



Разработка педагогической модели многоуровневой и поэтапной подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности

Н. И. Наумкин^{1}, Н. Н. Шекшаева¹, С. И. Квитко²,
М. В. Ломаткина¹, В. Ф. Купряшкин¹, И. В. Коровина¹*
*¹ ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск, Россия,
naumni@yandex.ru

*² Национальная академия наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызская Республика*

Введение. Необходимость инновационной подготовки студентов вузов сегодня ни у кого не вызывает сомнения, однако проблема состоит в том, как наиболее успешно ее реализовать. Целью настоящей статьи является анализ разработки педагогической модели методической системы многоуровневой и многоэтапной подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности.

Материалы и методы. В статье обоснован и сформирован методологический инструментарий исследования в виде подсистемы взаимосвязанных научно-методических подходов, методов и принципов. Интегрированный и междисциплинарный подходы объединили все методы, подходы и принципы; системный, субстратный и структурированный – были направлены на разработку педагогических моделей многоуровневой и поэтапной подготовки студентов. Морфологический метод задействован при составлении моделей интеграции уровней и этапов обучения; гипотетико-дедуктивный – при выдвижении рабочей гипотезы; экспериментальный – для подтверждения гипотезы и эффективности исследований. В основу разработки моделей подготовки к инновационной инженерной деятельности и междисциплинарной интеграции положены принципы многоуровневости и этапности.

Результаты исследования. Разработана морфологическая таблица моделей многоуровневой и поэтапной подготовки студентов технических вузов к инновационной инженерной деятельности. Одна из таких моделей междисциплинарной интеграции общетехнических дисциплин с различными видами деятельности была реализована в три этапа в рамках деловой игры «Конструкторское бюро». Эффективность модели и гипотеза подтверждены в ходе эксперимента. Разработана и реализована педагогическая модель подготовки к инновационной инженерной деятельности на основе междисциплинарной интеграции общетехнических дисциплин с различными видами деятельности. Конкретизирована методика педагогического эксперимента для многоэтапного мониторинга уровня сформированности инновационных компетенций.

Обсуждение и заключение. Полученные результаты исследования являются основанием для методологического и научного обеспечения разработки научной концепции формирования инновационного мышления у студентов. Они представляют научный интерес для ученых, работающих в области теории и методики обучения техническим дисциплинам, и практический интерес для преподавателей технических университетов.

Ключевые слова: инновационная инженерная деятельность, педагогическая модель, методическая система, технология быстрого прототипирования, компетентность, многоуровневость и этапность обучения

Финансирование: работа выполнена при поддержке проекта № 18-013-00342 Российского фонда фундаментальных исследований.

© Наумкин Н. И., Шекшаева Н. Н., Квитко С. И., Ломаткина М. В., Купряшкин В. Ф., Коровина И. В., 2019



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Разработка педагогической модели многоуровневой и поэтапной подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2019. Т. 23, № 4. С. 568–586. DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.097.023.201904.568-586>

Designing the Teaching Model of Multilevel Gradual Training of Students in Innovative Engineering

N. I. Naumkin^{a*}, N. N. Shekshaeva^a, S. I. Kvitko^b,
M. V. Lomatkina^a, V. F. Kupryashkin^a, I. V. Korovina^a
^a National Research Mordovia State University, Saransk, Russia,
^{*} naumn@yandex.ru

^b National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

Introduction. Undoubtedly, today the innovative training of students is a must, but the problem is how to realize it methodologically, meeting contemporary needs of the state and society. The objective of the article is to design a teaching model that would serve the basis for the methodology of training students in innovative engineering, based on multilevel integration and gradual education, adapted to certain conditions of the educational environment.

Materials and Methods. The article developed the methodology for intertwined integrated and interdisciplinary scientific and methodological approaches comprising the unified system. It aimed to develop models of multilevel gradual training of students in innovative engineering. Methods (morphological one, involved in compilation of models for integrating levels and stages of learning; hypothetical-deductive one helping formulate the working hypothesis; experimental one confirming the working hypothesis and aiding to study the efficiency, etc.) and principles (multilevelness and gradualness) formed the basis for the development of models for training in innovative engineering.

Results. The morphological table of models of multilevel gradual training of technical university students in innovative engineering was developed. One model of interdisciplinary integration of general technical disciplines with various types of activity was implemented using three stages (basic, synthesis-modelling, design and production) within the framework of the business game “Design office”. Model efficiency and the hypothesis were confirmed during the experiment.

Discussion and Conclusion. The method was proposed for selecting models of multilevel and gradual training of students in innovative engineering. The methodology for interdisciplinary integration of general technical disciplines with various activities was developed. The methodology of the pedagogical experiment was elaborated for multilevel monitoring of innovative competences’ formedness. All results form the basis for methodological and scientific support in shaping students’ innovative thinking.

Keywords: innovative engineering, teaching model, methodology, rapid prototyping technology, competence, multilevel gradual training

Funding: The research was conducted within the framework of Project No. 18-013-00342 supported by the Russian Foundation for Basic Research.

For citation: Naumkin N.I., Shekshaeva N.N., Kvitko S.I., Lomatkina M.V., Kupryashkin V.F., Korovina I.V. Designing the Teaching Model of Multilevel Gradual Training of Students in Innovative Engineering. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2019; 23(4):568-586. DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.097.023.201904.568-586>

Введение

Последовательно продекларированные государством важные заявления и документы¹ невозможно реализовать

без наличия специалистов, владеющих инновационной инженерной деятельностью (ИИД) – творческой продуктивной деятельностью, результатом которой яв-

¹ «О переходе экономики страны на инновационный путь развития, вхождение в число стран с шестым технологическим укладом», принятие Стратегии научно-технологического развития РФ и Национальной технологической инициативы, подписанный Президентом России В. В. Путиным указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», устанавливающий и утверждающий 12 национальных проектов развития России.



ляется инновационный конкурентоспособный, приносящий эффект продукт. Проблемой подготовки таких специалистов должен быть озабочен каждый вуз. Анализ существующих исследований по данной проблеме показал, что в России и за рубежом задачу подготовки студентов к инновационной в целом и инновационной инженерной деятельности в частности пытаются решать многие учебные заведения высшей школы. Многолетний опыт такой работы накоплен и в Мордовском государственном университете им. Н. П. Огарёва» (МГУ им. Н. П. Огарёва) в виде реализованных научно-методических исследований по подготовке к ИИД для различных уровней образования при обучении различными дисциплинам и в различных образовательных условиях [1–3]. Некоторые из них внедрены в учебный процесс других вузов страны. Однако, по-нашему убеждению, в постоянно изменяющихся условиях обучения, вызванных сменой поколений образовательных стандартов, документов и других факторов, необходима разработка новых гибких интегрированных методических систем обучения ИИД, которые могли бы быть адаптированы к условиям конкретного вуза.

Таким образом, научная проблема рассматриваемого исследования видится авторами в поиске ответа на вопрос, какой должна быть педагогическая модель методической системы многоуровневой и многоэтапной подготовки студентов технических университетов к ИИД в постоянно изменяющихся условиях образовательной среды.

Цель исследования – обосновать возможность проектирования и разработать педагогическую модель, многоуровневой интеграции и поэтапной подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности, адаптируемую к изменяющимся условиям образовательной среды.

Поставленная проблема и сформулированная цель позволяют нам на основе результатов ранее выполненных исследований по обозначенной проблеме [4–6] сформулировать в качестве рабочей следующую гипотезу: эффективность

процесса формирования у студентов технических университетов компетентности в инновационной инженерной деятельности (КИИД) повысится, если он будет построен на основе многоуровневой интеграции и поэтапной подготовки студентов к этой деятельности.

