Практическая реализация проектно-ориентированной деятельности студентов в ходе графической подготовки

В рамках концепции развития образования на ближайшие годы обсуждаются вопросы использования метода проектов и потенциала современных компьютерных технологий при геометро-графической подготовке студентов в техническом вузе. Проведен анализ состояния современной проектно-конструкторской деятельности. Приводятся примеры практико-ориентированных задач геометрического моделирования и проектных заданий, выполняемых студентами при обучении инженерной графике.

Ключевые слова: геометро-графическая подготовка, метод проектов, практико-ориентированная деятельность, САПР.

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF STUDENT'S PROJECT-ORIENTED ACTIVITIES DURING GRAPHICAL TRAINING

In range of the education development conception during coming years, discusses the use of a method of projects and the potential of modern computer technology in the geometric-graphic training of students in technical higher education. Made the analysis of current design activity. Represented examples of practical-oriented problems of geometric modeling and design tasks performed by students in engineering graphics learning.

Keywords: geometric-graphic training, projects approach, activities practice-oriented, CAD.

О концепции развития системы высшего образования

В декабре 2014 года утверждена Концепция федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы [1]. Целью Программы является обеспечение условий для эффективного развития российского образования, направленного на формирование конкурентоспособного человеческого потенциала. В числе задач, обеспечивающих достижение поставленной цели, утверждается создание и распространение структурных и технологических инноваций в профессиональном образовании, обеспечивающих высокую мобильность современной экономики и удовлетворение потребностей производственной сферы и сферы потребления.

В Программе подтверждается приверженность к личностно ориентированной модели образования в высшей школе, законодательного установленного с переходом на ФГОС ВПО и внедрением в образовательный процесс компетентного подхода. Данная направленность учитывает внешние вызовы и тенденции, позволяет существенно повысить конкурентоспособность личности, образовательных институтов и в конечном итоге экономики и государства. Особое внимание предполагается уделять современным образовательным и информационно-коммуникационным технологиям, инновационным формам и методам обучения.

В Программе отмечается, что за последние годы для обеспечения требуемого качества образования утрачен важнейший инструмент —

проектно-целевой подход. Предлагаемый проектно-целевой подход позволит:

- обеспечить соответствие ожидаемых результатов образования новым реалиям социально-экономического развития страны;
- удовлетворять новым требованиям стратегических документов развития социальной сферы и сферы образования;
- в полной мере использовать возможности проектного управления при решении вопросов комплексной модернизации образования, программного проектирования образовательного процесса и использования инновационных образовательных технологий.

При действующих образовательных стандартах высшего профессионального образования до

Евгения Петровна Александрова,
к.т.н., профессор
Тел.: (342) 239-12-79
Кафедра дизайна графики и
начертательной геометрии
Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет
www.pstu.ru

Evgeniya P. Aleksandrova,
Candidate of Technical Sciences,
Professor
Tel.: (342) 239-12-79
Perm National Research
Polytechnical University
www.pstu.ru

Константин Григорьевич Носов,
ассистент
Тел.: (342) 239-12-79
Эл. почта: designprosu@gmail.com
Кафедра дизайна графики и
начертательной геометрии
Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет
www.pstu.ru

Konstantin G. Nosov,
assistant
Tel.: (342) 239-12-79
E-mail: designprosu@gmail.com
Perm National Research
Polytechnical University
www.pstu.ru

сих пор сохраняется предметно-дисциплинарная структура реализуемых вузом образовательных программ [2]. Поэтому все вышесказанное должно найти свое отражение в рамках предметного обучения, в том числе базовой геометро-графической подготовки (ГГП), осуществляемой на младших курсах вуза при подготовке специалистов инженерного профиля.

В сегодняшних условиях на первый план выдвигается задача поиска новых технологий предметного обучения, соответствующих вызовам современной экономики и производства или даже опережающих их. В вузах внедряются программы, основанные на методах активного обучения, – как правило, проектно- или проблемно-ориентированных, в центре которых находится студент [3, 4]. Все чаще звучит тезис о том, что проблемно-ориентированное и проектно-организованное обучение является одной из наиболее эффективных инновационных форм обновления учебного процесса [5].

Таким образом, назревшая необходимость реализации в системе профессионального образования проектно-целевого подхода, разработки и внедрения технологий проектного обучения актуализирует использование в образовательной деятельности метода проектов [6]. Однако на пути повсеместного внедрения данного метода есть целый ряд проблем, решение которых концептуально не прописано, и сегодня каждый разработчик учебных предметных программ может наметить собственную траекторию их решения.

