DOI: 10.15593/2224-9982/2017.50.10

УДК 378

И.Д. Столбова, Е.П. Александрова, Г.Г. Шелякина, К.Г. Носов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОДГОТОВКИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Ускоренное развитие систем авиационной и ракетно-космической техники тесно связано с необходимостью повышения качества проектирования. Активно развивающаяся в последнее время проектная деятельность позволяет эффективно способствовать этому процессу. Цель данной статьи – анализ требований к проектно-конструкторской подготовке специалистов аэрокосмического профиля и исследование возможностей внедрения проектной деятельности в процесс формирования геометрико-графических компетенций в ходе базовой графической подготовки студентов технического университета. Сегодня насущной является проблема конкурентоспособности высокотехнологичных отраслей российской экономики, в том числе аэрокосмической отрасли. Актуальна также задача подготовки инженерных кадров с новым мышлением. Под влиянием компьютерных технологий в инженерной практике изменяется функционал конструктора-проектировщика и возрастает роль геометрического моделирования. В этой связи возникает потребность в модернизации базовой графической подготовки студентов технических вузов и создании учебной среды, приближенной к реальной проектно-конструкторской деятельности. Возрастает роль инструментальной подготовки студентов к широкому использованию CAD-систем при решении учебных задач и выполнении проектных заданий, что соответствует современным требованиям к профессиональной деятельности конструктора-проектировщика. Представлен опыт разработки практико-ориентированных заданий, предусматривающих разработку конструкторской документации на основе технологии создания 3D-модели сборочной единицы, представляющей собой аналог конструкции реального изделия. Рассматриваются организационно-методические аспекты сопровождения проектной работы студентов в ситуации, имитирующей профессионально направленные действия.

Ключевые слова: проектно-конструкторская деятельность, геометрико-графическая подготовка, 3D-модель, электронная модель изделия, практико-ориентированные задания.

I.D. Stolbova, E.P. Alexandrova, G.G. Shelyakina, K.G. Nosov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

INFORMATION SUPPORT PROJECT ACTIVITIES AS PART OF THE PREPARATION OF THE DESIGN PROCESS OF THE SYSTEMS OF AVIATION AND ROCKET-SPACE TECHNOLOGY

Accelerated development of aviation and rocket and space technology systems is closely connected with the need to improve the design quality. The projecting activities that actively developing in recent years can effectively contribute to this process. The purpose of this article is the analysis of the requirements for the design training of specialists of aerospace profile and the study of the possibilities for implementing the projecting activity in the process of forming geometric-graphic competencies during the basic graphic training of students at a technical university. Today, the urgent issue is the competitiveness of high-tech sectors of the Russian economy, including aerospace. The task of training engineers with broad thinking is also urgent. The engineering functions have changed and the role of geometric modeling has grown under the influence of computer technology in engineering practice. In this context, it needs to upgrade the basic graphic preparation of students of technical universities and create an educational environment that is close to real design and engineering activities. The role of instrumental training of students for the wide use of CAD-systems increases in solving of educational problems and in the implementation of project tasks, which corresponds to the modern requirements of the professional work of the designer-constructor. The article describes the experience in the development of practice-oriented tasks for the creating of design documentation based on the technology of 3D-model assembly unit obtaining, representing an analog of the design of a real product. We consider the organizational and methodological aspects of the maintenance of the project work of the students in a situation that simulate the professional activity.

Keywords: designing activity, geometric-graphic preparation, 3D-model, electronic product model, practice-oriented tasks.

Введение

Высокие темпы мирового научного и технического прогресса требуют ускоренного перевода экономики России на инновационный путь развития, концентрации усилий на наукоемких высокотехнологичных отраслях, к которым относится и авиационная промышленность. С учетом сложившихся угроз и вызовов этот прорыв жизненно необходим России для обеспечения военной безопасности и устойчивого социально-экономического развития. Долговременный глубочайший кризис, в том числе обвал производства в авиационной промышленности, осложнил наступление нового (пятого по общепринятой периодизации) технологического уклада. За счет технологического обновления в развитых странах многократно сократились сроки разработки и запуска в серию новых изделий, значительно повысились эффективность и качество производства, на новом уровне функционирует послепродажное обслуживание продукции. Не за горами и следующий – шестой технологический уклад, который решит задачи создания искусственного интеллекта и на его основе различных видов робототехники, включая системы производства [1].