Таким образом, все вышесказанное является основанием необходимости проведения представленных исследований и экспериментального подтверждения эффективности полученных результатов.

Обзор литературы

В ранее опубликованных работах авторов [7–9] выполнен достаточно полный анализ существующих публикаций по проблеме обучения студентов ИИД. Данный анализ и изучение других материалов позволяют разделить их на следующие пять укрупненных групп по подготовке обучающихся к ИИД [10]:

- 1) при обучении различным дисциплинам;
- 2) при обучении отдельным компонентам ИИД;
- 3) при использовании различных научно-методических подходов;
- 4) при использовании проектного обучения;
- 5) на основе применения новых концепций обучения.

В первую группу входят методическая система Н. И. Наумкина [7; 8], используемая при подготовке к ИИД в процессе обучения общетехническим дисциплинам, система Е. П. Грошевой [4; 9] – при обучении патентоведению и техническому творчеству, система Н. Н. Шекшаевой [11] – при обучении дисциплине «Основы инновационной инженерной деятельности» и др. Ко второй мы отнесли методики подготовки к ИИД О. А. Линенко [12] и И. В. Вишняковой [13] – при обучении изобретательству, Г. В. Готовой [14] – при обучении методам решения изобретательских задач (ТРИЗ, АРИЗ), Н. Л. Курилевой [15] и ученых Д. С. Флейт, Э. М. Сорьяно де Аленкар [16], разработанных на основе использования методов развития творческих технических способностей об-

учающихся и др. В третью группу вошли исследования, проводимые на основе использования различных научно-методических подходов: интегрированной методики обучения А. В. Бабилова [17], Н. В. Соснина [18] и О. О. Горшкова [19] – на основе компетентностно-ориентированного подхода, Б. Л. Аграновича [20] – на основе создания цифровой образовательной среды, О. А. Сорокиной [21] – проектирование модели формирования инженерной компетентности будущих бакалавров на основе решения профессионально ориентированных проектных задач и др.

Наиболее интересна четвертая группа исследований, организованных на основе проектного обучения. Так, О. В. Тулупова и В. Ю. Лешер обращают внимание на необходимость формирования компетентности в оценочной деятельности, предполагающей сформированную систему эталонов и критериев оценки различных объектов инженерной деятельности при комплексной инженерной подготовке, с учетом возможности выделения признаков оценки и описания объектов восприятия и преобразования в процессе проектирования [22]. М. А. Ложилова предлагает использовать новые современные педагогические технологии (проектную, модульного обучения, игровые и др.) [23], а группа исследователей под руководством Т. И. Шишеловой считают, что необходимо шире использовать метод проектов, в частности метод сквозного проектирования [24]. В свою очередь, Е. В. Вехтер и И. А. Сафьянников рассматривают модель формирования проектно-конструкторских компетенций как целостную, многоуровневую динамическую систему, состоящую из структуры, содержания, технологий и диагностики формирования проектно-конструкторских компетенций на основе принципов проблемно-ориентированного и проектно-организованного обучения в системе непрерывного обучения проектно-конструкторской деятельности [25]. В. В. Соболева для этого конкретизирует

понятия «проектирование» и «проектировочная деятельность» при реализации метода сквозного проектирования объектов профессиональной деятельности в строительстве на основе использования принципов фундаментальности и профессиональной направленности [26]. С. И. Осипова и Е. Б. Ерцкина обосновывают актуальность и значимость формирования проектно-конструкторской компетентности как ключевой в инженерной деятельности [27].

Постоянно обновляются исследования, отнесенные нами к пятой группе. Так, ученые под руководством И. Д. Столбовой предлагают готовить инженеров, владеющих ИИД, на основе использования ВИМ-технологий (информационного моделирования с новым мышлением в практико-ориентированной образовательной среде) [28]. В Технологическом институте Флориды непосредственно инженерная подготовка начинается с вводного интегрированного инженерного курса, включающего лекционную, лабораторную и логистическую части [29]. Студентоцентрированное обучение учащихся инженерных направлений, включая инновационную подготовку, предлагают также в Китайской Народной Республике [30]. Особый интерес вызывают исследования, посвященные подготовке к ИИД на основе создания систематической методологии [31]. В зарубежных университетах реализуется концепция CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate – «Задумать, спроектировать, внедрить, работать»), предложенная в Массачусетском технологическом институте совместно с участием известных инженерных учебных заведений Швеции. Ученые под началом И. В. Дубовой предлагают основные идеи этой концепции использовать на стадии проектирования содержания и выбора технологий обучения при прохождении интегрированной дисциплины «Введение в инжиниринг» [32]. И. В. Дмитриева уточняет определение ИИД и предлагает развитие ее инфраструктуры [33], что подтверждает публикация С. В. Полутина и А. В. Седлецкого [34]



в рамках исследований по развитию компонентов региональной инновационной системы. Повышение эффективности работы китайской компании Lenovo и индийской RedBus.in за счет использования инноваций подробно описано в работе В. Скуотто и С. Шукла [35].

Рассмотрим исследования, наиболее близко связанные с анализируемой в статье проблемой многоуровневой поэтапной подготовкой студентов к ИИД.

С. В. Сергеев и О. А. Воскресенко затрагивают вопросы подготовки инженерных кадров в многоуровневой системе непрерывного образования, для чего создают новую модель обучения [36]. Систему поэтапного обучения выполнению проектно-конструкторской деятельности при изучении физики предлагает А. Г. Валишева [37]. Для этого ею разработана и реализована методика обучения студентов технических вузов, включающая 3 этапа (применение студентами сформированных компонентов профессиональных компетенций, формирование новых компетенций и их компонентов). Ч. Гудзинь при обучении предпринимательству и инновациям считает возможным применять режим поэтапного обучения для подготовки студентов к базовым навыкам, навыкам применения знаний, инженерному проектированию, научным исследованиям и разработкам, а также интегрированным инновационным возможностям [38]. Одним из примеров многоуровневой и поэтапной подготовки студентов к ИИД является модель, предложенная Н. И. Наумкиным, в которой уровни характеризуются сложностью решаемых задач (от первого – самого простого до 5 – самого сложного)², созвучной с классификацией сложности изобретательских задач Г. С. Альтшуллера. Этапы соответствуют последовательности каждого отдельно взятого цикла учебного действия. Интересная многоуровневая поэтапная интеграция подготовки к ИИД описана в работе Е. П. Грошевой,

в которой рассматриваются сложившиеся уровни высшего образования в РФ (бакалавриат, магистратура, аспирантура) [9].

Особый интерес представляет подход исследователей МГУ им. Н. П. Огарёва, предложившими одними из первых использовать многоуровневую интеграцию подготовки к ИИД бакалавров при изучении общетехнических дисциплин, читаемых преподавателями одной кафедры, что позволяет организовать трехуровневое обучение ИИД [10].

Таким образом, многоуровневая и поэтапная подготовка инженерных кадров к профессиональной деятельности, включая подготовку к инновационной деятельности, не нова и эффективно используется в различных российских и зарубежных вузах. Однако в исследованиях отсутствует единое понимание многоуровневости и этапности, тем более выстраивание их в единую целостную методическую систему. Большинство исследователей также не различают понятия уровней и этапов, подразумевая под ними разную сложность решаемых проблем и задач. В связи с этим авторы впервые предложили и успешно реализовали педагогическую модель многоуровневой и поэтапной подготовки студентов технических вузов к инновационной инженерной деятельности на основе всесторонней интеграции различных видов деятельности.

