриссоном.) (На КГП ранее уделялось внимание «Начертательной геометрии» Монжа [10]). В 1802 г. совместно с Ж.Н.П. Ашеттом издал первый курс аналитической геометрии. Создал (1807) метод характеристик для решения дифференциальных уравнений с частными производными. Ряд важных работ посвящен химии, физике, металлургии; принимал участие в разработке основ десятичной системы мер и весов. Занимался вопросами производства ружей и артиллерийских орудий» [11].

Основание Монжем теории машин

С именами Гаспара Монжа и его ученика Лазара Карно связано создание теории машин. Это было время великих открытий в области техники, и в 1783 г. Л.Карно опубликовал книгу «Опыт о машинах вообще». Гаспар Монж стал инициатором преподавания курса «Построение машин», он же наметил основания классификации механизмов.

Первую попытку изложить систематически действие простейших машин и их элементов Монж сделал еще в курсе статики в Луврском военно-морском училище. В своем элементарном учебнике он впервые выводит правило сложения сил и их разложения на составляющие, рассказывает о моментах сил относительно точки, прямой и плоскости, вводит понятие веревочного многоугольника. В этом учебнике рассматривались действия сил, но еще не рассматривались конструкции машин.

Машина сама по себе стала объектом изучения в первой в мире открытой в 1794 г. Парижской политехнической школе во введенном впервые Монжем курсе построения машин. Стране требовались инженеры, поэтому точные науки, начертательная геометрия, математический анализ заняли в разработанном им курсе главенствующую роль. Только практически значимые сведения – физика, химия, механика, фортификация, архитектура, гидравлические устройства, элементы теории машин – таков был принцип Монжа.

Преподавать в школе были приглашены Лагранж, Вертолле, Фуркруа, Шаптал, Прони, Ашетт, Гассенфратц и другие видные ученые и педагоги. Первым директором школы стал Ламбларди. Монж отклонил сделанное ему предложение и с головой ушел в осуществление своей программы, суть которой была изложена в записке с названием «Подробности о преподавании в Центральной школе общественных работ». Не кабинетные досуги с циркулем и линейкой, не «забавы геометрии» привели Монжа к такого рода суждениям, а потребности промышленного развития, потребности практики общественных работ и народного образования.

Не случайно при создании Политехнической школы в обстоятельном приложении Монжа к докладу Фуркруа по этому вопросу было указано, что еще на первом курсе обучения следует выделить два месяца на изучение элементов машин, применяемых на общественных работах. Изображение и определение элементов машин он считал важной частью курса начертательной геометрии (по предложению Монжа, курс по-

строения машин должен был составить часть курса начертательной геометрии). Четыре последних занятия своих учащихся Монж отводил на изображение механизмов, преобразующих, например, поступательное в движение по кругу, а его – в движение возвратно-качательное, а также изучению машин, в движение которых используются силы человека, животных, ветра, воды и пара.

Дело, начатое им в Мезьерской школе, а также в период работы над учебником статики для мореходных училищ, успешно продолжили вместе с Монжем его замечательные ученики Карно, Ашетт и другие. Из Монжевой статики машин выросла динамика и кинематика, с этого и началась та наука о машинах, какой мы ее сейчас знаем.

Как отмечал Дюпен, ученик и сотрудник Монжа по Политехнической школе, «Монж с превосходством гения в строках элементарной программы (читал курс Ашетт) наметил для описания машин порядок, который оказался простым, ясным и величественным (движение и преобразование движений)». «От программы Ашетта 1808 г. ведет свою родословную не только теория механизмов, являющаяся непосредственным правопреемником курса построения машин, но и отпочковавшиеся от него позже курсы машиноведения, деталей машин и пр.» [1].

«Программа элементарного курса машин включала разделы:

1. О силах, применяемых для движения машин и о способах их определения. Силы, получаемые от животных, от воды, ветра и от сгораемых субстанций.

2. Об элементарных машинах, о круговом движении, о движении прямолинейном, о движении возвратном; о формах машин, при помощи которых эти движения комбинируются по два; распределение все известных машин на десять серий и объяснение этих серий.

3. Объяснение основных машин, применяемых на строительстве.

4. Применение теории теней и раскраски к черчению машин» [12].

После столь сжатого изложения теоретической части курса в программе четко определено, что именно должны учащиеся не только усвоить в виде новых знаний, но и сделать своими руками. Это значит, какими умениями и навыками они должны овладеть – требование, столь характерное для педагогической школы Монжа, суть которой можно выразить несколькими словами: цель всякого обучения – подготовка к практической деятельности. Такая постановка дела исключила сползание в теоретизирование или уход в сторону от изучаемого предмета.