Целью данной работы является обсуждение вопросов практической реализации метода проектов в рамках графической подготовки студентов в Пермском национальном исследовательском политехническом университете и организации в ходе образовательного процесса проектно-ориентированной деятельности студентов на основе использования современных информационных технологий.

Инновации в современной проектно-конструкторской деятельности

Бурное развитие компьютерной техники способствует активному продвижению современных информационных технологий во все сферы жизнедеятельности и производства. Цифровые технологии 3d-печати, 3d-сканирования, 3d-моделирования и 3d-визуализации становятся основой высокотехнологичного производства, они позволяют сократить производственные затраты и сроки проектирования, обойти технологические ограничения и повысить качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции. Необходимо отметить также, что информационные технологии принципиально изменили и проектно-конструкторскую деятельность, внесли значительные коррективы в разработку проектно-конструкторской документации, включая ее создание и контроль. Взамен бумажным чертежам и традиционной форме конструкторской документации появился электронный формат представления – электронные чертежи и 3d-модели, на смену технологии графического проектирования в 2d-формате пришли 3d-технологии геометрического моделирования [7,8]. Стандартами установлена новая терминология: электронная модель детали (ЭМД), электронная модель сборочной единицы (ЭМСЕ), электронная структура изделия (ЭСИ) и др. [9]. Электронные прототипы и 3d-печать пришли на смену физическим макетам, значительно ускорив этап создания и анализа проектно-конструкторской документации [10].

Сегодня использование систем автоматизированного проектирования в проектных и образовательных учреждениях стало массовым и обыденным. САПР находится в постоянном и очень динамичном развитии. Ежегодно выпускают новые версии существующих продуктов, появляются новые решения и целые классы систем. САПР воспринимается теперь не только как среда проектирования, но и как средство взаимодействия всех участников со-

Ирина Дмитриевна Столбова,

д.т.н., зав. кафедрой

Тел.: (342) 239-10-53

E-mail: stolbova.irina@gmail.com

Кафедра дизайна графики и

начертательной геометрии

Пермский национальный

исследовательский политехнический

университет

www.pstu.ru

Irina D. Stolbova,

Doctor of Engineering Science,

Head of Department

Tel.: (342) 239-10-53

E-mail: stolbova.irina@gmail.com

Perm National Research

Polytechnical University

www.pstu.ru

здания новых изделий и даже будущих потребителей [11].

Среди моделей, используемых в конструкторских САПР в настоящее время, можно выделить модели пространственных объектов и модели чертежей. Более эффективные модели объектов (твердотельные) используются в современных системах трехмерного проектирования.

Огромным преимуществом современных САПР является возможность параметризации создаваемых объектов. Наличие условий для создания параметрической модели заложено в возможности системы проектирования, а параметрическое описание объекта становится идеологической базой современных конструкторских разработок. Можно выделить следующие преимущества проектирования с параметризацией на этапе 3d-моделирования [12]:

1. При пошаговом построении модели сохраняется последовательность выполнения операций, а соответственно и логика построения, подразумевающая наличие иерархии родитель – потомок.

2. На каждом этапе добавления операции не требуется знать или помнить большую часть параметров предыдущих операций, достаточно лишь выработать концепцию построения модели и следовать ей, задавая взаимосвязи между параметрами.

3. При необходимости изменения или редактирования модели, в пределах общей концепции построения, процесс, по большей части, сводится к изменению численных значений параметров модели, замене операций в дереве построения и добавлению/удалению взаимосвязей. При этом процесс перестраивания модели и обнаружение ошибок или конфликтов происходит автоматически.

Данный подход, кроме рационализации процесса создания объекта и использования его в дальнейшем в качестве прототипа, позволяет проектировщику за короткое время производить очень большое количество итераций при поиске оптимальной формы модели, а с применением современных рас-

четных модулей также получить и оптимальные значения таких физических (и не только) параметров как вес, прочность, обтекаемость, гибкость, долговечность, экологичность, эргономичность и др. [13].

Учитывая мировые тенденции в сфере проектной деятельности и исходя из вышесказанного, можно констатировать, что обучение сегодняшних студентов инженерного профиля методам моделирования, основанных на параметризации, просто необходимо для повышения уровня конкурентоспособности будущих выпускников.