Материалы и методы

В данном исследовании, как и во многих других, использовалась система научно-методических подходов, методов и принципов: интегрированный, междисциплинарный, системный, субстратный и структурированный общенаучные подходы, морфологический, гипотетико-дедуктивный и экспериментальный методы исследования, общенаучные принципы многоуровневости и многоэтапности.

Использование в работе взаимосвязанных интегрированного и междисциплинарного подходов позволило объ-

² Наумкин Н. И. Повышение уровня подготовки студентов технических вузов в процессе формирования у них СИИД // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. С. 520–522.

единить в описываемой модели все ее компоненты, а в технологическом – знания, виды деятельности, технологии и методы из различных сфер жизнедеятельности человека (педагогика, моделирования, быстрого прототипирования, ИИД и др.) [1].

При разработке педагогических моделей многоуровневой и поэтапной подготовки студентов к ИИД были использованы системный, субстратный и структурированный научные подходы [2]. Системный подход позволил конкретизировать состав педагогических моделей многоуровневой и поэтапной подготовки к ИИД, структурный – выстроить строгую иерархию этапов и ступеней моделей, субстратный – выявить в структуре модели субстрат в виде отдельно взятого этапа.

Рабочая гипотеза исследования о повышении эффективности многоуровневой и многоэтапной инновационной подготовки студентов была выдвинута на основе использования гипотетико-дедуктивного метода приближения к ее окончательной формулировке [39].

Для перебора всех возможных вариантов интеграции, задействованных в работе факторов и последующей разработке модели обучения ИИД, использовались общенаучные методы классификации и морфологического анализа [40], в частности, при составлении матрицы модели многоуровневой и многоэтапной подготовки к ИИД применялась 3-мерная прямоугольная призма с осями: виды интеграции, этапы подготовки, разновидности каждого вида интеграции.

Многоуровневость и этапность обучения – это два взаимосвязанных понятия, определяющих направления исследования. При этом под этапом обучения (формирования, подготовки) будем понимать логически заверченный период времени обучения, в течение которого достигаются планируемые цели. Каждому такому этапу присущи определенные отличительные характеристики:

1) многоэтапность – совокупность иерархически взаимосвязанных, последовательно реализуемых этапов (чем

выше планируемый конечный результат, тем больше этапов);

2) каждый этап имеет свои цели и задачи, требования к уровню сформированности компетенций, или их компонентов, приемы, методы и средства обучения;

3) «открытость» каждого отдельного этапа, означающая взаимосвязанность с предыдущими и последующими этапами (цели, содержание, методы, средства предыдущего этапа – есть основание и база для освоения последующего);

4) временная ограниченность каждого этапа, регламентируемая рамками, необходимыми и достаточными для реализации поставленных целей.

При достижении поставленных целей этапа или их цикла осуществляется переход на новый качественный уровень обучения. Уровень образования – это оконченный образовательный цикл, для которого характерны определенные требования, сформулированные исследователем, учреждением, государственными органами, стандартами и др. В педагогике эти принципы аналогичны принципам последовательности и систематичности [41], в соответствии с которым преподавание и обучение ведутся в логической последовательности по составленному плану, содержание дисциплины дифференцируется на законченные разделы (модули, параграфы и др.); модели обучения при этом имеют иерархическую структуру.

В данном исследовании под уровнем образования (бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура), под этапом – логически заверченный цикл обучения (подготовки, формирования и др.).

Результаты исследования

Для подтверждения сформулированной гипотезы исследования на основе интегрированного, системного, субстратного и структурированного научных подходов, с использованием морфологического анализа была составлена система взаимосвязанных моделей многоуровневой и поэтапной подготов-



ки студентов технических вузов к ИИД (табл. 1). В основу этой системы была положена видовая интеграция, имеющая свою структуру и реализуемая в несколько этапов.

В представленной таблице внутридисциплинарный вид интеграции реализуется во всех дисциплинах, имеющих модульную структуру. Ярким примером такого вида интеграции являются педагогические модели методических систем подготовки студентов к ИИД при обучении инженерному творчеству [3], интегрированной дисциплине «Основы инновационной инженерной деятельности» (ОИИД) [5; 11] и др.

Большие возможности повышения эффективности обучения ИИД заложены в междисциплинарной интеграции (табл. 1):

1) одного цикла дисциплин (естественно-научного, общетехнического,

гуманитарного, общепрофессионального, профессионального), например, методическая система Н. И. Наумкина – при интеграции в дисциплине «Механика», основных разделов дисциплин «Сопротивление материалов», «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин» (ТММ) и «Детали машин и основы конструирования» (ДМиОК) [6];

2) дисциплин разных циклов (естественно-научной с общетехнической, общетехнической с профессиональной и др.), например, методическая система интеграции физики и теоретической механики с дисциплиной ТММ и со специальными дисциплинами [6]. Этот вид интеграции заложен во всех основных профессиональных образовательных программах, но в данном случае речь идет о мобилизации ресурсов указанных дисциплин на решение конкретной задачи – подготовки к ИИД;

Т а б л и ц а 1. Модели многоуровневой и многоэтапной подготовки к ИИД

Table 1. Models of multi-level and multi-gradual preparation for IE

Вид интеграции / Types of integration	Структура (характеристика интеграции) / Structure (integration characteristic)			
1. Внутридисциплинарная / Intradisciplinary	Модуль 1 / Module 1	Модуль 2 / Module 2	Модуль 3 / Module 3	Модуль N / Module N
2. Междисциплинарная / Interdisciplinary	Одного цикла / Single cycle	Разных циклов / Different cycles	Разных направлений / Different directions	С видами деятельности / With activities
3. Многоуровневая / Multilevel	Бакалавриат / Bachelor's degree	Магистратура / Master's degree	Специалитет / Specialist's degree (5-year curriculum)	Аспирантура / Postgraduate school
4. Комбинированная / Combined	Внутридисциплинарная с междисциплинарной / Intradisciplinary with interdisciplinary		Внутридисциплинарная с многоуровневой / Intra-disciplinary with multilevel	
	Междисциплинарная с многоуровневой / Interdisciplinary with multilevel		Другие комбинации / Other combinations	
Этапы цикла учебного познания / Stages of the cycle of educational knowledge				
1 этап / Stage 1	2 этап / Stage 2	3 этап / Stage 3	4 этап / Stage 4	5 этап / Stage 5
Этапы подготовки обучения / Stages of training				
1 этап / Stage 1	2 этап / Stage 2	3 этап / Stage 3	4 этап / Stage 4	N этап / Stage N

3) дисциплин разных направлений подготовки, позволяющей проектировать новые образовательные траектории обучения, решая конкретные задачи, например, интеграция дисциплины ТММ с дисциплиной «Аддитивные технологии» (АТ) обеспечила вовлечение студентов во все этапы цикла ИИД;

4) дисциплин с видами деятельности – обеспечивает моделирование квази-профессиональной среды (дисциплина с деловой игрой, дисциплина с НИР, дисциплина с деятельностью малого инновационного предприятия (МИП) и др.). Например методическая система, объединяющая основные компоненты инженерной подготовки (дисциплин с ВСО, НИР, НИРС, летние научные школы) [6].

Наиболее востребована сейчас многоуровневая интеграция (интеграция уровней образования), основной задачей которой является эффективное проектирование образовательных программ различных уровней с целью их согласования и направления на решение главных задач при оптимальных значениях материальных, временных и других затрат. Одним из примеров такой интеграции является описанная в работе Е. П. Грошевой система подготовки к ИИД бакалавров, магистрантов и аспирантов, основанная на последовательном обучении взаимосвязанным соответственно указанным уровням, дисциплинам [9].

