



Особенности проектирования технологического компонента интегрированной методической системы математической подготовки будущих инженеров

М. А. Родионов^{1}, В. М. Федосеев², Ж. Дедовец³,
Г. И. Шабанов⁴, И. В. Акимова¹*

¹ ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия,
* do7tor@mail.ru

² ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия

³ Вест-Индский университет, Сент Агустин Кампус, Тринидад и Тобаго,
⁴ ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск, Россия

Введение. Написание статьи инициировано изменением требований к математической подготовке современного инженера. В соответствии с ними на передний план выдвигается интеграционная модель математической подготовки будущего инженера. Целью статьи является исследование особенностей проектирования технологического компонента методической системы обучения математике бакалавров, организованной на принципе интеграции их математической и инженерной подготовки. **Материалы и методы.** Материалами послужили научные труды по методологии инженерной деятельности и технических наук, исследования по теории и методике математического образования инженера, нормативные документы, специализированные методические разработки. Методологическую базу исследований составили современные концепции инженерного математического образования и методы научно-педагогических исследований: историко-педагогический, экспериментально-индуктивный, диалогического понимания, визуализации, педагогической интеграции, структурирования и генерализации.

Результаты исследования. Раскрыта сущность интегрирования курса математики в систему инженерно-технического образования, обеспечиваемого такими методическими детерминантами, как сочетание формального и неформального в обучении, применение экспериментально-индуктивного метода, рациональная логика, обеспечение визуализации обучения. Эти направления апробированы в Пензенском технологическом и Пензенском государственном университетах и успешно зарекомендовали себя в учебном процессе. Рассмотрение вопросов преподавания математики в технических вузах целесообразно осуществлять в ракурсе интеграционной модели учебного процесса. В связи с этим актуализируется потребность в специальном согласовании методологии математики с методологией инженерной деятельности и технических наук. Авторами предлагается структурировать применяемые подходы и выделить интегрирующие направления методической работы, ориентированные на конкретные инженерные специальности. При этом известные методические положения получают новую качественную интерпретацию, адекватную специфике инженерной деятельности.

Обсуждение и заключения. Статья предназначена для ученых в области профессионального образования и предметных методик, преподавателей математики на инженерных специальностях вузов, а также для учителей математики профильных классов.

Ключевые слова: математическое образование инженера, интегрированное обучение, методическая система, интегрирующая структура, экспериментально-индуктивный метод, наглядность обучения

Благодарности: за помощь и поддержку администрации Пензенского государственного технологического университета, лично профессору С. В. Сергеевой, рецензентам статьи, взявшим на себя труд по ее прочтению и рецензированию.



Для цитирования: Особенности проектирования технологического компонента интегрированной методической системы математической подготовки будущих инженеров / М. А. Родионов [и др.] // Интеграция образования. 2018. Т. 22, № 2. С. 383–400. DOI: 10.15507/1991-9468.091.022.201802.383-400

Specifics of Designing a Technological Component in an Integrated Methodological System of Mathematical Training of Future Engineers

M. A. Rodionov^{a*}, V. M. Fedoseyev^b, Zh. Dedovets^c,
G. I. Shabanov^d, I. V. Akimova^a

^a Penza State University, Penza, Russia,
^{*} do7tor@mail.ru

^b Penza State Technological University, Penza, Russia

^c University of the West Indies, SOE St. Augustine, Trinidad and Tobago

^d National Research Mordovia State University, Saransk, Russia

Introduction. The article deals with the recent trend in the higher technical education. The new training course focuses on the integration model of mathematical training. The aim of article is to study the specific aspects of designing methodological system of technological component based on integration of bachelor's degree mathematical and engineering training.

Materials and Methods. Scientific works on methodology of engineering, researches on theory of mathematical engineering education, and special normative documents were used as theoretical framework of the study. Historical, pedagogical, and experimental-inductive methods, dialogical understanding, visualisation, pedagogical integration, structuring and generalisation constituted methodological basis of the study.

Results. The method of integrating the course of mathematics into the system of engineering education is described and substantiated. This method combines formal and informal approaches in teaching-learning process. It contains the experimental-inductive method and rational logic based on the visualization of learning. These new approaches were approved at Penza Technological University and Penza State University. They demonstrated their effectiveness in the educational process. The teaching of mathematics in technical universities should be carried out with account to the integration model of the educational process. It is relevant to harmonise the methodology of mathematics with the methodology of engineering. The authors propose to structure the applied approaches and to identify the integrative directions of methodological work aimed at separate engineering specialities. At the same time, known methodological positions receive a new qualitative interpretation.

Discussion and Conclusions. Scholars in the field of vocational education and subject methodologies, teachers of mathematics in engineering specialities of universities, and teachers of mathematics of profile classes constitute the target group of the article.

Keywords: mathematic education of engineers, integrated training, methodical system, integrating structures, experimental inductive method, presentation of teaching-learning process

Acknowledgements: The authors would like to thank the administration of Penza State Technological University for support, Prof. S. V. Sergeyeva, and the reviewers of the article for their thoughtful feedback.