Все перечисленное говорит о необходимости разработки новых технологий обучения, которые смогут обеспечить гарантированное качество графической подготовки студентов и будут соответствовать развитию современного производства и автоматизированных цифровых технологий проектирования. Инновационные программы должны быть практико-ориентированными и проектно-направленными, организовывать среду, приближенную к реальной конструкторской деятельности, и создавать условия для формирования у студентов востребованных компетенций проектно-конструкторской деятельности [14,15].

Проектно-ориентированная деятельность в ходе графической подготовки

Для геометро-графического обучения студентов в рамках базовой инженерной подготовки на младших курсах вуза вопросы внедрения метода проекта особенно актуальны. Во-первых, сам профиль такой подготовки предполагает практико-направленную профессиональную деятельность. Во-вторых, использование этого метода позволит приблизить образовательные технологии к профессиональной деятельности конструктора-проектанта, которые в последнее время претерпели значительные инновационные изменения. Заметим, что проектно-ориентированная деятельность студентов в данной предметной области невозможна без применения пакетов САПР.

В ходе графической подготовки студентов ПНИПУ практико-ориентированные и проектные задания для студентов опираются на технологию 3d-проектирования, когда на основе геометрического моделирования в САД-системе создаются виртуальные 3d-модели геометрических объектов, деталей или сборочных единиц, что соответствует потребностям и перспективным тенденциям развития процессов проектирования и производства. В качестве основного инструментария моделирования виртуальных объектов в учебном процессе используется САПР Компас-3D, широко известная и достаточно развитая. Она удовлетворяет всем требованиям геометрического моделирования, необходимым для выполнения заданий в рамках базовой графической подготовки студентов.

При разработке программы реализации графической подготовки и создании методического сопровождения предусмотренных форм обучения студентов системно и последовательно увеличивается доля проектной составляющей в учебных задачах и заданиях по мере освоения разделов образовательной программы. В табл. 1 приведена системная последовательность применения проектных технологий с учетом уровня по-

гружения студентов в проектную деятельность.

Теоретической базой графической подготовки является изучение разделов начертательной геометрии. Здесь за основу концепции проектно-ориентированного обучения взято положение о возможности включения основополагающих геометрических алгоритмов в технологию создания абстрактных трехмерных объектов методами визуально-образного 3d-моделирования. Речь идет о синтезе основ начертательной геометрии и современного инструментария виртуального 3d-моделирования [16]. Такой синтез стимулирует мыслительную деятельность обучаемого и одновременно прививает навыки работы с 3d-моделью, обеспечивая тем самым первоначальную подготовку студента к реальной профессиональной деятельности. Кроме того, в проектном подходе учитывается и личностная составляющая. В зависимости от индивидуальной готовности и собственных амбиций, мотивации к саморазвитию и потребности в величине рейтинговой оценки учебных достижений студент может выбрать уровень сложности задания, вариативность постановки задачи, алгоритм ее реализации.

В табл. 2 приведены примеры постановки и перечень требований

к реализации тематических задач дисциплины с учетом уровня проектной составляющей в алгоритме выполнения.

В большей же степени образовательные технологии, приближающиеся к реальным условиям проектных разработок, необходимо внедрять в раздел дисциплины «Инженерная графика», отвечающий за развитие профессиональных навыков конструирования и проектирования. Ниже представлены примеры постановки и этапы выполнения проектных заданий профессиональной направленности. Задания предусматривают вариативную часть, выполняемую студентами в зависимости от уровня личностной готовности и собственного желания. В качестве примеров приведены два промежуточных учебных задания: проектирование коробки контактного реле (пример 1) и разработка комплекта конструкторской документации на изделие – соединение опрессовкой (коллективная работа студентов над учебным проектом – пример 2). Пример 3 демонстрирует материал для вариативной постановки специализированного проекта, являющегося заключительным этапом программы базовой геометро-графической подготовки студентов.