Безграничные возможности для решения образовательных задач предоставляет комбинированная интеграция, обеспечивающая объединение различных существующих уровней, этапов, методов и технологий образования и обучения. Так, исследователи МГУ им. Н. П. Огарёва разработали и реализовали методическую систему формирования способностей к ИИД на основе интеграции компонентов инженерной подготовки, дисциплин различных циклов с видами творческой деятельности студентов [6].

Рассмотренный выше материал относится в основном к видам интеграции. В таблице 1 этапы представлены двояко: с одной стороны, это этапы обучения (формирования, подготовки и т. п.),

подробно описанные нами в разделе «Материалы и методы», с другой – это этапы учебного познания при прохождении каждого единичного акта обучения, реализуемого в пять действий: изучение и анализ, переход от конкретного к абстрактному, формулирование выводов, применение полученных знаний, переход от абстрактного к конкретному.

Практически все представленные модели в той или иной степени проработанности опробованы в учебном процессе авторами статьи.

Рассмотрим описание разработанной и успешно реализованной нами в учебном процессе МГУ им. Н. П. Огарёва модели междисциплинарной интеграции дисциплин одного цикла с инженерным творчеством и изобретательством, цифровыми технологиями моделирования и производства деталей (АТ) и узлов сельскохозяйственной техники (видами деятельности), направленной на подготовку студентов к ИИД (табл. 2). Модель реализуется последовательно при обучении ИИД бакалавров направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» с 3 по 5 семестры в три этапа.

1 этап – базовый – включает обучение интегрированной дисциплине ОИИД, направленной непосредственно на формирование у студентов КИИД и состоящей из таких разделов, как ИИД, инженерное творчество, интеллектуальное право, патентные исследования. Методика ее проектирования и реализации подробно описана в предыдущих работах авторов [5; 6]. Основным результатом ее изучения является получение студентами технического решения в виде комплекта заявительских документов на изобретение, полезную модель и др. – нематериальный инновационный продукт (НИП). Как видно из таблицы 2 на данном этапе студентами синтезировано техническое решение «Адаптивный рабочий орган для почвообрабатывающей фрезы с изменяемым углом резания ножей», оформлена необходимая документация в виде заявки на получение патента на одноименное изобретение. Дисциплина включена в 3-й семестр учебного плана



вышеуказанного направления подготовки. На этом этапе интегрируются знания перечисленных разделов дисциплины с изобретательской деятельностью на основе использования общенаучных методов анализа-синтеза, наблюдения, сопоставления, заключения и др.

2 этап – синтез-моделирование. В основе его реализации лежит изучение дисциплины ТММ – дисциплины об общих законах исследования и создания механизмов и машин, включающей следующие разделы: структурный и метрический, кинематический и динамический анализ и синтез механизмов. Она изучается в 4-м семестре и ее особенностью является наличие такой эффективной формы занятий, как курсовое проектирование. В результате работы над проектом синтезируется сложная поверхность пространственного кулачка, определяющего требуемый закон движения рабочих органов вышеупомянутой фрезы, создается его 3D-модель, распечатываемая на 3D-принтере (табл. 2). На данном этапе интегрируются знания общетехнической дисциплины ТММ с 3D-моделированием и 3D-печатью (цифровое производство) на основе использования общенаучных методов анализа-синтеза, сквозного проектирования, наблюдения, сопоставления, заключения и формулируется техническое задание (ТЗ) для 3 этапа.

3 этап – проектно-производственный (заключительный) – основан на изучении дисциплины ДМиОК, в которой рассматриваются основы проектирования и конструирования деталей и узлов общего назначения, встречающиеся в различных механизмах, установках и машинах, с целью изучения устройств, принципа их работы, овладения методиками расчета и проектирования деталей машин и механизмов общего назначения. Главное отличие этого этапа состоит в решении реальных задач по расчету, проектированию, конструированию, изготовлению и сборке узлов машины.

На третьем этапе задействованы методы цифрового проектирования и производства. Изготавливаются от-

дельные детали для последующей сборки действующего макета механизма. В таблице 2 представлен такой механизм регулирования углов резания фрезы – главный результат реализации всех этапов подготовки студентов к ИИД. На данном этапе интегрируются знания общетехнических дисциплин ТММ и ДМиОК с 3D-моделированием и 3D-печатью на основе использования общенаучных методов анализа-синтеза, сквозного проектирования, наблюдения, сопоставления, заключения и др.

Методика такого обучения ИИД реализуется в рамках разработанной авторами деловой игры «Конструкторское бюро» [6] (табл. 2). Она начинается на первом этапе и продолжается на последующих, во всех формах занятий (лекционных, лабораторных, практических, курсовом проектировании, СРС и др.). Интеграция этапов обеспечивается за счет реализации сквозного проектирования (каждый этап заканчивается формулированием ТЗ для последующего этапа), принципов межпредметных и междисциплинарных связей. В ходе деловой игры из группы студентов (5–7 чел.) самостоятельно организуется «Конструкторское бюро» (табл. 2), происходит распределение должностей (начальник, главный конструктор, главный метролог, аналитик, генератор идей и др.). На каждом последующем уровне возможна ротация ролей. Каждый этап завершается сдачей экзамена (зачета, курсового проекта и др.), в форме презентации, в которой все сотрудники бюро описывают свою часть работы:

1) об основных понятиях инноватики и разработанном ИП;

2) о методах исследования и синтеза механизмов и машин с яркими примерами их использования, а также представлением МИП (кулачок-регулятор и механизм регулирования углов резания почвообрабатывающей фрезы и привода ходовых колес к ней);

3) о методах проектирования и конструирования деталей и узлов машин и представлением действующего макета



Таблица 2. Модель поэтапного формирования КИИД
Table 2. Model of the gradual formation of CIE

Наименование этапа (дисциплина) / Stage name (subject)	Цель обучения / Learning objectives	Содержание этапа / Stage content	Этапы обучения и диагностики / Stages of training and diagnostics	Трансформация НИП в МИП / Transformation of IP to MP
				Описание / Description
1. Базовый (Основы инновационной инженерной деятельности) / Basic (Basics of innovative engineering)	Формирование знания и психологического компонента КИИД / Formation of knowledge and psychological components of CIE	Инноватика. Методы решения изобретательских задач / Innovation. Methods for solving inventive problems	1. Формирование команды и распределение ролей / Team building and role assignment. 2. Выбор и обоснование задания / Selection and substantiation of the task. 3. Синтез технического решения / Synthesis of technical solutions.	Синтез технического решения / Synthesis of technical solutions
2. Синтез-моделирование (Теория механизмов и машин) / Synthesis-modelling (Theory of mechanisms and machines)	Формирование деятельности компонента КИИД. 3D-моделирование и 3D-печать / Formation of the CIE activity component. 3D modelling and 3D printing	Анализ-синтез механизмов. 3D-моделирование и 3D-печать отдельных деталей / Analysis-synthesis mechanisms. 3D modeling and 3D printing of individual part	4. Оформление документации / Registration of documentation 5. 1-презентация. Оценка УСК / 1-presentation. Evaluation of USK 6. Проектирование схемы / Design and calculation of the scheme. 7. Синтез кулачка / Cam synthesis. 8. 3D-моделирование и печать отдельных деталей / 3D modelling and of individual part. 9. 2-презентация. Оценка УСК / 2-presentation. Evaluation of USK.	3D-модель механизма / 3D model of mechanism
3. Проектно-производственный (Детали машин) / Design and production (machine parts)	Формирование проектных компетенций КИИД / Formation of CIE project competencies	Проектирование изделий. 3D-моделирование и печать изделий / Product design. 3D modelling and printing product	10. Проектирование изделий / Product design. 11. Изготовление и сборка изделия / Manufacturing and assembly of the product. 12. 3-презентация. Оценка УСК / 3-presentation. Evaluation of USK	3D-модель и 3D-печать кулачка / 3D model and 3D printing of cam
				Рабочий орган в сборе изделия / Operating device in the collection-product



механизма регулирования углов резания фрезы – главного результата всей многоэтапной подготовки студентов к ИИД.