For citation: Rodionov M.A., Fedoseyev V.M., Dedovets Zh., Shabanov G.I., Akimova I.V. Specifics of Designing a Technological Component in an Integrated Methodological System of Mathematical Training of Future Engineers. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2018; 22(2):383-400. DOI: 10.15507/1991-9468.091.022.201802.383-400

Введение

С тех пор как на рубеже XVIII–XIX вв. профессиональная подготовка инженеров была поставлена на научную основу, математика в техническом образовании заняла твердую позицию основной фундаментальной учебной дисциплины.

В наше время принятая за теоретико-методологическую базу в содержании новых образовательных стандартов (ФГОС 3+) философия компетентного, системно-деятельностного подходов хотя и утверждает приоритетность практико-ориентированных методов

обучения, в целом не отвергает подобного положения математики в учебно-образовательном процессе технического вуза. «В дихотомии “фундаментальное – узкопрофессиональное” в системе образования акцент следует ставить на первой составляющей», – пишет известный методолог инженерного образования Н. Г. Багдасарьян [1, с. 25] и обосновывает все еще сохраняющуюся актуальность данной точки зрения. Точно также многие эксперты в области технического образования, анализируя современные требования к качественным характеристикам выпускников вузов, приходят к выводу, что значение фундаментальной подготовки будущего инженера в настоящее время возрастает [2; 3].

Мы видим, что, согласно современным требованиям к содержанию образования, математическая составляющая подготовки бакалавров технических направлений по причине ее значимости для формирования универсальных специалистов, готовых к инновационной инженерной деятельности, должна быть усилена. Однако на практике это положение пока недостаточно разработано. Сейчас в инженерном образовании наблюдается снижение фундаментальной научной подготовки бакалавров со значительным уменьшением количества учебного времени (до 40–50 %) [3], существенно понижается качество математической подготовки бакалавров и магистров [4], констатируется падение уровня преподавания математики в вузах [5]. Обучение математике в условиях технического вуза в подавляющем большинстве случаев остается безрезультатным. Поэтому часто высказываются претензии к сложившейся методике обучения математике, выдвигаются требования ее пересмотра и реформирования. Российская система образования все более интегрируется в систему западного образования. Например, финский ученый Г. Малаты в статье о состоянии математического образования на Западе пишет: «Если западные тенденции распространятся во всем мире, математическая культура не только перестанет развиваться, но

и вообще исчезнет. <...>. Надеемся, что западное математическое обучение не распространится подобно закусочным Mc Donalds» [6, с. 432].

Если оценивать систему инженерного образования в целом, то по обилию критики и образовательных инициатив в этой области можно заключить, что в настоящее время характерным для нее является состояние интенсивного реформирования. Поэтому вопросы чему учить и как учить в дидактике высшей школы получают актуальность и в каждой предметной области требуют своего разрешения.

Целью настоящей статьи является определение методических условий и возможностей эффективной интеграции математической и инженерной подготовки бакалавров в рамках всей системы их профессионального образования с учетом требований профиля и особенностей инженерного мышления.

Обзор литературы

Инженерное сообщество заинтересовано в высоком уровне математического образования. При этом инженеры смотрят на преподавание математики с учетом потребностей инженерной деятельности и специфики инженерного мышления. Для них учебная дисциплина «Математика» – это часть системы, подчиненная интересам целого. И это требование справедливо и совершенно закономерно. С другой стороны, вполне понятно, что преподаванию математики присуща собственная внутренняя логика, от которой она также не может уклоняться. Таким образом, поиск рационального сочетания данных характеристик является одной из важнейших проблем математической подготовки будущих инженеров.

Предпринятые авторами исторические изыскания по развитию математического образования инженеров показали, что в XIX, XX вв. неоднократно возникали дискуссии о том, каким наиболее рациональным способом математика должна преподаваться инженерам [7–9]. По материалам дискуссий тех лет можно



судить о том, насколько важными для успешной реализации программ инженерного образования являются вопросы интеграции математики с техническими науками. Исторический опыт также учит, что преподавание математики в технических вузах во все периоды существования технического образования испытывало значительное влияние методологии специальных дисциплин, в свою очередь находящихся под влиянием инженерной деятельности.

Современные авторы, исследовавшие методологические особенности инженерной деятельности и философию техники, отмечают, что методология технических наук имеет общенаучную основу и близка методологии естественных наук. Известный философ техники В. Г. Горохов по этому вопросу пишет: «Инженерная деятельность и экспериментальное естествознание – близнецы братья»¹. Давая общую характеристику инженерной деятельности, он отмечает ее принципиальную двойственность, в которой заложена конкуренция двух главных позиций, с одной стороны, ориентация на техническую практику, а с другой – на теоретическую науку. Результатом взаимодействия этих двух начал является центральное положение инженерной деятельности между чистой наукой и технической практикой. Аналогичное явление через механизмы психологического отражения переходит на инженерное мышление и затем на инженерное образование².