Таблица 1

Применение образовательных технологий с различным уровнем погружения в проектную деятельность

Уровни погружения	Типы решаемых задач (практическая реализация)	Постановка задачи (преподаватель)	Методика решения (студент)
1 Проблемно-ориентированные задачи	Геометрические задачи на основе 3d-моделирования.	Ситуационные задачи, требующие базовых знаний пространственной геометрии.	Рекомендации с пошаговым алгоритмом решения поставленной задачи.
2 Проблемные задачи	Комплексные геометрические задачи на основе 3d-моделирования.	Комплексные задачи, требующие получения промежуточных выводов и решений, для перехода к основному решению.	Выбор рационального алгоритма решения задачи из рекомендованных или представление собственного.
3 Проектные задания	Проектирование простой детали (изделия) с реальным назначением.	Проектное задание на выполнение 3d-модели изделия.	Тренажная технология выполнения по разработанному алгоритму с упором на оптимизацию выполнения и параметризацию.
4 Учебные проекты	Учебный проект на создание 3d-модели сборочной единицы.	Вариативное задание на проектирование простой сборочной единицы. Описаны все параметры изделия.	Рекомендации с пошаговым алгоритмом реализации модели сборочной единицы.
5 Специализированные проекты	Разработка комплекта конструкторской документации с применением САПР.	Задание на проектирование сборочной единицы специального назначения. Описаны лишь выходные параметры изделия.	Самостоятельная реализация проекта.

Таблица 2

Условия для реализации геометрических задач

а б	Условие задачи 1: Создать модель пирамиды, основание которой правильный треугольник с заданной стороной, а одна из боковых граней (равнобедренный треугольник) перпендикулярна основанию. Дополнительные условия: а) известна величина большего бокового ребра c ; б) известна величина линейного угла φ, определяющего двугранный угол между наклонными боковыми гранями. Реализация: Вариант «а»: – 1 уровень погружения в «метод проектов»; – знания по теме «Прямые и плоскости, их взаимное расположение» используются в нестандартной ситуации; – 3D-моделирование осуществляется по заданному алгоритму. Вариант «б»: – 2 уровень погружения в «метод проектов»; – знания по теме «Методы преобразования чертежа» косвенно используются при решении геометрической задачи с проблемной постановкой; – 3D-моделирование осуществляется путем выбора наиболее рационального алгоритма.
а б	Условие задачи 2: Создать модель прямого кругового конуса с заданными параметрами, рассеченного плоскостью по эллипсу. Дополнительные условия: а) известны величина большой оси эллипса и удаление его центра от основания конуса; б) известны величины большой и малой осей эллипса. Реализация: Вариант «а»: – 1 уровень погружения в «метод проектов»; – геометрические знания по теме «Сечение конуса плоскостями» используются при решении проблемно-ориентированной задачи; – 3D-моделирование осуществляется по заданному алгоритму. Вариант «б»: – 2 уровень погружения в «метод проектов»; – знания по теме «Способ вспомогательных секущих плоскостей-посредников» используются при поиске варианта решения проблемной задачи; – алгоритм 3D-моделирования строится самостоятельно.
а б	Условие задачи 3: Создать модель композиции из пересекающихся поверхностей, одна из которых – прямой круговой конус с заданными параметрами, а место расположения и параметры других поверхностей неизвестны. Дополнительные условия: а) конус пересекается со сферой по двум окружностям с заданными диаметрами; б) конус пересекается с прямой треугольной призмой по кривой – параболы с заданным параметром. Реализация: Вариант «а»: – 1 уровень погружения в «метод проектов»; – знания по теме «Пересечение соосных поверхностей вращения» в нестандартной ситуации; – 3D-моделирование осуществляется по заданному алгоритму. Вариант «б»: – 2 уровень погружения в «метод проектов»; – комплексные знания по темам «Сечение конуса плоскостями» и «Пересечение поверхностей» используются в нестандартной ситуации; – алгоритм 3D-моделирования строится самостоятельно.

Пример 1. Проектируемый объект – коробка реле.

Составные части – детали **Корпус** и **Крышка** (рис.1). Задание выполняется по готовому алгоритму. Размеры детали **Корпус** заданы и являются параметрическими. Деталь **Крышка** проектируется путем контекстного моделирования в сборке и имеет параметрическую связь с деталью **Корпус**.

Часть 1. Создание детали — Корпус*Порядок выполнения:*

1. В одной из базовых плоскостей создать эскиз основания Корпуса. Согласно заданию в эскизе вычертить плоский контур основания детали, задать необходимые параметрические связи и размеры. Выделить центры окружностей.

2. Выдавливанием создать основание детали.

3. Выдавливанием создать выступ над основанием.

4. Задать скругления для наружных кромок и граней детали.

5. Операцией «Оболочка» создать тонкостенный объект.

6. Выдавливанием контура вырезать отверстие. Создать массив отверстий.