Для оценки эффективности формирования КИИД по предложенной модели обучения до начала обучения и после каждого этапа проводился сравнительный педагогический эксперимент в контрольной и экспериментальной группах бакалавров направления 35.03.06 «Агроинженерия». В контрольную группу были включены студенты профиля «Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» (26 чел.), в экспериментальную – «Технические системы в агробизнесе» – 25 чел. Такой выбор групп не был случайным, поскольку именно по этим направлениям средние показатели полученных результатов экзаменационных сессий на I и II курсах были примерно одинаковы. В контрольной группе велось обучение перечисленным дисциплинам по обычному учебному плану, а в экспериментальной – по предложенной модели.

В ходе эксперимента контролировался уровень владения выявленных ранее авторами компетенций [3], определяющих КИИД: умения выделять проблему и ставить задачу, синтезировать решение задачи, изобретать, принимать решение и нести за него ответственность, представлять решение в конечном виде, осваивать готовое решение, работать в команде, проектировать и конструировать, моделировать технические объекты, проводить испытание готового изделия, а также владение общетехническими, проектными и конструкторскими и междисциплинарными знаниями, владение инновационными, в том числе аддитивными, технологиями изготовления изделий. Их измерение и математическая обработка полученных данных производилась по отработанной нами ранее методике [1]. Графическая иллюстрация результатов эксперимента представлена на рисунке, где C – средний показатель динамических рядов. Из диаграмм видно, что:

1) уровень владения студентами всеми компетенциями до эксперимента

в обеих группах практически одинаков и его средняя величина $C (C_{cp}) = 1,5$;

2) после окончания первого этапа значение C_{cp} выросло в контрольной и экспериментальной группах соответственно до $C_{cp}^k = 1,9$ и $C_{cp}^k = 2,1$, что объясняется дополнительной мотивацией к овладению ИИД у бакалавров экспериментальной группы за счет необходимости продолжения выполняемой работы над проектом на последующих этапах;

3) после второго этапа в обеих группах наблюдается увеличение C по осям, определяющим проектные и конструкторские компетенции соответственно до $C_{cp}^k = 2,1$ и $C_{cp}^k = 2,6$;

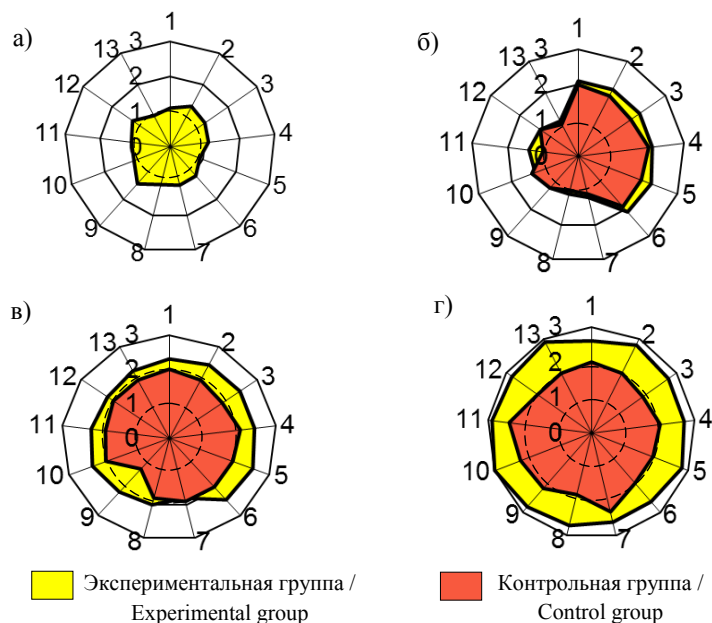
4) после заключительного этапа в контрольной группе выросли значения C только по осям, соответствующим компетенциям, формируемым дисциплиной ДМиОК, а в экспериментальной – по всем осям, достигнув величины $C_{cp}^k = 2,8$, увеличилась также равномерность их формирования [1], достигнув значения $\delta = 0,07$;

5) каждый этап в той или иной степени формирует соответствующие компетенции, определяющие КИИД, но только интеграция всех перечисленных этапов обеспечивает максимальный уровень и равномерность их формирования.

В завершении этого раздела необходимо отметить, что интегрированный подход к обучению, широко используемый для решения различных задач в образовании, обеспечивает высокую эффективность подготовки студентов к ИИД и в зависимости от конкретных условий и возможностей можно использовать ее различные виды. Продемонстрированная эффективность реализации такого подхода подтверждена статистическими данными эксперимента.

Обсуждение и заключение

Таким образом, выполненные авторами исследования позволили на основе использования научных методов, анализа-синтеза и гипотетико-дедуктивного методов, сформулировать рабочую гипотезу исследования об эффективности многоуровневой и многоэтапной подготовки студентов к инно-



Р и с у н о к. Диаграммы изменения среднего показателя *C* у обучающихся:
 а) до эксперимента, б) после 1 этапа (ОИИД), в) после 2 этапа (ТММ), г) после 3 этапа (ДМиОК)
 F i g u r e. Diagrams of changes in the average *C* of students:
 a) before experiment, b) after stage 1 (BIEA), c) after stage 2 (TMM), d) after stage 3 (DMiBK)

Примечание: цифрами 1–13 обозначены оси компетенций, характеризующие КИИД.
 Note: Figures 1–13 axis of competences characterizing CIE.

вационной инженерной деятельности, а на основе интегрированного, системного, субстратного и структурированного научных подходов, с использованием морфологического анализа составить систему взаимосвязанных моделей многоуровневой и поэтапной подготовки студентов технических вузов к ИИД. Многие из этих моделей были апробированы в учебном процессе авторами статьи. Одной из наиболее значимых является модель междисциплинарной интеграции общетехнических дисциплин (ОИИД, ТММ, ДМиОК) бакалавриата с различными видами деятельности (инженерным творчеством и изобретательством, цифровыми технологиями моделирования и производства деталей и узлов сельскохозяйственной техники). Модель реализуется последовательно в три этапа в ходе деловой игры «Конструкторское бюро», одновременно являющейся контролирующим, оценивающим

и рефлексивным средством. Сформулированная гипотеза, а также эффективность использования модели были подтверждены в ходе педагогического обучающего эксперимента, организованного по адаптированной разработанной ранее авторами методике. В соответствии с ней после каждого этапа обучения осуществлялся итоговый контроль в контрольной и экспериментальных группах, результаты которого подтверждают гипотезу исследования об эффективности интеграции видов деятельности при многоуровневой и многоэтапной подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности.