Чтобы преодолеть технологическое отставание от мировых лидеров и создать в намеченные сроки конкурентоспособную авиационную промышленность, нам необходимо ускоренное внедрение пятого технологического уклада и одновременное обеспечение прорыва в шестой. Информационные технологии и системы на основе массовой компьютеризации, развитие средств связи, переход на цифровые технологии поддержки жизненного цикла изделий призваны преобразовать буквально все сферы жизнедеятельности, организацию и технологии производства, образование и быт людей. Активная генерация научно-технических и технологических разработок, а также их эффективное внедрение должны обеспечить заданные параметры качества проектируемых изделий и эффективную организацию производственного сектора [2, 3].

Задача создания «умной» экономики напрямую связана с наличием соответствующего кадрового потенциала. Система высшего технического образования должна выпускать конкурентоспособных выпускников, готовых разрабатывать и осваивать новые наукоемкие технологии, участвовать в инженерно-инновационной деятельности [4]. В качестве основного направления развития инженерного образования будущего выдвигается концепция развития системного мышления обучающихся и формирования опыта решения инженерных задач на основе профессионально ориентированных компьютерных технологий [5]. Именно такие качества подготовленных специалистов необходимы в практической инженерной деятельности при создании конкурентоспособных промышленных объектов авиапрома.

Сегодня в системе высшего профессионального образования для подготовки потенциально успешных выпускников, способных обеспечить инновационный потенциал российской промышленности, особое внимание необходимо уделять формированию готовности к проектно-конструкторской деятельности [6]. Динамичное развитие проектирования как вида инженерной деятельности объясняется совершенствованием возможностей современных компьютерных технологий и САПР, обновлением функционала инженера-проектировщика, возросшими требованиями к проектной культуре специалиста, системному подходу к созданию и инженерно-техническому обеспечению всех этапов жизненного цикла технических объектов [7]. На всех стадиях жизненного цикла изделий присутствуют информационные модели, в число которых входят геометрические электронные 3D-модели, представляющие набор данных, однозначно определяющих форму, структуру и размеры изделия. Наличие 3D-модели значительно повышает производительность и качество процесса проектирования, его вариативность и наглядность [8].

Графические дисциплины (начертательная геометрия, инженерная графика, компьютерная графика) в техническом вузе являются общеобразовательными и первыми профессионально ориентированными дисциплинами, которым обучаются студенты уже на младших курсах. Успехи в освоении этих предметов служат индикатором профессиональной компетентности

будущего инженера, владеющего наряду с графическим языком современными программными средствами графического моделирования [9]. В этой связи необходимо совершенствование проектно-конструкторской подготовки будущих специалистов в области техники и технологии, приближение учебной работы к реальной практике проектно-конструкторской деятельности [10].

В настоящее время накоплен значительный опыт использования в графическом образовании технологий и методик проектно-направленной ориентации [11–13]. В рамках базовой графической подготовки используется широкий спектр возможностей современных САПР, обеспечивающих инновационное качество методик обучения, а также более высокий уровень подготовки студентов к современной проектно-конструкторской деятельности [14]. Данный опыт может быть полезен и при подготовке специалистов аэрокосмического профиля. Однако в публикациях, посвященных вопросам реформирования графического образования в технических вузах, ощущается недостаток практических примеров и конкретных разработок, позволяющих говорить о сближении учебной деятельности с реальной практикой работы конструктора-проектанта.

Эффективным инструментом интеграции теоретических основ геометрического моделирования и современного инструментария САПР является проектное обучение, при котором реализуется компетентностная модель графического образования [15, 16]. 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 разрабатываются комплексные задания, интегрирующие различные разделы дисциплины и имитирующие профессиональную учебную деятельность.