7. *Дополнительное задание.* Добавить на любую боковую грань детали выступ с отверстиями для крепежа кабельного соединителя/разъема.

Часть 2. Создание детали — Крышка*Порядок выполнения:*

1. Во вновь созданную сборку добавить деталь **Корпус**.

2. На нижней грани детали **Корпус** создать контекстную деталь **Крышка**.

3. Создать в плоскости эскиза проекцию внутренней кромки нижней грани детали **Корпус**.

4. Выдавливанием создать основание крышки.

5. Создать бобышки, используя проекции кромок отверстий в детали **Корпус**.

6. *Дополнительное задание:* а) создать сквозные отверстия в центре бобышек; б) создать аналогичные бобышки для крепления платы без сквозных отверстий.

Результаты выполненного проекта изделия представлены на рис. 1в.

Рис. 1. Результаты проектирования коробки реле:
а – модель корпуса; б – модель крышки;
в – модель изделия в сборе

Рис. 2. Результаты проектирования соединения опрессовкой: а – модель армирующей детали;
б – 3d-модель изделия;
в – фрагмент ассоциативного чертежа

1 *Размеры для справок.

Пример 2. Проектируемый объект – типовое соединение опрессовкой.

Техническое задание: разработать комплект конструкторских документов на сборочную единицу «Соединение опрессовкой», включая пресс-форму, необходимую для изготовления изделия. Составные части сборочной единицы: армирующая металлическая деталь, неметаллическая составляющая.

Состав проектной документации:

1. 3d-модели составных частей изделия: а) армирующей детали; б) неметаллической основы изделия.
2. Ассоциативный чертеж армирующей детали.
3. Виртуальная 3d-сборка изделия.
4. Ассоциативный чертеж сборочной единицы.
5. 3d-модель пресс-формы.
6. 3d-печать структурных составляющих проекта.

Полнота реализации проекта зависит от трудоемкости, запланированной в учебной программе, выделяемой на этот этап обучения, количества участников проектной группы, уровня подготовленности студентов. Пример проектной документации (в минимальной комплектности) приведен на рис. 2.

Пример 3. Проектируемый объект – блок роликовый.

Техническое задание: разработать комплект конструкторской документации на сборочную единицу «Блок роликовый». Составные части сборочной единицы: основание, прижим, валик, ролик, фиксатор. Также требуется выполнить подбор стандартных деталей из библиотеки – крепежных деталей и подшипников. Вариант выполнения специализированного проекта приведен на рис. 3.

Состав проектной документации:

1. 3d-модели составных частей изделия.
2. Ассоциативные чертежи деталей.
3. 3d-сборка изделия.
4. Ассоциативный чертеж сборочной единицы.

Рис. 3. Результат проектирования блока роликового: а – модель сборочной единицы; б – модель сборочной единицы в разнесенном виде

5. 3d-печать структурных составляющих проекта.

Подобные проекты являются практически универсальными для целей геометро-графической подготовки студентов за счет своей вариативности. Например, некоторые из возможностей постановки проекта:

1. Изменение под любой уровень сложности моделирования – от простого, 3-х деталей по отдельности, до контекстного (гибридного) моделирования непосредственно в сборке, до 5 и более деталей. Добавление в сборку стандартных изделий из библиотек.
2. Изменение под объем выделенных часов на выполнение – количество решаемых задач можно как уменьшить, так и увеличить. Можно выдать готовые параметры

крепежных изделий и подшипников или дать задание на их подбор в справочной литературе.

3. Изменение последовательности выполнения, а также возможность использования прототипов. В силу того, что решение некоторых задач контекстного моделирования требует достаточных знаний в области геометрии, соответственно, могут быть предложены типовые алгоритмы решения или исключены некоторые этапы из процесса моделирования.

4. Изменение требований к комплекту конструкторской документации на выходе. Например, введение подборок для усложнения процесса подготовки КД при создании спецификации и ассоциативных чертежей.

5. Изменение количества участников выполнения проекта – от одиночного исполнения до коллективного (в составе двух-трех студентов).

Приведенные в работе примеры постановки учебных проектно-ориентированных задач и проектных заданий, выполнение которых основано на синтезе конструкторской практики и инструментария геометрического моделирования, сближают технологии обучения с

современной проектно-конструкторской деятельностью. Использование опробованной методики особенно перспективно при оптимизации процесса обучения в условиях дефицита временных ресурсов. Как показывают результаты, методика и модель реализации метода проектов позволяют изменить характер учебной деятельности учащихся, усиливают их мотивацию, учитывают индивидуальные возможности и потребности, а также приобщают к решению практических задач, приближенных к будущей профессиональной деятельности выпускников.