В рамках выполненного исследования были получены важные практические результаты: разработаны морфологическая таблица совокупности взаимосвязанных моделей многоуровневой и поэтапной подготовки студентов технических вузов к ИИД, служащая



основанием для выбора новых моделей обучения ИИД, и методика междисциплинарной интеграции общетехнических дисциплин одного уровня обучения с различными видами деятельности; оптимизированы рабочие программы дисциплин ТММ, ОИИД, ДМиОК на основе использования сквозного проектирования, принципов междисциплинарной и межпредметной связи и др.; создано методическое обеспечение реализации предложенных моделей в виде учебных пособий, учебников, электронной поддержки читаемых дисциплин. Все эти результаты востребованы и реализуемы с высокой степенью воспроизводимости в различных условиях образовательной среды вузов РФ и других государств.

Все вышеизложенное позволяет с высокой степенью вероятности говорить о дальнейших направлениях развития полученных результатов. Это прежде

всего мобилизация потенциала интеграции дисциплин учебного плана и видов деятельности, направленная на решение конкретных задач вуза, региона, страны в целом (подготовка к ИИД, подготовка элитных специалистов, лидеров и др.) при реализации Национальных проектов (Образование, Наука, Цифровая экономика и др.). В ближайшее время авторы приступают к разработке научной концепции формирования инновационного мышления у студентов национальных исследовательских университетов с ее последующей реализацией на основе многоуровневой интеграции и поэтапной подготовки.

Полученные результаты будут полезны ученым, занимающимся проблемой повышения эффективности подготовки студентов технических университетов к инновационной инженерной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.092.022.201803.519-534>
2. Наумкин Н. И., Грошева Е. П., Шекиаева Н. Н. Исследование инновационной подсистемы университетской кафедры как субстрата региональной инновационной системы // Регионология. 2018. Т. 26, № 3. С. 474–493. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.104.026.201803.474-493>
3. Кондратьева Г. А. Особенности проектирования содержания встраиваемого гибкого учебного модуля практической подготовки студентов технических вузов к инновационной инженерной деятельности // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2018. № 3 (69). С. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.17277/voprosy.2018.03.pp.139-146>
4. Interrelation and Interference of the Competence Components in Innovative Engineering Activity / N. I. Naumkin [et al.] // European Journal of Natural History. 2014. Issue 2. Pp. 39–41. URL: <http://www.world-science.ru/en/article/view?id=33276> (дата обращения: 28.05.2019).
5. 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: 28.05.2019).
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: <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.27.07.13725>
7. 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: 28.05.2019).
8. Педагогика сотрудничества как интегрирующая технология в методике обучения инновационной деятельности в региональных летних научных студенческих школах / Н. И. Наумкин [и др.] // Регионология. 2013. № 4. С. 76–84. URL: https://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2013_4.pdf (дата обращения: 28.05.2019).

9. *Грошева Е. П., Ломакина К. В.* Преодоление причин недостаточной познавательной активности студентов // Огарёв-Online. 2016. № 10 (75). С. 10. URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/preodolenie-prichin-nedostatochnoj-poznavatelnoj-aktivnosti-studentov> (дата обращения: 28.05.2019).

10. *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/contents.asp?id=34340549> (дата обращения: 28.05.2019).

11. Практическое обучение инновационной инженерной деятельности в региональных летних научных школах / Н. И. Наумкин [и др.] // Регионология. 2014. № 4. С. 55–62. URL: https://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2014_4.pdf (дата обращения: 28.05.2019).

12. *Линенко О. А.* Категория «инженерная деятельность» и профессионально-психологический портрет личности инженера // Высшее образование сегодня. 2011. № 5. С. 10–16. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16751272_26560189.pdf (дата обращения: 28.05.2019).

13. *Вишнякова И. В.* Организационно-педагогические условия становления компетентности инженера в области менеджмента интеллектуальной собственности // Высшее образование сегодня. 2010. № 10. С. 27–29. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_15319546_76664712.pdf (дата обращения: 28.05.2019).

14. *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: 28.05.2019).

15. *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.

16. *Fleith D. D. S., Soriano de Alencar E. M. L.* Sharing Strategies and Activities that Enhance Creativity in the Educational Environment // International Symposium on Project Approaches in Engineering Education. 2018. Vol. 8. Pp. 23–25. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85054660857&partn erID=40&md5=785532e87f792519945e700a70c437b8> (дата обращения: 28.05.2019).

17. *Бабикина 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: 28.05.2019).

18. *Соснин Н. В.* О структуре содержания обучения в компетентностной модели // Высшее образование в России. 2013. № 1. С. 20–23. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18486751_38912942.pdf (дата обращения: 28.05.2019).

19. *Gorshkova O. O.* Individualized Research Training of Engineering Students // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9, No. 12. Pp. 71–82. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85059228868&partnerID=40&md5=7834e2db817d6ea34bce294f4df30d5d> (дата обращения: 28.05.2019).

20. *Агранович Б. Л., Чудинов В. Н.* Системное проектирование содержания подготовки инженеров в области высоких технологий // Инженерное образование. 2003. № 1. С. 32–38. URL: http://aeer.ru/files/io/ml/Agranovich_Chudinov.pdf (дата обращения: 28.05.2019).

21. *Сорокина О. А.* Модель реализации профессионально-ориентированных проектных задач формирования инженерной компетентности будущих бакалавров // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25253> (дата обращения: 09.03.2019).

22. *Тулупова О. В., Лешер В. Ю.* Направления развития инженерной деятельности студентов в вузе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19632> (дата обращения: 09.03.2019).

23. *Лоцилова М. А., Портнягина Е. В.* Применение современных педагогических технологий в профессиональной подготовке инженерных кадров // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23622> (дата обращения: 09.03.2019).

24. Результативность метода сквозного проектирования на кафедре физики ИрНИТУ / Т. И. Шишелова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 2. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27533> (дата обращения: 09.03.2019).

25. *Вехтер Е. В., Сафьянников И. А.* Модель формирования проектно-конструкторских компетенций в условиях многоуровневой системы технического образования // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5371> (дата обращения: 09.03.2019).