Сложность реализации данного подхода заключается в том, что разрабатывать инновационные учебные задания и организовывать коллективную работу студентов следует уже на младших курсах обучения [13]. 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 [17, 18].

Целью настоящей работы является обсуждение опыта организации практико-ориентированной учебной деятельности студентов аэрокосмического факультета в рамках базовой графической подготовки на конкретных примерах проектных заданий, имитирующих реальную проектно-конструкторскую деятельность и создающих ситуацию профессионально направленных действий.

Внедрение в обучение проектно-ориентированных учебных заданий

Приведем пример одного из комплексных учебных заданий в рамках базовой графической подготовки студентов аэрокосмического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета, предусматривающего разработку конструкторской документации на основе технологии создания 3D-модели сборочной единицы, представляющей аналог конструкции реального изделия. В качестве основного инструментария используется широко распространенный пакет «КОМПАС-3D».

Для погружения в проектную деятельность выбрана группа типовых изделий, относящихся к пневмогидроарматуре (в частности, обратные клапаны), конструкция которых соответствует будущей специальности студентов. Выбраны изделия, отличающиеся сравнительной простотой конструктивных решений, наличием стандартных деталей, что делает их удобными объектами для учебного проектирования [19]. Кроме того, из всего многообразия конструкций

можно выделить узлы и механизмы, общие для всех типов клапанов. Общность устройства конструкций значительно облегчает для преподавателя как подготовку методического материала к заданию, так и управление работой учебной группы.

На рис. 1 представлены примеры общего вида подготовленных прототипов изделий для формирования прообраза предлагаемой конструкции. Для сокращения времени на разработку более сложных конструкций можно для ряда типовых деталей предварительно подготовить параметрические 3D-модели и занести их в электронную базу данных.

Рис. 1. Примеры типовых конструкций «Обратный клапан»

Техническое задание состоит в следующем: по заданным функциональным и геометрическим характеристикам объекта и его составляющих необходимо выполнить общую компоновку изделия, увязать взаимное расположение составных частей и соединяющих их элементов, выполнить подбор 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.

С учетом ограниченных временных ресурсов в случае разработки более сложной конструкции (при наличии значительного количества составных частей) трудоемкую работу могут обеспечить коллективный подход (студенческий мини-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 [20].

Общий алгоритм работы над проектным заданием представлен на рис. 2, демонстрирующем следующие этапы работы:

- Анализ исходных данных на основании информации об устройстве изделия, его назначении. Выбираются предварительные геометрические характеристики оригинальных деталей, а также составляется перечень наименований стандартных деталей, входящих в конструкцию.
- На основе анализа назначения и устройства основных узлов разработка эскизного варианта конструктивной схемы изделия. Проверяются геометрические характеристики составных частей сборочной единицы с учетом условий собираемости конструкции.
- Подбор стандартных изделий (крепежных и специализированных деталей) в ходе работы со справочным информационным материалом. Уточнение размеров соединяемых оригинальных деталей.

- Создание 3D-моделей составных частей и конструкции в целом. Этот этап является наиболее трудоемким и предусматривает распределение работы между участниками проекта, а также согласованность действий с целью контроля «собираемости» модели приспособления.

Рис. 2. Алгоритм выполнения проектного задания

При контроле собираемости составных частей изделия и качества созданной 3D-модели преподаватель использует специальные инструменты CAD-системы, например команду «Проверка пересечений», которая применяется для обнаружения мест нежелательных пересечений и касаний составных частей. Выявление зон нарушений (общих для компонентов сборочной единицы) на экране монитора подсвечивается красным цветом. В случае невыполнения условий «собираемости» проводится работа по устранению ошибок конструирования.

В ходе выполнения задания студенты используют учебно-справочные материалы, необходимые при проектировании и доступные как в электронном, так и печатном виде.

