



Обучение студентов вузов технологиям быстрого прототипирования как завершающий этап их подготовки к инновационной деятельности

Н. И. Наумкин*, Г. А. Кондратьева, Е. П. Грошева, В. Ф. Купряшкин
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия,
*naumn@yandex.ru

Введение. В настоящее время методические системы подготовки к инновационной инженерной деятельности предполагают вовлечение студентов во все этапы инновационного цикла, включая получение нематериального инновационного продукта. Однако невозможность получения в них студентами материального инновационного продукта снижает эффективность подготовки этих систем. Целью статьи является описание создания методической системы подготовки студентов к инновационной исследовательской деятельности на основе их вовлечения во все этапы получения материального инновационного продукта с использованием аддитивных технологий.

Материалы и методы. При написании статьи использовались основные положения интегрированного подхода к обучению – интеграция теоретического и практического обучения инновационной инженерной деятельности и междисциплинарная интеграция различных отраслей науки (педагогика, математического моделирования, 3D-моделирования, аддитивных технологий, инноватики), а также применялись методы анализа и синтеза, математического и физического моделирования материального инновационного продукта, педагогический эксперимент и математическая статистика.

Результаты исследования. В работе создана и реализована методическая система обучения студентов технических вузов инновационной исследовательской деятельности, обеспечивающая их вовлечение во все этапы инновационного цикла за счет использования технологий быстрого прототипирования, эффективность которой подтверждена результатами педагогического эксперимента.

Обсуждение и заключения. Выполненные исследования позволили создать методическую систему обучения студентов технических вузов инновационной исследовательской деятельности на основе использования технологий быстрого прототипирования, что значительно повышает эффективность такого обучения, поскольку обеспечивает участие обучающихся во всех этапах получения материального инновационного продукта в течение изучения учебного курса, во время проведения аудиторных занятий. Разработанная для реализации этой системы и апробированная в Мордовском государственном университете им. Н. П. Огарева одноименная методика обеспечивает практическую значимость рассматриваемого в статье исследования. Дальнейшее развитие представленного в статье материала видится в расширении инфраструктуры университетского центра проектирования и прототипирования «Рапид Про» и привлечение студентов к изготовлению в нем промышленных изделий.

Ключевые слова: инновационная инженерная деятельность, методическая система, технология быстрого прототипирования, компетентность, компетентностный подход

Для цитирования: Обучение студентов вузов технологиям быстрого прототипирования как завершающий этап их подготовки к инновационной деятельности / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2018. Т. 22, № 3. С. 519–534. DOI: 10.15507/1991-9468.092.022.201803.519-534

© Наумкин Н. И., Кондратьева Г. А., Грошева Е. П., Купряшкин В. Ф., 2018



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.



Training Higher School Students in Rapid Prototyping Technology as a Final Stage of Their Preparation for Innovative Activities

*N. I. Naumkin**, *G. A. Kondratieva*, *E. P. Grosheva*, *V. F. Kupryashkin*
National Research Mordovia State University, Saransk, Russia,
**naumn@yandex.ru*

Introduction. The methodological systems of preparation for innovative engineering activity involve the involvement of students in all stages of the innovation cycle, including obtaining an intangible innovative product. However, the inability to obtain in students a material innovative product reduces the effectiveness of the preparation of these systems. The purpose of this study is to create a methodical system for preparing students for innovative research activities based on their involvement in all stages of obtaining a material innovative product using additive technologies.

Materials and Methods. For writing the article the authors used the main points of the integrated approach to learning (integration of theoretical and practical training of innovative research activities and interdisciplinary integration of various branches of science (pedagogy, mathematical modeling, 3D modeling, additive technologies, innovation).

Results. The methodical system of training students of technical higher education institution has been created and implemented, ensuring their involvement in all stages of the innovation cycle due to the use of rapid prototyping technologies. The effectiveness of technologies is confirmed by the results of the pedagogical experiment.

Discussion and Conclusions. The performed researches allowed to create a methodical system for training students of technical universities of innovative research activities based on rapid prototyping technologies. This method significantly improves the effectiveness of training. It ensures the participation of students in all stages of obtaining a material innovative product: during the study of the course, and during classroom sessions. This method was developed and tested for the implementation at National Research Ogarev Mordovia State University. It provides the practical significance of the study considered in the article. Further development of the material presented in the article can be related to the expansion of the infrastructure of the Rapid Pro university center for designing and prototyping and attracting students to manufacturing industrial products.

Keywords: innovative engineering activity, methodical system, rapid prototyping technology, competence, competence approach

For citation: Naumkin N.I., Kondratieva G.A., Grosheva E.P., Kupryashkin V.F. Training Higher School Students in Rapid Prototyping Technology as a Final Stage of Their Preparation for Innovative Activities. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2018; 22(3):519-534. DOI: 10.15507/1991-9468.092.022.201803.519-534

Введение

Вопрос подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности актуален в современном обществе. Исследователи занимаются им на протяжении нескольких последних лет. Начиная с 2001 г., в Мордовском государственном университете эта тема разрабатывается авторами настоящей статьи. По их мнению, инновационная инженерная деятельность (ИИД) направлена на решение прикладных задач в области техники и технологий и включает в себя анализ существующего технического уровня, выявление и анализ проблем, формулировку задач, синтез технического решения с новым техническим результатом, разработку опытного образца и его испытание, создание новых объектов, готовых к реализации в виде товарной продукции –

нематериального (НИП) (научно-технической и технологической документации, патентов и др.) и материального (МИП) (изделия, технологии, услуги), инновационного продукта и обеспечения эффекта и конкурентоспособность предприятий, государства [1–5]. На основании выполненных исследований ими были сформулированы важные выводы [2; 6]:

1) инновационная деятельность всегда служила инструментом развития общества, личности и окружающей среды;

2) основной задачей вуза является подготовка кадров, компетентных в ИИД, – основы образованного человеческого капитала;

3) последние поколения ФГОС ВО предполагают обязательную подготовку студентов к инновационной деятельности во всех направлениях;

4) под подготовкой к ИИД понимается формирование у студентов компетентности в инновационной инженерной деятельности (КИИД) – кластера внутренних средств деятельности, а именно обучение соответствующим виду деятельности компетенциям и формирование психологического компонента компетентности (мотивации, специальных способностей, рефлексии).