Подготовлен этот курс был исследователями французской школы (Monge, Hachette, Lanz и Betancourt). Предложенная Монжем программа включила следующие семь разделов:

1. Основные принципы;
2. Резка камней;
3. Резка дерева;
4. Тени;
5. Перспектива;
6. Топография;
7. Машины.

В последний раздел вошли:

1. Представление способов, с помощью которых можно преобразовать поступательное движение в движение по окружности и, наоборот, движение по окружности в возвратно-поступательное движение и наоборот, обратно-поступательное движение в поступательное движение и наоборот.

2. Представление способов облегчения движений всех видов.

3 и 4. Описание основных машин, приводимых людьми, животными, силами, заимствованными у природы, подобно текущей воде, падающей воде, ветру и водяному пару [12].

«Учащиеся должны начертить в туши, с раскраской:

1. Толкатели, приводимые кулачками.
2. Винт с треугольной и прямоугольной нарезками.
3. Цилиндрическое зубчатое или червячное зацепление.

Они должны пояснить эпюры следующих машин:

1. Коническое зацепление.
2. Всасывающий и нагнетающий насосы.
3. Нория прямая и наклонная.
4. Водоподъемная машина.
5. Конный привод.
6. Архимедов винт.
7. Крыло ветряной мельницы.
8. Огнедействующая машина.
9. Машина для забивки свай.
10. Землечерпалка».

Теория кинематических пар является важным разделом теории структуры науки о машинах. Становление и развитие теории кинематических пар связаны с именами французских (Monge, Hachette, Laboulaye), немецких (Reuleaux, Grashof) и английских (Willis, Silwester) ученых.

Впервые понятие о механизме появилось в 1724 г. у Леупольда [13], а спустя 60 лет Г. Монж [14] уже понимал механизм как систему тел, предназначенных для преобразования движения [4, 15]. Его последователи, заботясь об универсальности создаваемой теории, ввели в классификационную систему существовавшие в то время и возможные механизмы, в том числе и такие, действие которых осуществлялось при помощи деформируемых тел. С этого момента перед теорией механизмов был поставлен вопрос о роли твердых и деформируемых тел в механизмах, впрочем, в дальнейшем он оказался отложенным [16].

Работы последователей Монжа были направлены на адаптацию выбранной им исходной теоретической схемы в соответствии с обширным новым эмпирическим материалом, накопленным к этому времени в практике создания машин (подъемных, паровых, прядильных, ткацких, мельниц, часов, станков и т.п.).

В этом смысле показательной является изданная в 1808 г. книга «Курс построения машин», написанная инженером А. Бетанкуром и математиком Х. Ланцем. Этот курс уже содержал не теорию «простых» машин, а механизмы – «элементарные машины», которые были систематизированы по их функциям преобразования движений. По идее Монжа Ланцем и Бетанкуром были построены таблицы, в клетках которых размещались «элементарные машины» (около 40), известные в то время [17].

Ученик Монжа Ж.-Н.-П. Ашетт, читавший вместе с ним курс начертательной геометрии, получил в 1806 г. официальное предложение Монжа подготовить курс построения машин. Его «Элементарный курс машин», изданный в 1811 г., содержал принципы построения машин, некоторые сведения по теории зубчатых зацеплений и кулачковых механизмов и описание машин, применяемых на строительных работах, включал классификацию составных частей машин, которые Монж назвал «элементарными машинами» (рычаг, ворот, наклонная плоскость и т.п.).

Монж – ученый – металлург, металлостроитель, машиностроитель

По предложению Монжа, руководившего производством орудий, стволы орудий стали рассверливать и на баржах, стоящих на Сене. Монж заменил формовку в земле на формовку в песке, рационализировал сверловку и обточку стволов, чем значительно ускорил и упростил производство орудий.

В сентябре 1793 г. Монж совместно с Бертолле и Вандермондом пишет наставление по выделке стали. Тогда же Монж пишет труд

о литье пушек, представляющий собой синтез теоретической мысли и огромного практического опыта, накопленного Монжем в области металлургии, металловедения, машиностроения. «Искусство лить пушки» начинается с «исторического объяснения обстоятельств, которые подали повод к составлению сего сочинения»: «Предоставленная своим собственным силам перед лицом объединенных морских флотов Англии, Голландии, Испании, России и Неаполя, республика не имела достаточного числа кораблей», чтобы бороться против такого множества врагов» (бесспорное обоснование актуальности).

Краткий перечень других направлений научных исследований Монжа

Монж занимался множеством разнообразных вопросов: теорией взрывчатых веществ, капиллярностью, метеорологией и оптическими явлениями, цементацией стали, очисткой металлов, активно занимался гидравликой – подъемом воды и ее движением в реках и водопадах. Опираясь на законы отражения света, Монж дал первое научное объяснение природы миража, с которым встретились французы в Египте. Изучал возможности использования приливов и отливов, сопротивление воды движению корабля, стекольное производство и конструкции мельниц для зерна и сахара и даже выдвинул свою гипотезу о происхождении жизни на Земле.