Существенным подспорьем в ходе создания 3D-модели изделия является технологическая карта сборки, которая приведена в таблице и содержит последовательность выполнения основных операций при создании 3D-модели сборочной единицы с использованием моделей ее составных частей. Общий вид разработанной модели изделия изображен на рис. 3.

Рис. 3. Общий вид модели клапана

Технологическая карта сборки узлов изделия

Основные операции сборки	Составные части изделия		Эскиз	Модель
	Золотник	Корпус		
1. Установка золотника и пружины в корпусе				
2. Установка и крепление втулки направляющей	Стандартная деталь – пружина Втулка направляющая			

Окончание таблицы

Основные операции сборки		Составные части изделия	Эскиз	Модель
3. Установка и крепление ниппеля в корпусе		Ниппель
	4. Установка зажимного узла на корпусе	Колодка нижняя Колодка верхняя Втулка резиновая Стандартные изделия: 1. Винт... 2. Шайба ...

Заключительным этапом выполнения проектного задания 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).

Кроме контроля практических навыков проектной деятельности, осуществляемой в ходе защиты выполненного проекта, проводится автоматизированный контроль теоретических знаний студентов по ключевым моментам изучаемого материала и практических навыков работы с конструкторской документацией. На рис. 4 приведен фрагмент автоматизированного контроля по теме «Сборочный чертеж», где студенты должны провести анализ приведенной конструкции по сборочному чертежу изделия и ответить на ряд прилагаемых вопросов.

Ответьте на вопросы по сборочному чертежу «Прижим гидравлический»

Определите общее количество деталей, входящих в подвижный угол

Определите количество резьбовых поверхностей в детали поз. 2

Определите общее количество стандартных крепежных изделий

Изображение какой детали, помимо поз. 1, присутствует на всех изображениях конструкции? Укажите номер позиции

Определите количество установочных размеров

Укажите номер позиции деталей, условно не показанных на виде сверху

Определите количество деталей, присутствующих на изображении «А»

Укажите номер позиции нестандартной детали, на которой отсутствует резьба

Определите, видна ли деталь поз. 3 на виде сверху

Рис. 4. Автоматизированный контроль знаний по теме «Анализ конструкции по сборочному чертежу»

Таким образом, следуя инновационной технологии конструирования и учитывая интеграцию инженерной и компьютерной графики, студенты погружаются в атмосферу реальной проектной деятельности. Подобная практика повышает уровень систематизации знаний, способствует повышению профессиональной направленности графических дисциплин, формирует у студентов устойчивые проектно-конструкторские компетенции, востребованные в будущем инженерном творчестве при моделировании изделий отраслевого профиля [21].

Заключение

Сегодня жизненно важным обстоятельством является создание условий для конкурентоспособности высокотехнологичных отраслей российской промышленности, к числу которых, безусловно, относится авиакосмическая отрасль. Решающее значение в изменении сложившейся ситуации имеет подготовка инженерных кадров новой формации.

С развитием компьютерных технологий в современной инженерной деятельности, особенно при проектировании новых конкурентоспособных изделий, возрастает роль геометрического моделирования, а вместе с этим и значимость геометрографического образования в технических вузах при решении вопроса его практической направленности.

В представленной работе показан опыт использования инновационных технологий обучения на аэрокосмическом факультете Пермского национального исследовательского политехнического университета в рамках базовой графической подготовки студентов младших курсов. 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 инженерной графики и современных компьютерных технологий САПР обеспечивает получение студентами графических компетенций на достаточно высоком профессиональном уровне и соответствует инновационным требованиям при подготовке специалистов для высокотехнологичных отраслей промышленности.