Как показал анализ имеющихся исследований, существующие методические системы подготовки к ИИД [1; 2; 7–10] предполагают вовлечение студентов во все этапы ИД получения инновационного продукта, представленного только НИП, но не обеспечивают в полной мере формирование у студентов мотивации к ИИД и компетенций по получению МИП. Первые попытки обучения студентов ИИД на основе получения МИП были сделаны в диссертационном исследовании Н. Н. Шекшаевой [8; 11]. Однако они были выполнены для студентов национальных исследовательских университетов в рамках проведения летних научных школ и не могут быть перенесены без соответствующей адаптации в другие вузы. В связи с этим целью данной статьи является анализ разработки методической системы обучения студентов технических вузов инновационной инженерной деятельности на основе их вовлечения во все этапы инновационного цикла ИИД за счет использования аддитивных технологий – технологий изготовления изделий по данным цифровой модели путем послойного добавления материала. Это обеспечит участие обучающихся в изготовлении синтезированного ими МИП в рамках учебного процесса и во время аудиторных занятий и соответственно повысит эффективность формирования у них компетентности в инновационной инженерной деятельности.

Обзор литературы

На протяжении всего времени существования инженерного образования многими исследователями уделялось повышенное внимание проблемам подготовки

студентов к профессиональной деятельности в технических вузах. Непосредственно проблемами обучения студентов ИИД начали заниматься сравнительно недавно (примерно с 1990-х гг.). Это в основном работы, посвященные теоретическому обучению ИИД при получении нематериального инновационного продукта [12–14].

Так, в работах Е. П. Грошевой представлена методическая система подготовки студентов к ИИД при обучении специально спроектированной интегрированной дисциплине «Основы инженерного творчества и патентоведения», включающей основные понятия об ИИД, инженерном творчестве, методах решения изобретательских задач, патентоведении, объектах интеллектуальной собственности и направленной непосредственно на формирование у них КИИД [6; 9; 12].

Исследование О. А. Линенко о техническом творчестве инженера-практика показывает, что большинство из них не владеют известными методами решения изобретательских задач – важным компонентом ИИД, а если и встречаются среди них изобретатели, то чаще всего они сделали свои изобретения – НИП, опираясь на собственный опыт и интуицию, без должного анализа возможных решений и синтеза конечного результата [14].

По мнению И. А. Шаршова, творческая самореализация в профессиональной инновационной деятельности напрямую связана с профессионально-творческим саморазвитием личности студента, направленным на формирование мотивации к получению НИП. При этом основными механизмами выступают самопознание, самоорганизация, самообразование как стремление к профессионально-творческой самореализации – основы ИИД [Цит. по: 14].

Ориентируясь на реализацию основных направлений развития российского инженерного образования [6; 9; 15], а также инновационного пути развития экономики страны, Н. И. Наумкин предлагает перейти от традиционных методов к инновационной технологии обучения, основанной на интеграции инновацион-



ных методов и методик обучения и технологий, обеспечивающих формирование у обучающихся КИИД [8; 9].

Изучая теорию и практику развития творческого потенциала будущих инженеров, Г. В. Глотова отмечает, что за рубежом нет такого универсального и продуктивного средства решения изобретательских задач и развития творческих способностей, каким в нашей стране является Теория решения изобретательских задач, но используется большое количество различных эвристических методов [16]. Студентов знакомят одновременно со многими из них, обучение заканчивается самостоятельным решением творческих задач, при котором учащийся может самостоятельно выбрать методы синтеза НИП. Для этого, по мнению Н. Л. Курилевой, необходимо развивать творческие технические способности обучающихся, начиная со школьной скамьи [17].

И. В. Вишнякова наиболее плодотворными при обучении ИИД на основе решения изобретательских задач определяет следующие методы обучения:

- формирующие, предусматривающие равновесие методов как поддерживающего, так и противодействующего обучения;
- творческие, проектные, воспитывающего и диалогового обучения, активные, развивающие методы, педагогику сотрудничества;
- диагностические, включая рейтинг успеваемости, эвристические методы, текущий и итоговый контроль [12].

Интересный опыт наработан в Казанском государственном техническом университете, описанный в работе Л. И. Гурье. Им была предложена концепция методологической составляющей многоуровневой подготовки в технологическом университете, состоящая из 6 взаимосвязанных этапов, учитывающих уровень и степень подготовки к ИИД [18]. Главной целью такой деятельности выступает формирование у обучающихся методологической культуры, позволяющей им самостоятельно анализировать

и синтезировать новые технические объекты – НИП, а также проектировать собственную траекторию обучения и профессиональной деятельности.

В своем исследовании Н. М. Анисимов предложил перед разработкой технологии обучения студентов инновационной и изобретательской деятельности в первую очередь подготовить учителей школ и преподавателей университетов, владеющих ИИД. Для этого он разработал и успешно реализовал методическую систему их подготовки в педагогическом университете¹.

В работе А. В. Бабилова и его соратников говорится о необходимости создания целостной системы инновационного инженерного образования. Для повышения его качества, по мнению авторов, следует использовать совокупность педагогических подходов и методов – интегрированную технологию обучения ИИД на основе получения НИП [19].

Различные подходы в контексте инновационного инженерного образования исследуются и другими авторами. Так, Н. В. Соснин рассматривает компетентностный подход и его внедрение как расширение возможности подготовки студентов к ИИД [20]. По мнению Б. Л. Аграновича, условиями для успешного перехода к инновационному инженерному образованию являются обновление содержания на базе знаний мировых информационных ресурсов и ориентирование на них обучающихся, интегрирование предпринимательских идей в курсы и др. [21; 22]

За рубежом вопросами подготовки к ИИД начали заниматься гораздо раньше, чем в российских вузах и также на примере получения НИП. Считается, что наибольших успехов в этой области достигли в США, Великобритании, Японии, Германии [16]. Несмотря на некоторые различия, общепризнанными инновационными методами обучения в них считаются контекстное обучение, обучение в команде, обучение на основе собственного опыта, проблемно-ориен-

¹ Анисимов Н. М. Технология обучения изобретательской и инновационной деятельности. М. : Прометей, 1997. 142 с.

тированное обучение и междисциплинарный подход [2; 16]. Непосредственно для подготовки обучающихся к ИИД в ведущих университетах мира реализуется концепция CDIO («Задумать, спроектировать, внедрить, работать» – Conceive, Design, Implement, Operate). Эта концепция была предложена в Массачусетском технологическом институте совместно с участием известных инженерных учебных заведений Швеции. В ней впервые говорится о необходимости обучения студентов получению МИП.

В 1997 г. в США был специально открыт элитный Инженерный колледж Ф. В. Олина для подготовки студентов к ИИД. В нем все образовательные программы строятся на интеграции фундаментализации, профессионализации, предпринимательства и гуманитаризации инженерного образования².

Еще один интересный подход к этой проблеме в зарубежных странах – подготовка элитных специалистов (ЭТС). Так, в Канадском университете Торонто реализуется программа подготовки ЭТС – «Предпринимательство, лидерство, инновации и технологии в инженерной науке». Аналогичная программа с 2006 г. действует в ведущем инженерном вузе мира – Массачусетском технологическом институте в виде специальной Программы инженерного лидерства имени Бернарда М. Гордона³.