Анализируя различия инженерного и научного стилей мышления, В. Г. Горохов выделяет³:

а) технический стиль мышления близок художественному, отсюда широкое использование в инженерной деятельности и в технических науках графических средств, предпочтение при изложении предмета чертежей и схем перед формулами или текстом;

б) практическая направленность (умение мыслить руками), проявляющаяся в ориентации мыслительных процессов на реальную предметность, на конкретность технических задач, умение манипулировать конкретными объектами, материалами, конструкциями, технологиями и прочими техническими условиями;

в) научность инженерного мышления, выраженная в целенаправленном и сознательном применении научных знаний при создании технических объектов, в использовании научных методов, в том числе метода математического моделирования, метода итераций и др.

Анализируя отличительные особенности, свойственные именно инженерному подходу, указанный автор дополнительно выделяет следующие его положения и пункты, конкретизирующие сказанное в предыдущем абзаце.

1) Об уровне математической строгости. Инженеру не требуется такая математическая строгость рассуждений и точность вычислений, которые обязательны для ученого. Для инженерно-научного метода достаточны приближенные вычисления.

2) Умение применять научные знания на практике. Такое умение требует достаточно широкой эрудиции, необходимо учитывать многочисленные практические условия и ограничения, предполагает системность мышления. Практика – дополненное и примененное к частному случаю познание, когда общий случай превращается в осязаемый частный.

3) Принцип визуализации. «Зло» коренится в лишенной реальных представлений общности, излишней отвлеченности методов.

4) О применении математики. «Математика – это есть царский путь в науке. Это легкий способ образовать голову и сделать хорошего инженера» (В. Л. Кирпичев)⁴. Однако математические фор-

¹ Горохов В. Г. Знать, чтобы делать: История инженерной профессии и ее роль в современной культуре. М.: Знание, 1987. 176 с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21512907> (дата обращения 24.04.2017).

² Там же. С. 60, 89.

³ Там же. С. 57–59.

⁴ Горохов В. Г. Техника и культура: возникновение философии техники и теории технического творчества в России и Германии в конце XIX – начале XX столетия. М.: Логос, 2010. 376 с.

мулы полезны лишь после того, как они согласованы с опытом и в соответствии с ним откорректированы. Если это сделано, наука становится мощным фактором развития инженерной практики.

Приведенные рассуждения и доводы в общих чертах характеризуют мировоззренческую ориентацию современного инженера, систему его взглядов и представлений, переходящих в нормативных документах в квалификационные требования к специалистам инженерных профессий. На достижение этих требований должна быть нацелена вся система технического образования, а значит и методика обучения, которая таким образом приобретает определенную специфику и должна быть выявлена до перехода к конкретным методическим разработкам. В настоящей работе отмеченные выше особенности инженерного мышления послужили базовой основой для определения структуры методической системы, обеспечивающей функционирование интеграционной модели математической подготовки будущих инженеров. Интерес к методическому аспекту концепции интеграции математической и инженерной подготовки объясняется тем, что, по мнению авторов, он составляет наиболее сложную, особенно в методологическом плане, и практически важную часть всей работы в данном направлении.

Различные вопросы преподавания математики в техническом вузе ранее исследовались в плане дидактики и профессиональной ориентированности обучения [10]; в плане логики и методологии предмета прикладной математики⁵; в плане педагогических условий решения проблемы междисциплинарного взаимодействия и методов диагностики предметной компетенции студентов инженерных специальностей [11–13]; в плане методических рекомендаций по

формированию математической компетенции студентов технических вузов [14; 15]; в плане направлений специализации технологических методов обучения математике [16; 17]. Также рассматривались вопросы интеграции инженерной и математической подготовки в учебном процессе [18; 19]; разрабатывались технологии экспериментально-индуктивного метода [20–22]. Число опубликованных научных работ, имеющих отношение к теме статьи, указанным списком не ограничивается. В нем представлены наиболее важные и близкие по времени публикации. В работе над статьей авторы опирались на монографию Г. И. Саранцева, из которой были заимствованы определения функций методики обучения математике и принципы современного методического мышления, в частности интегрирующая функция методики и принцип единства содержания и методики обучения⁶.

Зарубежные авторы также освещают вопросы математической подготовки студентов технических специальностей. Так, общеметодологические вопросы технологического проектирования математического образования в соответствии с тенденциями развития современной инженерной подготовки, разработки и внедрения в учебный процесс интегрированных учебных планов и программ раскрываются в работах Saiman, Puji Wahyuningsih, Hamdani, J. Crowley, S. Malmqvist, D. Ostlund, K. Brodeur и др. Названные работы фиксируют нарастание в настоящее время кризиса математического образования, отмечают имеющую место несогласованность содержательных и технологических установок математического и профессионального образования, определяют возможности коррекции такой несогласованности. Свое исследование Сайман, Пуджи, Вайунингсих и Хамдани посвя-

⁵ Блехман И. И., Мышкис А. Д., Пановко Я. Г. Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов. С примерами из механики. М. : КомКнига, 2005. 376 с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25725540> (дата обращения: 24.04.2017).