Библиографический список

1. Переход авиационной промышленности России на новый технологический уклад: основные проблемы и решения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.oao-aviaprom.ru/obsuzhdeniya/perehod-aviacionnoi-promishlennosti-rossii-na-novii-tehnologicheskii-yklad-osnovnie-problemi-i-reweniya12.html> (дата обращения: 30.05.2017).
2. Демидов С.С., Малинин В.И., Бульбович Р.В. Стенд огневых испытаний ракетного двигателя на порошкообразном алюминиевом горючем и углекислом газе или воде в качестве окислителя // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2015. – № 40. – С. 107–108. DOI: 10.15593/2224-9982.2015.40.08
3. Семенов В.В., Иванов И.Э., Крюков И.А. Двухконтурное щелевое сопло ракетного двигателя // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2016. – № 46. – С. 56–57. DOI: 10.15593/2224-9982.2016.46.03
4. Шитов С.Б. Подготовка креативных компетентных специалистов-исследователей в обществе знания // Высшее образование сегодня. – 2015. – № 8. – С. 22–25.
5. Использование САД-систем и информационных технологий в курсе «Начертательная геометрия и инженерная графика» [Электронный ресурс] / А.В. Блинов, Ю.В. Божко, В.М. Коробов, В.В. Щербаков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8913> (дата обращения: 30.05.2017).
6. 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.

7. 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.
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.
9. Лунина И.Н., Покровская М.В. Об опыте преподавания курса «Инженерная графика» студентам технического университета на основе принципов когнитивной технологии // Наука и образование: науч. изд. / МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – № 12. – С. 1–6.
10. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Метод проектов в организации графической подготовки // Высшее образование в России. – 2015. – № 8–9. – С. 22–31.
11. Морякова Е.В. Методика обучения разработке сборочного чертежа средствами САПР через сочетание алгоритмической и эвристической деятельности студентов // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. – Тамбов, 2012. – № 2(20). – С. 108–111.
12. Томилин С.А., Ольховская Р.А., Федотов А.Г. Обеспечение производственной направленности процесса обучения инженерной графике практико-ориентированных бакалавров [Электронный ресурс] // Концепт. – 2016. – № 03 (март). – URL: <http://e-koncept.ru/2016/16056.htm> (дата обращения: 30.05.2017).
13. 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
14. Юренкова Л.Р., Бурлай В.В. Тема «Соединения машиностроительных деталей» в современном курсе «Инженерная графика» // Известия вузов. Машиностроение. – 2013. – № 6. – С. 78–83.
15. Пузанкова А.Б., Михелькевич В.Н. Педагогическая система формирования профессиональных инженерно-графических компетенций у студентов машиностроительного профиля в процессе их обучения компьютерной графике [Электронный ресурс]. – URL: <http://f.10-bal.ru/pravo/2521/index.html?page=23> (дата обращения: 30.06.2016).
16. Бульбович Р.В., Зайцев Н.Н., Столбова И.Д. Анализ компетенций выпускника высшей школы в области аэрокосмической техники // Инновации в образовании. – 2010. – № 4. – С. 4–16.
17. Федотова Н.В. Трехмерное моделирование в преподавании графических дисциплин // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12. – С. 68–70.
18. 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.
19. Абросимов С.Н., Рыбин Б.И. К вопросу о применении конструирования по принципиальной схеме в цикле геометрографической подготовки [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/94> (дата обращения: 30.05.2017).
20. 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.
21. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Графическое образование как составляющая проектно-конструкторской подготовки специалиста // Справочник. Инженерный журнал с приложениями. – 2017. – № 3. – С. 40–46. DOI: 10.14489/hb.2017.03.pp.040-046