Мы считаем справедливой позицию ученых Тель-Авивского университета и Международного исследовательского центра нанотехнологий в Израиле К. Л. Левкова и О. Л. Фиговского, предлагающих двумерный метод обучения в процессе подготовки инновационных инженеров⁴. Сформулированное ими противоречие, что «инновационному специалисту надо быть компетентным в широком перечне областей знания и, при этом, процесс усвоения новых знаний не должен выходить за допустимые времен-

ные и психологические пределы» [Цит. по: 12, с. 66], они разрешили методом аналогий.

Осознавая необходимость формирования у студентов КИИД, профессорско-преподавательский состав Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева (далее – МГУ им. Н. П. Огарева) постоянно работает над совершенствованием образовательного процесса в вузе. Ретроспектива создания результатов инновационной педагогической деятельности в этой области представлена ниже.

В период с 2005 по 2008 г. Н. И. Наумкиным была создана и внедрена в учебный процесс технических вузов страны интегрированная педагогическая технология подготовки студентов к ИИД при обучении общетехническим дисциплинам, включая обучение в олимпиадной и научно-исследовательской среде [6; 8; 9].

В 2010 г. были завершены исследования Е. П. Грошевой по созданию технологии обучения студентов к ИИД в рамках обучения специально спроектированной интегрированной дисциплины ОИТиП, отражающей основные этапы инновационного процесса получения НИП [6; 15]. В 2015 г. были выполнены исследования Н. Н. Шекшаевой по созданию технологии подготовки студентов к ИИД в рамках теоретического обучения дисциплине ОИИД и практического обучения ИИД при получении МИП в выездных научных школах [1; 23]. Кроме этого, были разработаны и реализованы методики практического обучения ИИД в рамках выездных научных студенческих школ; активного обучения ИИД (деловые инновационные игры «Фирма-1, 2», «Конструкторское бюро»); педагогические технологии, представленные в виде образовательных услуг на конкурсе «Сто лучших товаров России» и др. [24–26].

Среди перечисленных систем и методов особый интерес представляет

² Miller R. K. From the ground up: Rethinking engineering education for the 21st century // Symposium on Engineering and Liberal Education, Union College, Schenectady, New York, June 4–5, 2010.

³ URL: <http://gelp.mit.edu> (дата обращения: 29.11.2017).

⁴ Левков К. Л., Фиговский О. Л. Двумерный метод обучения в процессе подготовки инновационных инженеров // Высшее техническое образование как инструмент инновационного развития : программа и сборник докладов научной школы с международным участием. Казань : КНИТУ, 2011. 160 с.



методическая система подготовки студентов к ИИД на основе использования современных технологий производства инновационных продуктов, обеспечивающая возможность доведения новаторской идеи до воплощения ее в МИП, вовлечения их во все этапы практической инновационной деятельности, в учебных аудиториях во время практических занятий, в частности в рамках обучения аддитивным технологиям (АТ). Анализ существующих исследований по проблеме обучения АТ показал недостаточность их научно-методического сопровождения. В них описываются организационные мероприятия при обучении АТ, среди которых можно выделить:

1) открытие специальностей в СПО учреждениях на основе разработанного ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии»;

2) обучение в рамках повышения квалификации и дополнительных образовательных программ;

3) обучение на производстве в рамках специально организованных курсов;

4) обучение АТ как рабочим профессиям в лицеях;

5) обучение бакалавров и магистрантов АТ в вузах в рамках учебных дисциплин;

6) подготовка к АТ в рамках одноименных профилей магистратуры и др.

Таким образом, выполненный анализ исследований по рассматриваемой проблеме позволяет говорить о том, что эта проблема актуальна не только в российском инженерном образовании, но и за рубежом. Ею занимаются многие ученые, и в основном эти исследования основаны на подготовке студентов к инновационной деятельности при получении нематериальных инновационных продуктов. Это несколько снижает эффективность обучения их ИИД, поскольку не обеспечивает их участие в изготовлении МИП – важном этапе полного цикла инновационной деятельности. В связи с этим возникает необходимость разработки новых высокоэффективных интегрированных методических систем и педагогических технологий подго-

товки обучающихся к ИИД на основе обучения высокотехнологичному производству инновационных продуктов, в частности аддитивным технологиям, которые обеспечат вовлечение студентов в процессе обучения во все этапы инновационного цикла ИИД.

Материалы и методы

Основополагающими методологическими и методическими подходами в данном исследовании являются интегрированный, включающий интеграцию теоретического и практического обучения инновационной деятельности, и междисциплинарный, основанный на интеграции знаний различных отраслей науки (педагогика, математического моделирования, 3D-моделирования, аддитивных технологий, инноватики). В данном разделе особое внимание уделяется роли использования аддитивных технологий в учебном процессе. Являясь современной технологией изготовления оригинальных изделий, АТ выступают в нашем случае универсальным техническим средством обучения (ТСО), обеспечивающим вовлечение студентов во все этапы инновационного цикла получения МИП.

Как было показано в предыдущих исследованиях [25], наиболее эффективно можно осуществить подготовку студентов к инновационной деятельности на основе вовлечения их во время обучения во все этапы инновационного цикла ИИД (цикла получения материального инновационного продукта). На наш взгляд, наиболее эффективно это можно реализовать при обучении их аддитивным технологиям.

Аддитивные технологии – технологии, появившиеся в конце 1980-х гг., в основе которых лежит изготовление объекта по данным цифровой модели путем послойного добавления материала [27]. В настоящее время они получили широкое применение в разных отраслях производства: машиностроении, авиационной промышленности, горной промышленности, медицине, строительстве и др. Благодаря снижению их стоимости они так-

же получили широкую популярность и в повседневной жизни творческих и увлеченных людей. В вузах, центрах инженерного творчества и других учреждениях их широко используют в качестве современных ТСО.

Применение оборудования этих технологий позволяет не только моделировать, но и реализовывать в рамках учебного процесса все этапы инновационного цикла от генерирования идеи до его изготовления при непосредственном участии в них студентов. В процессе обучения аддитивным технологиям студенты получают возможность овладения такими компетенциями, как разработка идеи – проектирование, 3D-моделирование – создания 3D-моделей; знание реверс-инжиниринга; умение изготовления (печать) 3D-изделий, знание этапов инновационного процесса и его практическое применение, а также могут наглядно изучить содержание научного и производственного этапов инновационного цикла (идея – 3D-модель – 3D-печать – прототип – доработка – изделие – тиражирование) в течение аудиторного обучения.

Для этого на базе МГУ им. Н. П. Огарева был создан Центр проектирования и быстрого прототипирования «Рапид Про». Он оснащен высокотехнологичным оборудованием АТ: 3D-сканер Shining3D Optiscan-plus DM, 3D-принтер Project SD 3000, 3D-принтер 3D Systems ProJet SD 3500, вакуумно-литьевая система HVC-1, установка смешивания и дозирования, компрессор RD 30/50 Red Verg и др.