Заключение

В работе затронуты вопросы реализации инновационной методики преподавания геометро-графических дисциплин на основе метода проектов. Предлагаемые технологии образовательной деятельности направлены на сближение современных технологий проектно-конструкторских работ с методикой предметного обучения.

Авторы считают, что в данной работе наиболее важными являются следующие положения и результаты:

1. Разработанная методика и содержание учебных заданий учитывают положения Концепции федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы, а также тенденции развития современных технологий проектно-конструкторской деятельности.

2. Приведены примеры разработанных практико-ориентированных геометрических задач, учебных заданий и проектов, использующие современные возможности компьютерного моделирования и приближающие учебную среду к реальной профессиональной деятельности.

3. Новая методика позволяет оптимизировать процесс обучения. Появляется возможность дифференцированного подхода, позволяющая варьировать сложность учебных заданий с учетом индивидуальных способностей студентов и их заинтересованности в развитии компетенций в области геометрического моделирования.

4. Апробирование представленной методики показало, что обновленные технологии с интересом воспринимаются студентами и успешно способствуют формированию проектно-конструкторских компетенций.

Литература

1. Концепция федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы. URL: <http://government.ru/docs/16479/> (Дата обращения: 25.06.2015).
2. Лобов Н.В., Столбова И.Д., Столбов В.Ю., Данилов А.Н. Компетентностная модель выпускника: опыт проектирования // Высшее образование сегодня. 2013. № 6. С. 25–33.
3. Эльяш Н.Н. Модель контекстного обучения при выполнении практикума по общетехническим дисциплинам // Образование и наука. 2015. № 1. С. 166–174.
4. Зеленченко В.М., Ларионов В.В., Пак В.В. Совместная деятельность студентов на практических занятиях по физике: формирование идей на уровне проекта // Вестник ТГПУ. 2012. №2 (117). С. 147–151.
5. Захарова А.А., Минин М.Г. Проектно-ориентированное обучение студентов с использованием 3d-моделирования // Высшее образование в России. 2011. № 1. С. 96–101.
6. Вербицкий А.А. Проблемы проектно-контекстной подготовки специалиста // Высшее образование сегодня. 2015. № 4. С. 2–8.
7. Рукавишников В.А., Халуева В.В. Информационно-технологическая основа формирования проектно-конструкторской компетентности специалиста в вузе. В сборнике: Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014. Труды международной научно-методической конференции. 2014. Стр. 129–130.
8. Тельной В.И., Рычкова А.В. Выполнение чертежей деталей в электронной форме. В сборнике: Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014. Труды международной научно-методической конференции. 2014. Стр. 161–164.
9. Шахова А.Б., Столбова И.Д. Качество графической подготовки студентов технических вузов в соответствии с современным состоянием единой системы конструкторской документации // Геометрия и графика. 2014. Т. 2. № 2. С. 27–31.
10. Александрова В.В., Зайцева А.А. 3D моделирование и 3D прототипирование сложных пространственных форм в рамках технологии когнитивного программирования. //Тр. СПИИРАН, 27 (2013)/С. 81–92.

11. *Малюх В.Н.* Введение в современные САПР: Курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. 192 с.
12. *Копорорушкин П.А., Партин А.С., Куреннов Д.В.* Алгоритм расчёта параметризованных объектов в системе геометрического моделирования машиностроительных изделий // Автоматизация. Современные технологии. 2008. №7. С. 7–12.
13. *S. Pant, G. Limbert, N. Curzen.* Multiobjective design optimisation of coronary stents // *Biomaterials*. 2011. № 31. Pages: 7755-7773. DOI: 10.1016/j.
14. *Михелькевич В.Н., Москалева Т.С., Пузанкова А.Б.* Инженерно-графическая подготовка студентов на базе электронного учебно-методического комплекса // Вектор науки ТГУ. 2014. №3. С. 314–317.
15. *Минин М.Г., Захарова А.А., Сафьянников И.А., Вехтер Е.В.* Организация процесса подготовки бакалавров техники и технологии к проектно-конструкторской деятельности // Высшее образование в России. 2013. № 5. С. 106–113.
16. *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.