Работая над актуальными проблемами воздушного полета, Монж углубился в химические исследования, занялся изучением различных газов, включая и водород. Независимо от Уатта, Кавендиша и Лавуазье, Монж установил состав воды [18]. О результатах своего эксперимента Монж написал мемуар и послал его Вандермонду, который и огласил его в академии. Однако этот замечательный мемуар, к сожалению, пролежал без опубликования до 1786 г.

Впрочем, как мы понимаем, Монжа это не беспокоило.

Список литературы

1. Боголюбов А.Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей. – М.: Наука, 1976. – 466 с.
2. Делоне Б.Н. Гаспар Монж как математик. Гаспар Монж // Сборник статей к двухсотлетию со дня рождения / под ред. акад. В.И. Смирнова. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1947.

3. Гиндикин С.Г. Жозеф Луи Лагранж. Рассказы о физиках и математиках. М.: МЦМНО, 2001. – 448 с. – С. 281. – URL: <http://alexandr4784.narod.ru/gindikin.htm> (дата обращения: 21.03.2017).

4. Каргин Д.И. Гаспар Монж – творец начертательной геометрии. «Гаспар Монж» // Сборник статей к двухсотлетию со дня рождения / под ред. акад. В.И. Смирнова. – Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1947. OCR Detskiysad.Ru. – URL: <http://www.detskiysad.ru/raznlit/monge2.html> (дата обращения: 21.03.2017).

5. Артоболовский И.И., Боголюбов А.Н. Теория механизмов и машин // История механики с конца XVIII века до середины XX века. – М.: Наука, 1972. – С. 190–225.

6. Боголюбов А.Н. История механики машин. – Киев: Наукова думка, 1964. – 463 с.

7. Демьянов В.П. Геометрия и марсельеза. – М.: Знание, 1979. – 234 с. – URL: <http://ru.bookzz.org/book/2398825/8ff0b7> (дата обращения: 21.03.2017).

8. Ермак В.Н. Теория механизмов и машин (краткий курс): учеб. пособие. – Кемерово, 2011. – 164 с. – URL: http://valery-a-zlobin.ru/library/ТММ_КРАТКУЙ_КУРС_В.Н.ЕРМАК.pdf (дата обращения: 21.03.2017).

9. Горохов В.Г. Техника и математика (из истории теории механизмов и машин) // К 100-летию со дня рождения Алексея Николаевича Боголюбова. ВИЕТ. – 2011. – № 3. – С. 53–86. – URL: <http://iph.ras.ru/uplfile/chps/53-86-gorohov--1.pdf>

10. Хейфец А.Л. Теоретические основы 3D-компьютерного геометрического моделирования и Гаспар Монж // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: материалы III науч.-практ. конф. с междунар. участ. (г. Пермь, сентябрь, ноябрь 2012 г.). – Пермь, 2012. – С. 210–216.

11. Боголюбов А.Н. Математики механики. Библиографический справочник. – Киев: Наукова думка, 1983. – 639 с.

12. Боголюбов А.Н. Гаспар Монж (1746–1818). – М., 1978. – 186 с.

13. Leupold J. Theatrum machinarum. – Leipzig, 1724. – Bd. 1

14. Monge G. *Tratée lé mentale de statiqueal’usage des colleges de la marine.* – Paris, 1786.

15. Живаго Э.Я. История создания теории и классификации кинематических пар // Теория механизмов и машин. – 2008. – № 2. – Т. 6. – URL: <http://refdb.ru/look/2530670.html> (дата обращения: 21.03.2017).

16. Головнин А.А. Особенности структурного анализа механизмов с упругими и гибкими звеньями. 20 с. / Твер. политехн. ин-т. – Тверь, 1990. – Деп. Во ВНИИТЭМР, 333-мш90.

17. Lanz J.M., Betancourt A. Essai sur la composition des machines. Paris, 1819 / англ. перев.: J.M. Lanz, A. Betancourt // Analytical Essay of the Construction of Machines. – London, 1820.

18. URL: <http://nsportal.ru/shkola/khimiya/library/2012/02/02/urok-khimii-voda-sostav-i-svoystva> (дата обращения: 21.03.2017).

Научное издание

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

Материалы
VII Международной научно-практической
интернет-конференции

(Пермь, февраль – март 2017 г.)

Выпуск 4

Корректор *И.Н. Жеганина*

Подписано в печать 12.07.2017. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 37,9. Тираж 10 экз. Заказ № 160/2017.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.