Опираясь на возможности описанного центра и дидактические положения ранее созданных авторами методических систем обучения ИИД для подготовки студентов к ИД на основе АТ, была спроектирована и внедрена в учебный процесс магистрантов (направления подготовки «Агроинженерия») дисциплина «Технологии и средства быстрого прототипирования в машиностроении». При этом главное внимание было обращено на использование интегрированного и междисциплинарного подходов к обучению, а также были использованы ме-

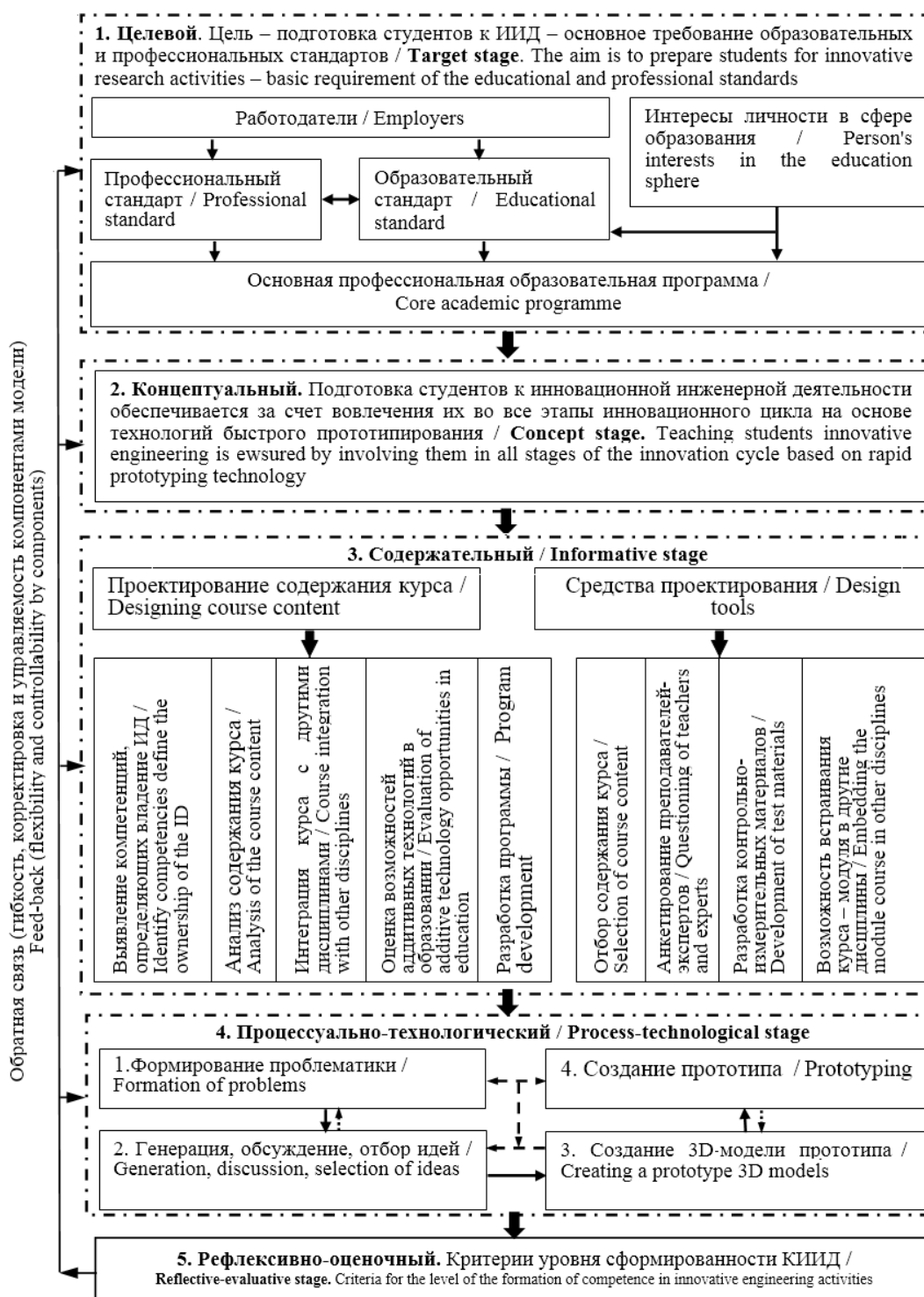
тоды анализа и синтеза, математического и физического моделирования МИП, педагогический эксперимент.

Результаты исследования

Результатом настоящего исследования является разработка методической системы подготовки студентов технических университетов к ИИД на основе вовлечения их во все этапы инновационного цикла ИИД в процессе обучения аддитивным технологиям. В соответствии с известным алгоритмом [1; 7; 11] это проектирование начинаем с разработки педагогической модели системы, которая представлена на рисунке 1. Рассмотрим ее основные компоненты.

Целевой компонент спроектирован на основе анализа профессиональных и образовательных стандартов и отражает начальный этап проектирования модели. Целью нашего исследования является формирование у студентов КИИД, для чего решается задача овладения студентами ее компонентами. Как видно из схемы, сегодня важной особенностью проектирования методической системы является взаимодействие работодателей и образовательных организаций, реализуемое в виде участия работодателей в разработке профессиональных стандартов; итогом выступают основные профессиональные образовательные программы (ОПОП). Это обстоятельство подтверждается усилением роли специалистов-производственников в составе государственных экзаменационных комиссий. Тем самым реализуется не только независимая оценка качества подготовки выпускников вузов со стороны работодателей, но и требования профессиональных стандартов.

Концептуальный компонент модели отражает содержание гипотезы исследования о том, что эффективность подготовки студентов технических вузов к ИИД повысится, если она будет основана на вовлечении их во все этапы инновационного цикла ИИД, организованного на основе технологий быстрого прототипирования.



Р и с. 1. Педагогическая модель методической системы

F i g. 1. Pedagogical model of methodological system

Содержательный компонент служит для создания образовательной среды, в которой реализуется рассматриваемая модель. Он является развитием этого компонента в моделях, подробно описанных нами в предыдущих исследованиях [1; 11] и включающих фундаментальные законы, понятия, научно-технические теории, законы развития техники, методы инженерного творчества и его интенсификации, основы интеллектуальной собственности и патентования.