26. *Соболева В. В.* Теоретические основы метода сквозного проектирования объектов профессиональной деятельности инженера-строителя при изучении курса общей физики // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=6227> (дата обращения: 09.03.2019).
27. *Осипова С. И., Ерцкина Е. Б.* Формирование проектно-конструкторской компетентности студентов – будущих инженеров в образовательном процессе // *Современные проблемы науки и образования*. 2007. № 6, ч. 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=818> (дата обращения: 09.03.2019).
28. *Stolbova I. D., Gitman Ye. K., Ovchinnikov A. A.* Integration of Content and Technologies of Teaching within Framework of Geometrical-Graphic Training of Students // *IOP Conference. Series: Materials Science and Engineerin*. 2018. Vol. 451. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012117>
29. *Jensen M. J., Schlegel J. L.* Implementing an Entrepreneurial Mindset Design Project in an Introductory Engineering Course // *124th ASEE Annual Conference and Exposition*; Columbus; United States; 25 June 2017 – 28 June 2017. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85030532642&partnerID=40&md5=4299c3df00e175e930baef20bad67526> (дата обращения: 09.03.2019).
30. *Wu T.* Exploration and Practice of Talent Training Mode of Mechanical and Electrical Specialty under the Background of Engineering Education // *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*. 2018. Vol. 30, Issue 4. Pp. 444–450. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85057324163&partnerID=40&md5=6528e57abb6cdc8919656836bae9ca15> (дата обращения: 09.03.2019).
31. A Preliminary Design Innovation Aid Methodology Based on Energy Analysis and TRIZ Tools Exploitation / *K. Hmina [et al.]* // *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 2018. Vol. 12, Issue 3. Pp. 919–928. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0455-3>
32. *Дубова И. В., Саначева Г. С., Рябов О. Н.* Введение в инженерное дело при подготовке бакалавров направления металлургия в идеологии CDIO // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15028> (дата обращения: 09.03.2019).
33. *Дмитриева И. В.* Структура инновационной деятельности в составе инженерной подготовки бакалавра // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 1. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8543> (дата обращения: 09.03.2019).
34. *Полутин С. В., Седлецкий А. В.* Анализ инновационного потенциала региона // *Регионология*. 2010. № 2. С. 110–117. URL: https://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2010_2.pdf (дата обращения: 21.04.2018).
35. *Scuotto V., Shukla S. J.* Being Innovator or ‘Imovator’: Current Dilemma? // *Journal of the Knowledge Economy*. 2018. Vol. 9, Issue 1. Pp. 212–227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0336-6>
36. *Сергеева С. В., Воскресенко О. А.* Модель непрерывного образования в техническом вузе как многоуровневом образовательном комплексе // *Интеграция образования*. 2016. Т. 20, № 2. С. 220–227. DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.083.020.201602.220-227>
37. *Валишева А. Г.* Этапы формирования способов выполнения проектно-конструкторской деятельности у бакалавров при обучении физике // *Современные проблемы науки и образования*. 2018. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28354> (дата обращения: 21.03.2019).
38. *Guojin C.* Study and Practice on Training Scheme of University Students’ Entrepreneurship Ability // *Communications in Computer and Information Science*. 2011. Vol. 233 CCIS (PART 3). Pp. 299–304. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-24010-2_41
39. *Наумкин Н. И., Грошева Е. П.* Точно сформулированная гипотеза исследования – залог успешного решения проблемы подготовки студентов к инновационной деятельности // *Международный журнал экспериментального образования*. 2018. № 5. С. 23–28. URL: <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=11809> (дата обращения: 28.05.2019)
40. Применение морфологического анализа для развития региональных исследований / *Э. Н. Кузьбожев [и др.]* // *Экономический анализ: теория и практика*. 2007. № 10 (91). С. 32–44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-morfologicheskogo-analiza-dlya-razvitiya-regionalnyh-issledovaniy> (дата обращения: 28.05.2019).
41. *Садыкова В. А.* Реализация дидактических принципов при профессиональном обучении с использованием информационных технологий // *Вестник Казанского технологического университета*. 2009. № 6. С. 335–340. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-didakticheskikh-printsipov-professionalnom-obuchenii-s-ispolzovaniem-informatsionnyh-tehnologiy> (дата обращения: 28.05.2019).

Поступила 03.06.2019; принята к публикации 26.08.2019; опубликована онлайн 31.12.2019.

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), доктор педагогических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1109-5370>**, **Researcher ID: L-4643-2018**, naumn@yandex.ru

Шекшаева Наталья Николаевна, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), кандидат педагогических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6072-9501>**, **Researcher ID: N-6441-2016**, shekshaeva@yandex.ru

Квитко Светлана Ильинична, ученый секретарь Института машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики (720071, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр-т Чуй, д. 265а), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1823-9979>**, **Researcher ID: AAF-8454-2019**, kvitko_si@rambler.ru

Ломаткина Мария Владимировна, аспирант кафедры основ конструирования механизмов и машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2505-1811>**, **Publons ID: <https://publons.com/researcher/3255010/maria-lomatkina>**, mlomatkina@yandex.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), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-509X>**, **Researcher ID: L-5153-2018**, kupwfi@mail.ru

Коровина Ирина Валерьевна, доцент кафедры английской филологии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), кандидат филологических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4715-8377>**, **Publons ID: <https://publons.com/researcher/3006854/irina-korovina>**, korirfox@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

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

Шекшаева Наталья Николаевна – развитие методологии; критический анализ и доработка текста.

Квитко Светлана Ильинична – сбор данных и доказательств; проведение экспериментов.

Ломаткина Мария Владимировна – участие в разработке модели; сбор данных и доказательств; проведение экспериментов.

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

Коровина Ирина Валерьевна – сбор данных и доказательств; проведение экспериментов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. 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. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.092.022.201803.519-534>

2. Naumkin N.I., Grosheva E.P., Shekshaeva N.N. Research of the Innovative Subsystem of the University Department as a Substratum of the Regional Innovative System. *Regionologiya = Regionology*. 2018; 26(3):474-493. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.104.026.201803.474-493>

3. Kondratyeva G.A. Designing the Content of the Built-In Flexible Education Module for Practical Training of Students of Technical University in Innovative Engineering Activities. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo = Issues of Modern Science and Practice. Vernadsky University*. 2018; (3):139-146. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17277/voprosy.2018.03.pp.139-146>

4. 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://www.world-science.ru/en/article/view?id=33276> (accessed 28.05.2019). (In Eng.)



5. 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 28.05.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
6. Naumkin N.I., Kupryashkin V.F., Grosheva E.P., Shekshaeva N.N., Panyushkina E.N. Integrated Technology of Competence Staged Formation in Innovation through Pedagogy States of Cooperation. *World Applied Sciences Journal*. 2013; 27(7):935-938. (In Eng.) DOI: <http://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.27.07.13725>
7. Grosheva E.P., Naumkin N.I., Frolova N.N. [Preparation of Students of National Research Universities for Innovative Activities on the Basis of Competence-Based Approach]. *Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education*. 2010; (4):28-33. Available at: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/10-4.pdf> (accessed 28.05.2019). (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):76-84. Available at: https://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2013_4.pdf (accessed 28.05.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
9. Grosheva E.P., Lomakina K.V. Overcoming Causes of Lack of Cognitive Activity Among University Students. *Ogarev-Online*. 2016; (10):10. Available at: <http://journal.mrsu.ru/arts/preodolenie-prichin-nedostatochnoj-poznavatelnoj-aktivnosti-studentov> (accessed 28.05.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
10. Lomatkin A.N., Kilmyashkin E.A., Kilmyashkina A.A. Implementation of the Course Project on Applied Mechanics Using Additive Technology. *Journal of Advanced Research in Technical Science*. 2016; (3):103-107. Available at: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34340549> (accessed 28.05.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
11. Naumkin N.I., Shekshaeva N.N., Kupryashkin V.F., Panyushkina E.N. Practical Training in Innovative Engineering Activities in Regional Summer Science Schools. *Regionologiya = Regionology*. 2014; (4):55-62. Available at: https://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2014_4.pdf (accessed 28.05.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
12. Linenko O.A. [Category "Engineering Activity" and Professional and Psychological Portrait of Engineer's Personality]. *Vyssheye obrazovaniye segodnya = Higher Education Today*. 2011; (5):10-16. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_16751272_26560189.pdf (accessed 28.05.2019). (In Russ.)
13. Vishnyakova I.V. [Organizational and Pedagogical Conditions of the Competence of the Engineer in the Field of Management of Intellectual Property]. *Vyssheye obrazovaniye segodnya = Higher Education Today*. 2010; (10):27-29. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_15319546_76664712.pdf (accessed 28.05.2009). (In Russ.)
14. Glotova G.V. [British Approach to the Preparation of Students of Technical Universities for Innovation]. *Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education*. 2006; (1):34-39. Available at: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/06-1.pdf> (accessed 28.05.2019). (In Russ.)
15. Kurileva N.L. [Model of a Methodology Aimed at Development of Technical Abilities of Pupils Learning Physics at the Secondary School of Kurilev]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Buryat State University*. 2007; (10):64-68. (In Russ.)
16. Fleith D.D.S., Soriano de Alencar E.M.L. Sharing Strategies and Activities That Enhance Creativity in the Educational Environment. *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*. 2018; 8:23-25. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85054660857&partnerID=40&md5=785532e87f792519945e700a70c437b8> (accessed 28.05.2009). (In Eng.)
17. Babikova A.V., Fedotov A.Yu., Shevchenko I.K. [Problems and Prospects of Development of Engineering Education in Innovative Economy]. *Inzhenernyy vestnik Dona = Engineering Journal of Don*. 2011; (2). Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/435> (accessed 28.05.2009). (In Russ.)
18. Sosnin N.B. About Structure of Curriculum for Competence Model of Higher Education. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii = Higher Education in Russia*. 2013; (1):20-23. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_18486751_38912942.pdf (accessed 28.05.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
19. Gorshkova O.O. Individualized Research Training of Engineering Students. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018; 9(12):71-82. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85059228868&partnerID=40&md5=7834e2db817d6ea34bce294f4df30d5d> (accessed 28.05.2019). (In Eng.)
20. Agranovich B.L., Chudinov V.N. [Systemic Development of Training Content for Engineers in the Field of High Technologies]. *Inzhenernoye obrazovaniye = Engineering Education*. 2003; (1):32-38. Available at: http://aer.ru/files/io/m1/Agranovich_Chudinov.pdf (accessed 28.05.2019). (In Russ.)