References

1. Perekhod aviacionnoj promyshlennosti Rossii na novyj tekhnologicheskij ukklad: osnovnye problemy i resheniya. [The transition of the Russian aviation industry to a new technological order are the main problems and solutions]. Available at: <http://www.oao-aviaprom.ru/obsuzhdeniya/perehod-aviacionnoi-promishlennosti-rossii-na-novii-tehnologicheskii-yklad-osnovnie-problemi-i-reweniya12.html> (accessed 30 May 2017).
2. Demidov S.S., Malinin V.I., Bul'bovich R.V. Ctend ogneyh ispytaniy raketnogo dvigatelya na poroshkoobraznom alyuminievom goryuchem i uglekislom gaze ili vode v kachestve okislitel'. [Stand fire test of the rocket engine on a powdery aluminium fuel and carbon dioxide or water as the oxidant]. *Vestnik PNIPU. Aehro-kosmicheskaya tekhnika*. 2015, no. 40, pp. 107–108. DOI: 10.15593/2224-9982.2015.40.08
3. Semenov V.V., Ivanov I.EH., Kryukov I.A. Dvuhkonturnoe shchelevoe soplo raketnogo dvigatelya [Dual bell slot nozzle of a rocket engine]. *Vestnik PNIPU. Aehro-kosmicheskaya tekhnika*. 2016, no. 46, pp. 56–57. DOI: 10.15593/2224-9982.2016.46.03

4. Shitov S.B. Podgotovka kreativnykh kompetentnykh specialistov-issledovatelej v obshchestve znaniya. [Preparation of competent and creative specialists-researchers in the knowledge society]. *Vysshee obrazovanie segodnya*. 2015, no. 8, pp. 22-25.
5. Blinov A.V., Bozhko Yu.V., Korobov V.M., Shcherbakov V.V. Ispol'zovanie CAD-sistem i informacionnykh tekhnologij v kurse «Nachertatel'naya geometriya i inzhenernaya grafika» [The use of CAD systems and it technologies within the syllabus of descriptive geometry and engineering graphics]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013, no. 2. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8913> (accessed 30 May 2017).
6. Petruneva R.M., Toporkova O.V., Vasil'eva V.D. Uchebnoe inzhenernoe proektirovanie v strukture podgotovki studentov tekhnicheskogo vuza [Teaching engineering design in the structure of training of students of technical universities]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*. 2015, no. 7, pp. 30-36.
7. Dvoreckij S.I., Puchkov N.P., Muratova E.I., Tarov V.P. Podgotovka k proektnoj deyatel'nosti kak sredstvo obespecheniya professional'noj kompetentnosti vypusknika tekhnicheskogo vuza. [Preparation for project activities as a means of ensuring the professional competence of the graduate of a technical university]. *Vestnik TGTU*. 2002, vol. 8, no. 2, pp. 351-363.
8. Amirdzhanova I.YU., Vitkalov V.G. Sovremennoe sostoyanie razvitiya geometro-graficheskoy kul'tury i kompetentnosti budushchih specialistov [The current state of development of geometric and graphic culture and competence of future specialists]. *Vektor nauki TGU*. 2015, no. 2 (32-2), pp. 26-31.
9. Lunina I. N., Pokrovskaya M. V. Ob opyte prepodavaniya kursa "Inzhenernaya grafika" studentam tekhnicheskogo universiteta na osnove principov kognitivnoj tekhnologii [Experience of teaching the course "Engineering graphics" for students of technical University on the basis of the principles of cognitive technology]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.EH. Bauman. Elektron. zhurnal*. 2014, no. 12, pp. 1-6.
10. Stolbova I.D., Aleksandrova E.P., Nosov K.G. Metod proektov v organizacii graficheskoy podgotovki [The project method in organization of graphic training]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*. 2015, no. 8-9, pp. 22-31.
11. Moryakova E.V. Metodika obucheniya razrabotke sborochnogo chertezha sredstvami SAPR cherez sochetanie algoritmicheskoy i ehvristicheskoy deyatel'nosti studentov [Methods of teaching the development of Assembly drawing by CAD using a combination of algorithmic and heuristic activities of the students]. *Psihologo-pedagogicheskij zhurnal Gaudeamus*. 2012, no. 20, pp. 108-111.
12. Tomilin S.A., Olhovskaya R.A., Fedotov A.G. Obespechenie proizvodstvennoj napravlenosti processa obucheniya inzhenernoj grafike praktiko-orientirovannykh bakalavrov [Provide technical orientation of the process of learning engineering graphics practice-oriented bachelors]. *Koncept*. 2016, no. 3 (March). Available at: <http://e-koncept.ru/2016/16056.htm> (accessed 30 May 2017).
13. Tihonov-Bugrov D.E., Abrosimov S.N. Proektno-konstruktorskoe obuchenie inzhenernoj grafike: vchera, segodnya, zavtra [Design education engineering graphics: yesterday, today, tomorrow]. *Geometriya i grafika*. 2015, vol. 3, no. 3, pp. 47-57. DOI: 10.12737/14419
14. Yurenkova L.R., Burlaj V.V. Tema «Soedineniya mashinostroitel'nykh detalej» v sovremennom kurse «Inzhenernaya grafika» [The theme of the "Connection machine parts" in a modern course "Engineering graphics"]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Mashinostroyeniye*. 2013, no. 6, pp.78-83.
15. Puzankova A.B., Mihelkevich V.N. Pedagogicheskaya sistema formirovaniya professionalnykh inzhenerno-graficheskikh kompetencij u studentov mashinostroitel'nogo profilya v processe ih obucheniya kompyuternoj grafike [Pedagogical system of formation of professional engineering-graphic competence of students of engineering profile in the process of learning computer graphics]. Available at: <http://f.10-bal.ru/pravo/2521/index.html?page=23> (accessed 30 May 2017).
16. Bulbovich R.V., Zajcev N.N., Stolbova I.D. Analiz kompetencij vypusknika vysshej shkoly v oblasti aehrokozmičeskoy tekhniki [The analysis of competences of high school graduates in aerospace engineering]. *Innovacii v obrazovanii*. 2010, no. 4, pp. 4-16.
17. Fedotova N.V. Trekhmernoe modelirovanie v prepodavanii graficheskikh disciplin [Three-dimensional modeling in the teaching of graphic disciplines]. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2011, no. 12, pp. 68-70.
18. Aleksandrova E.P., Nosov K.G., Stolbova I.D. Geometricheskoe modelirovanie kak instrument povysheniya kachestva graficheskoy podgotovki studentov [Geometric modeling as a tool for improving the quality of graphic training of students]. *Otkrytoe obrazovanie*. 2014, no. 5 (106), pp. 20-27.
19. Abrosimov S.N., Rybin B.I. K voprosu o primenenii konstruirovaniya po principialnoj skheme v cikle geometro-graficheskoy podgotovki [To the question of the application of design according to the concept in the cycle of geometric and graphic training], available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/94/> (accessed 30 May 2017).