Отличительной особенностью этого компонента является то обстоятельство, что в его рамках, опираясь на содержание ранее изучаемой обучающимися дисциплины ОИИД, нами было спроектировано содержание новой дисциплины «Технологии и средства быстрого прототипирования в машиностроении». Ее модульная структура во взаимосвязи с модулями дисциплины ОИИД и достигаемыми результатами представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Структура содержательного компонента
T a b l e 1. Structure of the content component

Этапы / Stages	Учебные модули / Training modules	Формируемые компоненты ИИД / Formed components of innovative engineering activities
Предшествующая дисциплина ОИИД / Previous course in		
1. Постановка проблемы (задачи) / Formulation of the problem (tasks)	1. Техническая система / Technical system 2. Методы активизации творческого мышления / Methods of activating creative thinking	1. Способность осваивать готовые решения, новую технику и технологии / The ability to master ready solutions, new technology and technology. 2. Способность определения условий конкуренции / The ability to determine the conditions of competition. 3. Готовность работать в команде / The ability to determine the conditions of competition. 4. Способность использовать инструментальные средства для решения задач / The ability to use tools for problems. 5. Владение знаниями / Knowledge. 6. Способность ставить задачу / The ability to set a task
2. Синтез технического решения / Synthesis of technical solutions	1. Методы решения изобретательских задач / Methods for solving inventive problems 2. АРИЗ / ARIZ	7. Способность синтезировать решение, изобретать / The ability to synthesize a solution, to invent. 8. Способность оперативно принимать решение и готовность нести за него ответственность / The ability to make a decision promptly and be ready to bear responsibility for it
Изучаемая дисциплина «Технологии и средства быстрого прототипирования» / Course in “Technologies and means of rapid prototyping in engineering”		
3. Проектирование изделия (3D-моделирование) / Product Design (3D Modeling)	1. Компьютерное проектирование / Computer-aided design 2. Трехмерное моделирование / 3D modeling 3. Трехмерное сканирование / 3D scanning	9. Способностью разрабатывать компьютерные модели исследуемых процессов и систем / The ability to develop computer models of the studied processes and systems. 10. Способность проектировать / Ability to design. 11. Способность разрабатывать проекты реализации инноваций с использованием теории решения нестандартных инженерных задач / The ability to develop projects for the implementation of innovations using the theory of solving non-standard engineering problems. 12. Способность конструктивного мышления, анализа и синтеза / The ability of constructive thinking, analysis and synthesis
4. Изготовление прототипа (3D-печать) / Prototyping (3D printing)	3D печать изделий / 3D printing of products	13. Способность изготавливать материальные продукты с использованием высоких технологий / The ability to produce material products using high technologies
5. Изготовление и тиражирование готового изделия (МИП) / Production and printing of finished products (IIP)	Вакуумное литье в силиконовые формы – тиражирование / Vacuum molding in silicone molds – product replication	14. Способность к представлению решения в конечном виде / The ability to represent a solution in a finite form. 15. Способность определять тенденции развития объекта / The ability to determine the development trends of the object



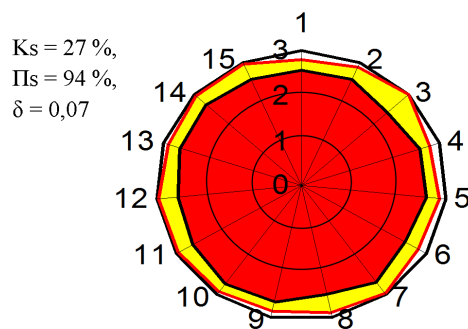
Как видно из таблицы, она дополнительно включает содержание 3D-моделирования, АТ, изготовления материального инновационного продукта в виде изделия, его тиражирование и их атрибутов. В основе его проектирования положена интеграция теоретических знаний и практических навыков получения НИП с практикой получения МИП на основе аддитивных технологий, с использованием принципов генерализации, структуризации, МПС и единства фундаментальности и профессиональной направленности.

В основу проектирования процессуально-технологического компонента модели положена интеграция нескольких областей знаний (педагогика, инноватика, аддитивных технологий, 3D-моделирования и др.). Он традиционно включает методы, формы и средства обучения, педагогические технологии обучения, а также высокотехнологичные средства обучения [28]. Это позволяет вовлекать студентов во все этапы инновационного цикла (табл. 1). Этот компонент реализуется в Центре проектирования и быстрого прототипирования «Рapid-Про», созданном в МГУ им. Н. П. Огарева. Все формы занятий по вышеуказанной дисциплине носят исследовательский характер и построены на использовании электронных ресурсов глобальной сети Интернет, оборудования Центра, программных графических редакторов. Самостоятельно выполняя задания, студенты не только глубже и полнее овладевают знаниями 3D-технологий, но и приобретают умения в проектировании и создании САД моделей, а следовательно, и овладевают компонентами КИИД.

Рефлексивно-диагностический компонент модели представляется разработанной авторами методикой подведения итогов педагогического эксперимента и предполагает диагностику и самодиагностику уровня сформированности КИИД и реализуется через систему заданий [29].

Этот компонент был реализован в рамках проведения обучающего этапа педагогического эксперимента, в ходе которого сравнивалась эффективность формирования компонентов КИИД до

и после обучения магистрантов дисциплине «Технологии и средства быстрого прототипирования в машиностроении». Его результаты представлены на рис. 2.



■ – до обучения / before training

■ – после обучения / after training

Р и с. 2. Диаграмма изменения среднего показателя КИИД (на рисунке цифрами обозначены компоненты КИИД)

Fig. 2. Diagram showing the change average competence in innovative engineering activities (in figure shows the components of the competence in innovative engineering activities using digits)

Количественная оценка уровня сформированности у студентов компонентов КИИД определялась по среднему показателю динамических рядов C , вычисляемому по формуле:

$$C = (a + 2b + 3c) / 100,$$

где a , b , c – удельный вес студентов имеющих соответственно низкий (1), средний (2) и высокий (3) уровень подготовки, %.

Показатель темпа роста (K) по каждому компоненту ИИД вычислялся по формуле:

$$K = C_d / C_{п}$$

где C_d и $C_{п}$ – соответственно значение показателей до и после эксперимента.

Из диаграммы (нумерация каждой оси соответствует нумерации компетенции в таблице 1) видно, что:

1) уровень владения студентами всеми компетенциями практически одинаков;

2) по сравнению со значениями показателя C до эксперимента (в среднем $C = 2,5$) по всем компетенциям у студентов после эксперимента он вырос до среднего

значения $C = 2,9$. На описанной диаграмме приведены значения коэффициента темпа роста ($K_s = 27\%$), степени полноты формирования КИИД ($P_s = 94\%$), коэффициента неравномерности формирования компетенций ($\delta = 0,07$), подтверждающие высокую эффективность реализации системы.

Завершая этот раздел, отметим, что разработанная и представленная педагогическая модель, являясь неотъемлемой частью методической системы подготовки студентов технических университетов к ИИД на основе вовлечения их во все этапы инновационного цикла ИИД в процессе обучения аддитивным технологиям, наглядно демонстрирует единство и взаимодействие ее компонентов. Описанная структура содержательного компонента (рис. 1) иллюстрирует вовлечение обучающихся в процесс аудиторного изучения дисциплины «Технологии и средства быстрого прототипирования» во все этапы инновационного цикла ИИД, реализуя интеграцию теоретического и практического обучения ИИД. Высокая эффективность такого обучения подтверждается статистическими данными педагогического эксперимента организованного в рамках рефлексивно-диагностического компонента модели.