21. Sorokina O.A. Model of Realization of Professional-Oriented Project Tasks of Forming Engineering Competence of Future Bachelors. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2016; (5). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25253> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
22. Tulupova O.V., Leshner V.Y. Directions of Development Engineering Activity in High School Students. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2015; (3). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19632> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
23. Loschilova M.A., Portnyagina E.V. Application of Modern Pedagogical Technologies in Vocational Training of Engineers. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2015; (6). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23622> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
24. Shishelova T.I., Kononov N.P., Pavlova T.O., Chuvashov N.F. The Effectiveness of the Straight-Through Design Method at the Department of Physics of the IRNTRU. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2018; (2). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27533> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
25. Vehter E.V., Safyannikov I.A. Model of Project and Design Competences Development in Conditions of Multilevel System of Technical Education. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2012; (1). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5371> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
26. Soboleva V.V. Theoretical Bases of the Through Designing Method of Professional Work Objects of a Civil Engineer at the Studying of the General Physics Course. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2012; (3). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=6227> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
27. Osipova S.I., Yertskina Ye.B. Design-Project Competence Formation in Students – Future Engineers in Educational Process. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2007; (6-3). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=818> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
28. Stolbova I.D., Gitman Ye.K., Ovchinnikov A.A. Integration of Content and Technologies of Teaching within Framework of Geometrical-Graphic Training of Students. *IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering*. 2018; 451. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012117>
29. Jensen M.J., Schlegel J.L. Implementing an Entrepreneurial Mindset Design Project in an Introductory Engineering Course. In: 124th ASEE Annual Conference and Exposition; Columbus; United States; 25 June 2017 – 28 June 2017. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85030532642&partnerID=40&md5=4299c3df00e175e930baef20bad67526> (accessed 09.03.2019). (In Eng.)
30. Wu T. Exploration and Practice of Talent Training Mode of Mechanical and Electrical Specialty under the Background of Engineering Education. *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*. 2018; 30(4):444-450. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85057324163&partnerID=40&md5=6528e57abb6cdc8919656836bae9ca15> (accessed 09.03.2019). (In Eng.)
31. Hmina K., Sallaou M., Arbaoui A., Lasri L. A Preliminary Design Innovation Aid Methodology Based on Energy Analysis and TRIZ Tools Exploitation. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 2018; 12(3):919-928. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0455-3>
32. Dubova I.V., Sanacheva G.S., Ryabov O.N. Introduction to Engineering within a Bachelor Program of Metallurgy in the Course of CDIO Ideology. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2014; (5). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15028> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
33. Dmitrieva I.V. Structura of Innovative Activity in Composition Engineering Preparation of Bachelor. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2013; (1). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8543> (accessed 09.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
34. Polutin S.V., Sedletsky A.V. [Analysis of Innovative Potential of the Region]. *Regionologiya = Regionology*. 2010; (2):110-117. Available at: https://regionsar.ru/sites/default/files/pdf/reg_2010_2.pdf (accessed 21.04.2018). (In Russ.)
35. Scuotto V., Shukla S. J. Being Innovator or 'Imovator': Current Dilemma? *Journal of the Knowledge Economy*. 2018; 9(1):212-227. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0336-6>
36. Sergeyeva S.V., Voskresensko O.A. The Model of Lifelong Education in a Technical University as a Multilevel Educational Complex. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2016. 20(2):220-227. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.083.020.201602.220-227>



37. Valisheva A.G. Stages of Formation of Ways to Perform Design Activities for Bachelors in Physics Training. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2018; (6). Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28354> (accessed 21.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
38. Guojin C. Study and Practice on Training Scheme of University Students' Entrepreneurship Ability. In: *Communications in Computer and Information Science*. 2011. Vol. 233 CCIS (PART 3). p. 299-304. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-24010-2_41
39. Naumkin N.I. Grosheva E.P. Exactly Formulated Research Hypothesis is the Guarantee of Successful Solution to the Problem of Students' Training Innovative Activities. *Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya* = International Journal of Experimental Education. 2018; (5):23-28. Available at: <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=11809> (accessed 28.05.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
40. Kuzbozhev E.N., Sukhorukova O.A., Klevtsova M.G., Babich T.N. [Application of Morphological Analysis for the Development of Regional Studies]. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika* = Economic Analysis: Theory and Practice. 2007; (10):32-44. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-morfologicheskogo-analiza-dlya-razvitiya-regionalnyh-issledovaniy> (accessed 28.05.2019). (In Russ.)
41. Sadykova V.A. [Realization of Didactic Principles in Vocational Training Using Information Technologies]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* = Bulletin of Kazan Technological University. 2009; (6): 335-340. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-didakticheskikh-printsipov-pri-professionalnom-obuchenii-s-ispolzovaniem-informatsionnyh-tehnologiy> (accessed 28.05.2019). (In Russ.)

Submitted 03.06.2019; revised 26.08.2019; published online 31.12.2019.

About the authors:

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

Natalya N. Shekshaeva, Associate Professor, Chair of Machines and Mechanisms Design, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russia), Ph. D. (Pedagogy), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6072-9501>, Researcher ID: N-6441-2016, shekshaeva@yandex.ru

Svetlana I. Kvitko, Scientific Secretary of the Institute of Mechanical Engineering, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (265a Prospekt Chuy, Bishkek 720071, Kyrgyz Republic), Ph. D. (Technology), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1823-9979>, Researcher ID: AAF-8454-2019, kvitko_si@rambler.ru

Maria V. Lomatkina, Postgraduate Student, Chair of Machines and Mechanisms Design, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2505-1811>, Publons ID: <https://publons.com/researcher/3255010/maria-lomatkina>, mlomatkina@yandex.ru

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

Irina V. Korovina, Associate Professor, Chair of English Philology, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russia), Ph. D. (Philology), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4715-8377>, Publons ID: <https://publons.com/researcher/3006854/irina-korovina>, korirfox@gmail.com

Contribution the authors:

Nikolai I. Naumkin – scientific management; formulation of the basic research concept; development of research methodology; writing the draft.

Natalya N. Shekshaeva – development of methodology; critical analysis and text editing.

Svetlana I. Kvitko – collection of data and evidence; conducting experiments.

Maria V. Lomatkina – participation in model development, data collection and evidence; conducting experiments.

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

Irina V. Korovina – data collection and evidence; conducting experiments.

All authors have read and approved the final manuscript.