⁶ Саранцев Г. И. Методическая подготовка студентов математических специальностей педагогических вузов и университетов в современных условиях : моногр. Саранск : ПО РАО, Мордов. гос. пед. ин-т, 2010. 127 с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=19466360> (дата обращения 11.05.2017).



тили исследованию роли отдельных математических тем в подготовке студентов-инженеров. В итоге делается вывод, что существует отрыв математического содержания от инженерной составляющей в подготовке студентов [23]. А. Гулд доказывает, что многие выпускники инженерных специальностей испытывают трудности в области математики, что обусловлено небольшим фиксированным объемом математического материала в программе. Решение проблемы видится в усилении практической направленности курса математики [24].

Например, Д. Харрис и соавторы подчеркивают, что ценность математики в инженерии остается центральной проблемой. Они утверждают, что математика должна быть фундаментальной проблемой при разработке курсов, точнее их содержания. В связи с этим математика должна быть интегрирована с преподаваемыми инженерными дисциплинами [25].

В рамках проекта по обновлению учебного плана студентов-инженеров выполнена работа М. Коупленд, А. Гарднер, Дж. Кармоди [26]. Проведенное исследование среди студентов инженерных специальностей показывает актуальность регулярных консультаций, проводимых преподавателями математики.

При всем многообразии отечественных и зарубежных исследований их авторы в основном предлагают частно-методические решения возникающих при обучении трудностей, формулируя отдельные требования к содержанию и методике обучения математике, отвечающие современным взглядам на инженерное образование.

В отличие от имеющихся научных публикаций на затронутую тему представляется целесообразным подходить к рассмотрению вопросов преподавания математики в технических вузах в рамках интеграционной модели учебного процесса. В этой связи необходимо,

в первую очередь, более четко раскрыть зависимость методов обучения математике от общих целей инженерного образования, специфики инженерного мышления, межпредметных связей учебной дисциплины. При этом в теоретико-методологическую основу создания специального методического обеспечения интегрированного курса математики целесообразно включить элементы методологии инженерной деятельности и технических наук. По мнению авторов статьи, сделанные нововведения уже на технологическом уровне должны способствовать преодолению смыслового барьера, возникшего в настоящее время между математиками и инженерами.

Материалы и методы

Методологическую основу настоящего исследования составили:

– ключевые положения компетентностного и системно-деятельностного подходов в профессиональном образовании, определяющие цели, задачи и методы подготовки современного инженера. Они рассматриваются нами в предметной плоскости математических дисциплин, преподаваемых в технических вузах [1; 12; 15; 18];

– методология инженерной деятельности и технических наук, особенности инженерного мышления, ставящие определенные требования перед методикой обучения, распространенная в представленной статье на содержание и технологии обучения математике будущего инженера⁷;

– базовые принципы инженерной педагогики, утверждающие идеи интегрированности учебных планов в инженерно-техническом образовании, укрепления междисциплинарных связей учебных курсов, в частности математики с общетехническими и специальными дисциплинами [27; 28].

Основными исследовательскими методами статьи послужили методы анализа и интерпретации личного пе-

⁷ Горихов В. Г. Знать, чтобы делать...; Горихов В. Г. Техника и культура: возникновение философии техники...; Блехман И. И., Мышкис А. Д., Пановко Я. Г. Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов.

дагогического опыта, научных статей и разработок, нормативных документов. Среди материалов статьи: Федеральные образовательные стандарты (ФГОС-3+), примерные программы математических дисциплин для бакалавров технических направлений, материалы по истории математического образования инженера, научные и научно-методические труды ведущих отечественных и зарубежных специалистов в области математического и инженерного образования, результаты наблюдений над учебным процессом. К рассмотрению указанных источников авторы подошли с точки зрения принципов инженерной педагогики, системности и интеграции учебного процесса, ставя целью разработку специальных структур методической системы, интегрирующих математическую и инженерную подготовку бакалавров.

При построении модели и формировании выводов и рекомендаций статьи применялись методы:

– историко-педагогический, в соответствии с которым решению исследовательской задачи должен предшествовать и сопутствовать ретроспективный анализ постановки математического образования инженера в XIX–XX вв.; в этом смысле настоящая статья продолжает и развивает методические идеи, высказанные авторами ранее [8];

– диалогического понимания, подразумевающего наличие продуктивного диалога между преподавателем математики и инженером при технологическом проектировании учебного процесса, что реально может быть достигнуто путем взаимного консультирования, совместной научно-педагогической работы, изучением мнения преподавателей инженерных наук по вводимым методическим инновациям;

– структурирования и генерализации, использованные при построении интегрирующих структур методической системы.

Экспериментальная проверка целесообразности выдвинутых предложений о методической системе математического образования инженера проводилась по

наблюдениям за результатами учебного процесса студенческих групп, обучающихся по программам бакалавриата УГС «Техника и технологии». Наблюдения производились в Пензенском государственном технологическом университете в 2012–2016 гг. В эксперименте приняли участие студенты направлений подготовки: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и «Автоматизация технологических процессов и производств». Общее число обследованных студентов составило 101 чел.