Обсуждение и заключения

Описанные в статье исследования позволили теоретически обосновать, создать и реализовать новую эффективную методическую систему обучения студентов технических вузов ИИД. Она обеспечивает вовлечение обучающихся во все этапы инновационного цикла ИИД с получением материального инновационного продукта – изготовление (печать на 3D-принтере) на основе синтезированного нового решения, спроектированного и смоделированного ими изделия в течение изучения учебного курса во время аудиторных занятий. Это значительно повышает эффективность подготовки студентов к ИИД, поскольку обеспечивает реализацию междисциплинарного подхода к обучению и интеграцию теоретического и практического

обучения инновационной деятельности, что подтверждается количественными результатами педагогического эксперимента: стабильностью уровней владения студентами различными компонентами КИИД, ростом среднего значения показателя C , а для отдельных компонентов максимального значения равного 3 при коэффициенте темпа роста $K_s = 27\%$ и степени полноты формирования КИИД $P_s = 94\%$.

В настоящее время в вузе продолжают начатые исследования, направленные на поиск новых методов и технологий, обеспечивающих повышение эффективности подготовки студентов к ИИД и перекликающиеся с последними задачами университета в реализации Стратегии научно-технологического развития РФ и Национальной технологической инициативы. В частности, это технологии на основе встраивания в базовые дисциплины гибкого учебного модуля теоретической подготовки к ИИД; встраивания в базовые дисциплины модуля практической подготовки к ИИД; обучения получению МИП при изучении аддитивных технологий [29]; разрабатывается методическая система обучения ИИД, в основу которой положена парадигма о том, «...что главным инновационным продуктом вуза является востребованный предприятиями и обществом в целом образованный интеллектуальный человеческий капитал» [24].

В рамках выполненного исследования получены важные практические результаты, среди которых программа обучения дисциплине «Технологии и средства быстрого прототипирования в машиностроении»; методики обучения 3D-моделированию, аддитивным технологиям, быстрому прототипированию, литью в силиконовые формы и др. Это позволит в ближайшем будущем разработать и реализовать магистерскую программу «Инноватика. Аддитивные технологии и новые материалы», что обеспечит подготовку кадров для инновационного высокотехнологичного производства шестого технологиче-



ского уклада, тесно перекликающегося с социальными потребностями общества.

Особенностью предлагаемой статьи является то обстоятельство, что в ней впервые предложена и успешно реализована интеграция теоретического и практического обучения ИИД и междисциплинарная интеграция различных отраслей науки в реальном учебном процессе, что существенно повышает эффективность подготовки студентов к ИИД. Описанные в работе методы

и подходы с высокой степенью воспроизводимости могут быть реализованы в других вузах страны. Это особенно важно при переходе к цифровой экономике страны, так как описанные в работе и задействованные в производстве инновационных продуктов аддитивные технологии являются одними из основных технологий экономики будущего, и потребность в формировании у студентов компетенций владения ими будет только возрастать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разработка педагогической модели подготовки студентов национальных исследовательских университетов к инновационной деятельности при комплексном обучении этой деятельности / Е. А. Бобровская [и др.] // Интеграция образования. 2015. Т. 19, № 2. С. 39–47. DOI: 10.15507/Inted.079.019.201502.039
2. Попов А. И., Пучков Н. П. К вопросу о воспитании готовности студентов к инновационной деятельности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. 2009. № 4 (12). С. 118–124. URL: <https://vdocuments.mx/-5750a9911a28abcf0cd13ddf.html> (дата обращения: 01.06.2018).
3. Johnson T. Applications of Intuitionistic fuzzy sets in the academic career of the students // Indian Journal of Science & Technology. 2017. Vol. 10, issue 34. DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i34/94944
4. Пучков Н. П., Попов А. И. Инновационные подходы к формированию творческих компетенций в системе обеспечения качества профессионального образования // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2008. Т. 1, № 1. С. 165–173. URL: <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2008/01g/25g.pdf> (дата обращения: 01.06.2018).
5. Abdulaeva P. Z., Osmanova A. A., Abdulaeva Kh. S. The formation of value-semantic components of the competence of a future teacher in the professional deyatelnosti // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. No. 2. P. 1. URL: <http://www.science-sd.com/461-24800> (дата обращения: 29.11.2017).
6. Integrated technology of competence staged formation in innovation through pedagogy of cooperation / N. I. Naumkin [et al.] // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 27, issue 7. Pp. 935–938. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.27.07.13725
7. Попов А. И. Формирование креативной среды для развития специалиста // Успехи современного естествознания. 2004. № 8. С. 93–94. URL: <https://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=13298> (дата обращения: 29.11.2017).
8. Педагогика сотрудничества как интегрирующая технология в методике обучения инновационной деятельности в региональных летних научных студенческих школах / Н. И. Наумкин [и др.] // Регионоведение. 2013. № 4. С. 74–86. URL: http://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2013_4.pdf (дата обращения: 29.11.2017).
9. Interrelation and interference of the competence components in innovative engineering activity / N. I. Naumkin [et al.] // European journal of natural history. 2014. No. 2. Pp. 39–41. URL: <http://world-science.ru/en/article/view?id=33276> (дата обращения: 29.11.2017).
10. Savin I. Machine-building educational cluster. Innovative approach to training of engineers // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. No. 2. URL: <http://www.science-sd.com/461-24792> (дата обращения: 29.11.2017).
11. Грошева Е. П., Наумкин Н. И., Фролова Н. Н. Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной деятельности на основе компетентностного подхода // Интеграция образования. 2010. № 4 (61). С. 28–33. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/10-4.pdf> (дата обращения: 29.11.2017).