20. Aleksandrova E.P., Nosov K.G., Stolbova I.D. Prakticheskaya realizatsiya proektno-orientirovannoy deyatel'nosti studentov v hode graficheskoy podgotovki [Practical implementation of project-oriented activities of students during the graphic preparation]. *Otkrytoe obrazovanie*. 2015, no. 5, pp. 55-62.

21. Stolbova I.D., Aleksandrova E.P., Nosov K.G. Graficheskoe obrazovanie kak sostavlyayushchaya proektno-konstruktorskoj podgotovki specialista [Graphic education as a component engineering specialist training]. *Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal s prilozheniyami*. 2017, no. 3, pp. 40-46. DOI: 10.14489/hb.2017.03.pp.040-046

Об авторах

Столбова Ирина Дмитриевна (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: stolbova.irina@gmail.com).

Александрова Евгения Петровна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, профессор кафедры «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: e_p_aleksandrova@mail.ru).

Шелякина Галина Геннадьевна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: smeg52@mail.ru).

Носов Константин Григорьевич (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: const-r@ya.ru).

About the authors

Irina D. Stolbova (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Design, Graphics and Descriptive Geometry Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: stolbova.irina@gmail.com).

Evgeniya P. Alexandrova (Perm, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Professor, Design, Graphics and Descriptive Geometry Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: e_p_aleksandrova@mail.ru).

Galina G. Shelyakina (Perm, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Design, Graphics and Descriptive Geometry Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: smeg52@mail.ru).

Konstantin G. Nosov (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Design, Graphics and Descriptive Geometry Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: const-r@ya.ru).

Получено 31.08.2017