В таблице 1 приведены результаты наблюдений за успеваемостью студентов указанных направлений подготовки по дисциплине «Математика» для традиционной методики и методики, модернизированной согласно приведенным рекомендациям: в числителе дробей показан средний балл студенческой группы, в знаменателе – процент студентов, охваченных различными видами дополнительного образования (показатель познавательной активности студенческой группы).

Результаты измерений были подвергнуты статистической обработке с помощью критерия согласия χ^2 -Пирсона, все ограничения которого в данном случае были соблюдены. Результаты такой обработки свидетельствуют о том, что в случае использования авторской методики (по сравнению с традиционной) имеет место достоверный рост обоих выше выделенных показателей. Данный факт подтвердил целесообразность внедрения в учебный процесс технологий, укрепляющих интеграцию математической и инженерной подготовки.

Результаты исследования

При разработке темы авторы исходили из того положения, что учебная дисциплина «Математика», входящая в систему инженерного образования, должна быть интегрирована в эту систему уже на уровне методики обучения. А это значит, что выбор метода обучения становится опосредованным специфическими чертами инженерного мировоззре-



Таблица 1. Сравнение показателей качества обучения при традиционном и модернизированном методах

Table 1. Comparison of indicators of quality of training at the traditional and modernized methods

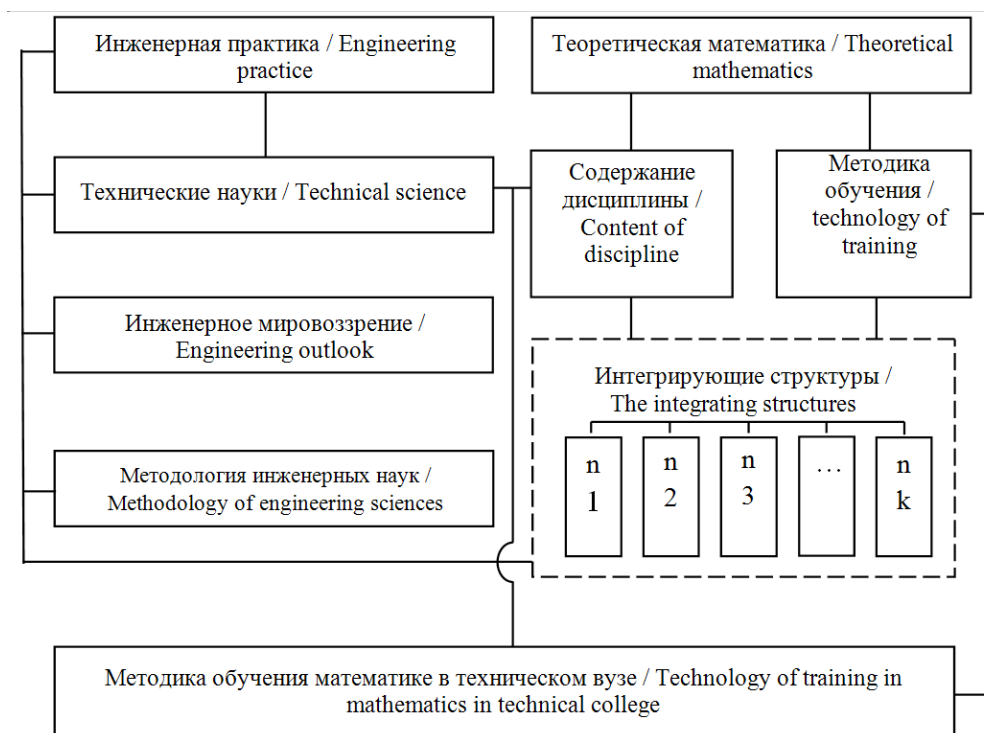
| Направление подготовки / Programme tracks | Средний балл вступит. экзамена / Average score of entrance examination | Поток 1 (традиционное обучение) / Stream 1 (traditional training) | | Поток 2 (модернизированное обучение) / Stream 2 (modernised training) | |
|--|---|---|-----------------------|---|-----------------------|
| | | Семестр 1 / Term 1 | Семестр 2 / Term 2 | Семестр 1 / Term 1 | Семестр 2 / Term 2 |
| Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / Design technological support of mechanical engineering productions | 48,3 | <u>57,8</u> 7 | <u>55,1</u> 11 | <u>63,2</u> 15 | <u>72,4</u> 27 |
| Количество студентов / Number of students | | 27 | 25 | 26 | 26 |
| Автоматизация технологических процессов и производств / Automation of technological processes and productions | 53,5 | <u>54,8</u> 4 | <u>53,3</u> 13 | <u>65,3</u> 13 | <u>71,7</u> 22 |
| Количество студентов / Number of students | | 25 | 23 | 23 | 22 |

ния, методологическими особенностями технических наук. В силу этой причины методическую систему математического образования инженера следует дополнить некоторыми функциональными структурами $n1, n2, n3, \dots, nk$, ответственными за интеграцию учебного курса. Положение интегрирующих структурных элементов в интеграционной модели методической системы показано на рисунке 1.