12. Вишнякова И. В. Организационно-педагогические условия становления компетентности инженера в области менеджмента интеллектуальной собственности // Высшее образование сегодня. 2010. № 10. С. 27–29.
13. Попов А. И. Психолого-педагогические особенности подготовки специалиста к инновационной деятельности // Фундаментальные исследования. 2006. № 7. С. 88–91. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5213> (дата обращения: 29.11.2017).
14. Линенко О. А. Категория «инженерная деятельность» и профессионально-психологический портрет личности инженера // Высшее образование сегодня. 2011. № 5. С. 10–16.
15. Особенности подготовки студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2013. № 4. С. 4–14. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/13-4.pdf> (дата обращения: 29.11.2017).
16. Глотова Г. В. Британский подход к подготовке студентов технических вузов к инновационной деятельности // Интеграция образования. 2006. № 1. С. 34–39. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/06-1.pdf> (дата обращения: 29.11.2017).
17. Курилева Н. Л. Модель методики развития технических способностей учащихся при обучении физике в основной школе Курилева // Вестник Бурятского государственного университета. 2007. № 10. С. 64–68.
18. Гурье Л. И. Концептуальные основы методологической составляющей многоуровневой подготовки инженеров // Инженерное образование. 2005. № 3. С. 44–49. URL: http://www.ac-raee.ru/files/io/m3/art_7.pdf (дата обращения: 29.11.2017).
19. Бабикова А. В., Федотова А. Ю., Шевченко И. К. Проблемы и перспективы развития инженерного образования в инновационной экономике // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2011. № 2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/435> (дата обращения: 29.11.2017).
20. Соснин Н. В. О структуре содержания обучения в компетентностной модели // Высшее образование в России. 2013. № 1. С. 20–23. URL: <http://vovr.ru/ind2013.html> (дата обращения: 29.11.2017).
21. Агранович Б. Л., Чучалин А. И., Соловьев М. А. Инновационное инженерное образование // Инженерное образование. 2003. № 1. С. 11–14. URL: <http://aeer.ru/ru/magazin.htm> (дата обращения: 01.06.2018).
22. Агранович Б. Л., Чудинов В. Н. Системное проектирование содержания подготовки инженеров в области высоких технологий / Б. Л. Агранович [и др.] // Инженерное образование. 2003. № 1. С. 32–38. URL: <http://aeer.ru/ru/magazin.htm> (дата обращения: 01.06.2018).
23. Шекиаева Н. Н. Методическая система поэтапного формирования у студентов технических вузов компетентности в инновационной деятельности // Современное машиностроение. Наука и образование. 2013. № 3. С. 557–564.
24. Пучков Н. П., Попов А. И. К вопросу проектирования образовательной среды вуза, ориентированной на формирование творческих компетенций выпускников // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2008. Т. 14, № 4. С. 988–1001. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_14/pdf/14_4_022.pdf (дата обращения: 29.11.2017).
25. Попов А. И., Поляков Д. В. Методические вопросы разработки адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы обучающихся // Эко-потенциал. 2016. № 3 (15). С. 18–28. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5722> (дата обращения: 29.11.2017).
26. Пучков Н. П., Попов А. И. Методологические аспекты подготовки студентов технических вузов к творческому саморазвитию // Инновации в образовании. 2013. № 7. С. 53–60. URL: <http://www.edit.muh.ru/content/mag/jour3.php?link=io072013> (дата обращения: 29.11.2017).
27. Особенности формирования проектных компетенций у студентов технических вузов при обучении их цифровому производству / Е. А. Кильмяшкин [и др.] // Современные проблемы теории машин. 2015. № 3. С. 75–78. URL: <http://srcms.ru/issue1.html> (дата обращения: 29.11.2017).
28. Методика обработки экспериментальных данных по оценке эффективности подготовки студентов к инновационной деятельности / Н. И. Наумкин [и др.] // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2016. Т. 16, № 1. С. 98–102. URL: <http://lib.krsu.edu.kg/uploads/files/public/6788.pdf> (дата обращения: 29.11.2017).
29. Ломаткин А. Н., Кильмяшкин Е. А., Кильмяшкина А. А. Выполнение курсового проекта по прикладной механике с применением аддитивных технологий // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2016. № 3. С. 103–107. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_27543487_72963693.pdf (дата обращения: 29.11.2017).

Поступила 18.12.2017; принята к печати 09.04.2018; опубликована онлайн 28.09.2018.

*Об авторах:*

Наумкин Николай Иванович, заведующий кафедрой основ конструирования механизмов и машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68/1), доктор педагогических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1109-5370>**, **Scopus ID: 56003962600**, **Researcher ID: L-4643-2018**, naumn@yandex.ru

Грошева Елена Петровна, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68/1), кандидат педагогических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4654-4869>**, **Scopus ID: 57191541253**, gymbio@mail.ru

Кондратьева Галина Александровна, аспирант кафедры основ конструирования механизмов и машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68/1), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6388-147X>**, **Scopus ID: 57192686563**, mapr-electric@mail.ru

Купряшкин Владимир Федорович, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68/1), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-509X>**, **Scopus ID: 57191539821**, **Researcher ID: L-5153-2018**, kupwf@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Наумкин Николай Иванович – научное руководство; формулирование основной концепции исследования; подготовка начального варианта текста.

Грошева Елена Петровна – развитие методологии; критический анализ и доработка текста.

Кондратьева Галина Александровна – сбор данных и доказательств; проведение экспериментов.

Купряшкин Владимир Федорович – формализованный анализ данных; сбор данных и доказательств.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Bobrovskaya E.A., Naumkin N.I., Kupryashkin V.F., Shekshayeva N.N. Development of pedagogical model of training students in innovative activity at the National Research Universities practicing comprehensive teaching of this activity. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2015; 19(2):39-47. (In Russ.) DOI: 10.15507/Inted.079.019.201502.039
2. Popov A.I., Puchkov N.P. [On the issue of education of students' readiness for innovative activity]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Gumanitarnye nauki* = News of Higher Educational Institutions. Volga Region. Humanities. 2009; 4(12):118-124. Available at: <http://vdocuments.mx/-5750a9911a28abcf0cd13ddf.html> (accessed 01.06.2018). (In Russ.)
3. Johnson T. Applications of Intuitionistic fuzzy sets in the academic career of the students. *Indian Journal of Science & Technology*. 2017; 10(34). DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i34/94944
4. Puchkov N.P., Popov A.I. Innovative approaches to the formation of creative competence in the system of quality support of professional training. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* = Questions of Modern Science and Practice. Vernadskiy University. 2008; 1(1): 165-173. Available at: <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2008/01g/25g.pdf> (accessed 01.06.2018). (In Russ.)
5. Abdulaeva P.Z., Osmanova A.A., Abdulaeva Kh.S. The formation of value-semantic components of the competence of a future teacher in the professional deyatelnosti. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015; 2:1. Available at: <http://www.science-sd.com/461-24800> (accessed 29.11.2017).
6. Naumkin N.I., Kupryashkin V.F., Grosheva E.P., Shekshaeva N.N., Panjushkina E.N. Integrated technology of competence staged formation in innovation through pedagogy of cooperation. *World Applied Sciences Journal*. 2013; 27(7):935-938. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.27.07.13725
7. Popov A.I. [Formation of a creative environment for the development of a specialist]. *Uspekhi sovremenno ego estestvoznaniya* = Advances in Current Natural Sciences. 2004; 8:93-94. Available at: <https://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=13298> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)
8. Naumkin N.I., Shekshaeva N.N., Kupryashkin V.F., Panyushkina E.N. Pedagogics of cooperation as technology for innovative activity training methods in regional summer scientific student schools. *Regionologiya* = Regionology. 2013; 4:74-86. Available at: http://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2013_4.pdf (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

9. Naumkin N.I., Grosheva E. P., Kupryashkin V.F., Panyushkina E.N. Interrelation and interference of the competence components in innovative engineering activity. *European Journal of Natural History*. 2014; 2:39-41. Available at: <http://world-science.ru/en/article/view?id=33276> (accessed 29.11.2017).

10. Savin I. Machine-building educational cluster. Innovative approach to training of engineers. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015; 2. Available at: <http://www.science-sd.com/461-24792> (accessed 29.11.2017).

11. Grosheva E.P., Naumkin N.I., Frolova N.N. [Training of students of national research universities for innovative activities on the basis of a competence approach]. *Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education*. 2010; 4(61):28-33. Available at: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/10-4.pdf> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

12. Vishnyakova I.V. Organizational and pedagogical conditions of becoming an engineer in the field of intellectual property management. *Vyssheye obrazovaniye segodnya = Higher Education Today*. 2010; 10:27-29. (In Russ.)

13. Popov A.I. [Psychological and pedagogical features of training a specialist for innovation activities]. *Fundamentalnye issledovaniya = Fundamental Researches*. 2006; 7:88-91. Available at: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5213> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

14. Linenko O.A. Category "engineering activity" and professional-psychological portrait of an engineer's personality. *Vyssheye obrazovaniye segodnya = Higher Education Today*. 2011; 5:10-16. (In Russ.)

15. Naumkin N.I., Grosheva E.P., Shekshaeva N.N., Kupryashkin V.F. Special aspects of training the students of national research universities for innovative engineering activities. *Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education*. 2013; 4:4-14. Available at: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/13-4.pdf> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

16. Glotova G.V. British approach to the preparation of students of technical universities for innovation activities. *Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education*. 2006; 1:34-39. Available at: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/06-1.pdf> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

17. Kurileva N.L. A model of the methodology for developing students' technical abilities in teaching physics at Kurilev main school. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta = Buryat State University Bulletin*. 2007; 10:64-68. (In Russ.)

18. Gurie L.I. Conceptual foundations of the methodological component of multilevel training of engineers. *Inzhenernoye obrazovaniye = Engineering Education*. 2005; 3:44-49. Available at: http://www.ac-rae.ru/files/io/m3/art_7.pdf (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

19. Babikova A.V., Fedotova A.Yu., Shevchenko I.K. Problems and prospects of development of engineering education in the innovation economy. *Inzhenernyy vestnik Dona = Engineering Bulletin of Don*. 2011; 2. Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/435> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

20. Sosnin N.V. About the structure of the content of training in the competence model. *Vyssee obrazovaniye v Rossii = Higher Education in Russia*. 2013; 1:20-23. Available at: <http://vovr.ru/ind2013.html> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

21. Agranovich B.L., Chuchalin A.I., Solovov M.A. [Innovative engineering education]. *Inzhenernoye obrazovaniye = Engineering Education*. 2003; 1:11-14. Available at: <http://aeer.ru/ru/magazin.htm> (accessed 01.06.2018). (In Russ.)

22. Agranovich B.L., Chudinov V.N. [System design of the content of training engineers in the field of high technology]. *Inzhenernoye obrazovaniye = Engineering Education*. 2003; 1:32-38. Available at: <http://aeer.ru/ru/magazin.htm> (accessed 01.06.2018). (In Russ.)

23. Shekshaeva N.N. Methodological system of step-by-step formation of students of technical universities competence in innovation activity. *Sovremennoye mashinostroeniye. Nauka i obrazovaniye = Modern Engineering. Science and Education*. 2013; 3:557-564. (In Russ.)

24. Puchkov N.P., Popov A.I. On the design of the educational environment of the university, focused on the formation of creative competencies of graduates. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Tambov State Technical University Bulletin*. 2008; 14(4):988-1001. Available at: http://vestnik.tstu.ru/ru/t_14/pdf/14_4_022.pdf (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

25. Popov A.I., Polyakov D.V. Methodical questions of the development of the adaptive information system. Eco-potential. 2016; 3(15):18-28. Available at: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5722> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

26. Puchkov N.P., Popov A.I. Methodological aspects of preparing students of technical universities for creative self-development. *Innovatsii v obrazovanii = Innovations in Education*. 2013; 7:53-60. Available at: <http://www.edit.muh.ru/content/mag/jour3.php?link=io072013> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)



27. Kilmyashkin Ye.A., Naumkin N.I., Lomatkin A.N., Zaytsev V.A. Peculiarities of the formation of project competencies for students of technical universities when teaching their digital production. *Sovremennye problemy teorii mashin* = Modern Problems of Theory of Machines. 2015; 3:75-78. Available at: <http://srcms.ru/issue1.html> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

28. Naumkin N.I., Bobrovskaya E.A., Shekshaeva N.N., Kupryashkin V.F., Panyushkina E.N. Methods processing of experimental data to evaluate the effectiveness prepare students for innovation activities. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta* = Kyrgyz-Russian Slavic University Bulletin. 2016; 16(1):98-102. Available at: <http://lib.krsu.edu.kg/uploads/files/public/6788.pdf> (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

29. Lomatkin A.N., Kilmyashkin Ye.A., Kilmyashkina A.A. Implementation of the course project on applied mechanics using additive technologies. *Journal of Advanced Research in Technical Science*. 2016; 3:103-107. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_27543487_72963693.pdf (accessed 29.11.2017). (In Russ.)

Submitted 18.12.2018; revised 09.04.2018; published online 28.09.2018.

About the authors:

Nikolay I. Naumkin, Head of Chair of Foundations of Design of Machines and Mechanisms, National Research Mordovia State University (68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005 Russia), Dr.Sci. (Pedagogy), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1109-5370>**, **Scopus ID: 56003962600**, **Researcher ID: L-4643-2018**, naumn@yandex.ru

Elena P. Grosheva, Associate Professor of Chair of Foundationns of Design of Machines and Mechanisms, National Research Mordovia State University (68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005 Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4654-4869>**, **Scopus ID: 57191541253**, gvmbio@mail.ru

Galina A. Kondratieva, Postgraduate Student of Chair of Foundationns of Design of Machines and Mechanisms, National Research Mordovia State University (68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005 Russia), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6388-147X>**, **Scopus ID: 57192686563**, mapp-electric@mail.ru

Vladimir F. Kupryashkin, Associate Professor of Chair of Foundationns of Design of Machines and Mechanisms, National Research Mordovia State University (68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005 Russia), Ph.D. (Technology), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-509X>**, **Scopus ID: 57191539821**, **Researcher ID: L-5153-2018**, kupwvf@mail.ru

Contribution the authors:

Nikolay I. Naumkin – scientific management; formulation of the basic concepts of research; writing the draft.

Elena P. Grosheva – development of methodology; critical analysis and revision of the text.

Galina A. Kondratieva – collection of data and evidence; conducting the experiments.

Vladimir F. Kupryashkin – formalized data analysis; collection of data and evidence.

All authors have read and approved the final manuscript.