Под методическими интегрирующими структурами математического образования инженера авторы понимают специальные направления научно-методической работы, ответственные за согласование целей и межпредметные связи учебной дисциплины. Поясним содержание этого понятия на примерах наиболее характерных видов этой методической работы.

1. *Сочетание формального и неформального компонентов в обучении.* Современная математика и ее преподавание настолько формализованы, что в ином учебнике геометрии можно не встретить ни одного чертежа. Однако математика, преподаваемая бакалаврам

технических направлений, не столько теоретическая, сколько прикладная наука. Поэтому в учебных вопросах наряду с формальными обязательно присутствие неформальных компонентов, включая неформальные рассуждения и элементы неформальной логики. Например, при изучении темы решения систем линейных уравнений по правилу Крамера студентам в качестве задачи с практическим содержанием предлагается решить транспортную задачу для двух потребителей и двух поставщиков. Как известно, такая задача приводит к линейной системе четвертого порядка, в которой главный определитель равен нулю. Формальное применение правила для исследования совместности системы потребовало бы вычисления еще четырех определителей четвертого порядка. Возникает вопрос: поскольку по смыслу задачи заранее известно, что решение есть, необходимо ли это? Поэтому совершенно точно можно утверждать равенство нулю всех вспомогательных определителей, и теперь уже фиксируем у системы бесконечное число решений.



Р и с. 1. Интегрированная модель методической системы предмета математики
 F i g. 1. The integrated model of methodical system of mathematics as a subject

Таким образом, использование смыслового содержания позволило существенно упростить математическую часть задачи. Заметим также чисто дидактическое значение соединения в задаче «формального» и «неформального», приводящее к повышению уровня осмысленности учения и лучшему уяснению понятий.

Подобрать достаточно большое число задач практического содержания для технических направлений подготовки не так сложно. Математика широко используется в технических науках и для этого достаточно обратиться с этой целью к общетехническим или специальным дисциплинам. Однако использование заданий с неформальным содержанием даже в простых случаях может вызвать дополнительные сложности [25].

2. *Применение экспериментально-индуктивного метода. Рациональная логика.* Первое предполагает использование при преподавании математики методов индуктивных наук, как наиболее

соответствующих стилю инженерного мышления. Следование этому принципу в методике обучения означает применение при выводе теорем и решении задач логической схемы «от частного к общему», более широкое и разнообразное использование рациональных рассуждений и эвристических приемов. В этом видится одна из важнейших дидактических целей курса математики, интегрированного в систему инженерного образования: в вопросах обучения и воспитания методика математики не пассивно следует психологическим предпочтениям, свойственным инженерному мировоззрению, она сама активно участвует в его формировании и обладает для этого необходимыми средствами. Д. Пойа писал: «Математика в некоторых отношениях является наиболее подходящим экспериментальным материалом для изучения индуктивных рассуждений. <...> Благодаря своей неотъемлемой простоте и ясности математические объ-



екты подходят для этого рода психологического эксперимента гораздо лучше, чем объекты из любой другой области»⁸.

Логика прикладной математики является структурой, в которой формальная логика переплетается с так называемой рациональной. Указываются некоторые типы рациональных рассуждений:

а) использование физического моделирования и численных экспериментов;

б) применение понятий вне рамок их первоначального определения;

в) выводы, сформулированные на интуитивных представлениях;

г) доказательство на принципе частных случаев (индукция);

д) доводы, основанные на аналогии или эксперименте;

е) использование результатов приближенного вычисления при отсутствии строго полученной явной оценки ошибки⁹. Как видим, логика прикладной математики (рациональная логика) является логикой экспериментально-индуктивного метода обучения. Это веский аргумент в пользу целесообразности его применения в профессиональном образовании.

В качестве примера заданий на экспериментально-индуктивный метод можно привести задачи поиска эмпирических формул.

В условии задачи задаются данные таблицы (табл. 2). Требуется составить зависимость расстояния r до Солнца от номера n планеты в аналитическом виде.

Предварительно необходимо исследовать ее эмпирически, выбрать вид

формулы и только после этого провести необходимые расчеты. В заключение для проверки качества решения рекомендуется сравнить полученный результат с известной в астрономии формулой Тициуса – Боде: $r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$. Подобного рода условия демонстрируют методологический «арсенал» прикладной математики при возможностях регулирования учебной сложности задачи.

Несмотря на значительное число публикаций по тематике применения конкретно-индуктивного метода в математическом образовании, это направление до сих пор вызывает много возражений и в силу ряда причин в должной мере еще не утвердилось в учебной практике. Поэтому в настоящее время имеется потребность как в общих исследованиях данного метода, так и в конкретных его методических разработках (табл. 2).

3. *Визуализация обучения.* В инженерном образовании значение данного принципа не сводится только к соответствующему правилу дидактики. Для инженера визуализация это еще и метод работы, состоящий в поиске путей от абстрактных понятий (общие теории, правила) к конкретному воплощению (физические явления, технические устройства). Вот почему инженеры всегда выступают против излишней абстрактности и настаивают на наглядности обучения. На эту тему имеется богатый историко-педагогический опыт [7], выполнены современные теоретические и диссертационные исследования¹⁰.

Т а б л и ц а 2. Расстояния планет солнечной системы до Солнца (в условных астрономических единицах)

T a b l e 2. Distances of solar system planets to the Sun (in conventional astronomical units)

| Планета (номер) / Planet (number) | Венера / Venus n = 0 | Земля / Earth n = 1 | Марс / Mars n = 2 | Цере-ра / Ceres n = 3 | Юпи-тер / Jupiter n = 4 | Са-турн / Saturn n = 5 | Уран / Uranium n = 6 |
|---|-------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Расстояние до Солнца / Distance to the Sun, r | 0,72 | 1,00 | 1,52 | 2,90 | 5,20 | 9,54 | 19,2 |

⁸ Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. М. : Наука, 1975. 464 с.

⁹ Блехман И. И., Мышкис А. Д., Пановко Я. Г. Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов.

¹⁰ Скоробогатова Н. В. Наглядное моделирование профессионально-ориентированных задач в обучении математике студентов инженерных направлений технических вузов : автореф. дисс. ... канд. пед. наук. Ярославль, 2006. 28 с.

Для настоящей статьи представляет интерес использование накопленных научно-педагогических знаний с целью интеграции математической и инженерной подготовки бакалавров. Разработка теоретических подходов и методических средств визуализации обучения рассматривается авторами в качестве способа формирования инженерного мышления и потому позиционируется как направление создания интегрированного учебного курса в системе технического образования. Принятый подход позволяет использовать уже готовые и апробированные на практике методические средства. Разумеется, у каждого преподавателя тут имеются собственные «секреты», подчеркивающие определенные особенности темы. При изучении векторной алгебры выполнение операций над векторами можно сделать значительно нагляднее, если связать заданный вектор с конкретной геометрической фигурой, которую несложно вообразить и начертить. При таком подходе условие задачи рекомендуется давать примерно в следующей формулировке.

У прямоугольного параллелепипеда $ABCD A'B'C'D'$ заданы длины ребер. Требуется изобразить указанные векторы и совершить над ними следующие действия:

1) Определите координаты вектора DC в декартовой системе координат с осями, направленными вдоль ребер BA , BC и BB' , убедитесь, что вектор \overrightarrow{AB} , полученный путем параллельного переноса, имеет точно такие же координаты.

2) Изобразите на рисунке параллелепипед и найдите координаты сумм векторов $\overrightarrow{DC} + \overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{DC} + \overrightarrow{DB}$.

3) Вычислите скалярное произведение векторов \overrightarrow{AB} и \overrightarrow{BD} , используйте его для определения угла между ними.

4) Изобразите направление векторного произведения векторов \overrightarrow{AB} и \overrightarrow{BD} , найдите его координаты и длину.

5) Вычислите смешанное произведение векторов \overrightarrow{DC} , $\overrightarrow{D'A}$, \overrightarrow{DC} и поясните его геометрический смысл.

В приведенном способе формулирования условия задачи координаты на-

чальной и конечной точки вектора напрямую не заданы. Вместо них указываются их геометрические образы – вершины параллелепипеда. Аксонометрическое изображение геометрической фигуры в данном случае составляет визуальную опору для выполнения требуемых построений и тем самым делает ее полезным наглядным учебным пособием. В других ситуациях аналогичную роль могут выполнять механические устройства или физические явления. Например, достичь наглядности в объяснении применения разложения вектора по базису можно, воспользовавшись теорией цвета Д. К. Максвелла. Согласно данной теории существуют три базовых цвета: R (красный), G (зеленый) и B (синий). Другие цвета получаются сочетанием указанных базовых цветов и для них можно записать линейное выражение

$$\text{Цвет} = x \cdot R + y \cdot G + z \cdot B$$

в котором цветовая окраска приобретает векторную структуру, характеризуемую положительными числами: x , y , z , своеобразными координатами. Таким образом, исходно геометрическая задача получила внегеометрическую интерпретацию, связующую ее с инженерной педагогикой по проектированию систем компьютерной графики. Подобная трактовка учебного материала способна вызывать более сильное впечатление и придавать ему большую наглядность и убедительность.

Перечисленные направления не исчерпывают всех интегрирующих методических направлений, по которым целесообразно вести разработку учебного курса математики для технических вузов. Однако, по мнению авторов, они являются базовыми и характерны для начальных этапов технологического проектирования. Среди других направлений можно указать интегрированное проектно-ориентированное обучение, лабораторный метод, разработку математических методов инженерного анализа, использование в учебном процессе IT-технологий и др. По данным направлениям в Пензенском государственном технологическом университете разрабо-



вана экспериментальная площадка РАО и ведутся работы в рамках комплексной Программы непрерывного профессионального образования и интегрированного обучения.

Обсуждение и заключения

Результаты исследований приводят к следующим выводам и замечаниям.

В системе инженерного образования математика является фундаментальной наукой. Б. В. Гнеденко отмечал: «чтобы учащийся понял это, необходимо продемонстрировать фундаментом чего и как она становится»¹¹. Выполнение этой задачи обращает преподавание математики в сторону инженерной деятельности и специальных дисциплин.

В пояснительной записке к «Примерным программам математических дисциплин в образовательной области «Техника и технология» (УГС 090000, 200000-230000)», предназначенным для включения в цикл математических и естественно-научных дисциплин ФГОС-3, главной целью курса математики указывается «воспитание достаточно высокой математической культуры»¹². Достижение профессиональной направленности обучения обеспечивается тем, что: «каждый лектор дает несколько профессиональных задач, иллюстрирующих применение математических методов к их решению»¹³. По мнению составителей, методика обучения математике инженеров должна быть такой же, как и в классических университетах, только дополненная рассмотрением примеров из области профессии. Следование этой логике обособляет математику от общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин. И тогда достаточно остро возникает проблема интеграции математики. Предлагается решать эту проблему путем введения в вариативную часть интегративно-модульных спецкурсов [29, с. 78–80].

Авторы считают, что в математическом образовании инженера наивысший приоритет имеют общесистемные цели. В связи с этим главная цель математики как учебной дисциплины – формирование у будущих специалистов не только математической, как это сказано в Примерной программе, а профессиональной инженерной культуры, используя для этого средства математики. Только такая цель может быть в должной мере оценена потребителями математического образования. Возникающие при этом организационные и дидактические вопросы следует решать, начиная уже с базового курса, причем на уровне методики обучения.

В технических вузах в соответствии с общим направлением углубления практической ориентированности обучения, поддержанной образовательным стандартом ФГОС-3+, имеется потребность в специальном виде методической деятельности, организованной на началах согласования методологии математики с методологией инженерной деятельности и технических наук. В статье сделана попытка структурировать данный вид методической работы. В соответствии с этой целью разработана интегрированная модель методической системы, которая в дальнейшем была использована для проектирования технологического компонента методической системы. Эффективность авторских разработок подтверждается результатами наблюдений за ходом учебного процесса.

Тема исследований близка позиции, занимаемой в современной высшей школе «инженерной математикой» [2, 3]; инновационному направлению в современном инженерном образовании, поддерживающему междисциплинарность (интегрированность) учебных курсов, включая академические дисциплины [27; 28]; международному проекту «MetaMath», проводимому консорци-

¹¹ Гнеденко Б. В. О математике. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 208 с.

¹² Сборник примерных программ математических дисциплин цикла М и ЕН федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования 3-го поколения: [материал подготовлен Научно-методическим советом по математике Министерства образования и науки РФ]. М., 2008. 137 с.

¹³ Там же. С. 5.

умом вузов России и Европы и имеющим целью разработку методик, обеспечивающих превращение математики для студентов в понятный и естественный инструмент инженерного дела¹⁴.

Результаты статей уточняют общие цели указанных проектов и конкретизируют их на уровне технологий. Новыми являются систематизация интегрирующих структур и разрабатываемые на этой основе методические рекомендации.

Практическая значимость исследований заключается в акцентированных на интеграцию направлениях методической работы преподавателя высшей школы, в рекомендациях по составлению учебных материалов, показанных на примерах конкретных заданий. Предлагаемые интегрированные технологии придают учебному процессу новое качество. Однако следует иметь в виду, что раскрытие потенциальных перспектив данного направления становится возможным лишь при условии продуктивного взаимодействия математических кафедр с педагогическими и техническими кафедрами.

В целом, исходя из приведенных соображений, можно прогнозировать усиление тенденции профессионализации математического образования будущих инженеров на основе привлечения интегрированных образовательных технологий, характерных для их будущей профессиональной деятельности, с максимально возможным сохранением

развивающего потенциала собственно математического содержания. Такие технологии обеспечивают процессу профессиональной подготовки инженеров принципиально новое качество с перспективой функционирования внутренней структуры инженерного образовательного кластера вуза по типу саморегулирующейся системы. При этом в качестве основных направлений для дальнейшего исследования можно выделить реализацию возможностей «естественного» проектирования профессионального инструментария инженерной деятельности на все компоненты методической системы обучения математике будущих специалистов в вузе и разработку соответствующего содержательно-методического и технологического обеспечения. Такую возможность в определенной степени целесообразно рассмотреть в перспективе и применительно к обучению математике старшекласников инженерного профиля.

Таким образом, авторами планируется в дальнейшем углубление описываемых исследований в направлениях совершенствования и развития разрабатываемой интегрированной методической системы, расширения сфер ее реализации, проектирования новых технологических компонент, а также проведения достаточно масштабных педагогических экспериментов с международным участием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Багдасарьян Н. Г., Петрунёва Р. М., Васильева В. Д. Дихотомия «фундаментальное» и «узкопрофессиональное» в высшем техническом образовании: версия ФГОС // Высшее образование в России. 2012. № 5. С. 21–28. URL: <http://vovr.ru/upload/5-12.pdf> (дата обращения: 24.04.2017).

2. Приходько В. М., Соловьёв А. Н. Каким быть современному инженерному образованию? // Высшее образование в России. 2015. № 3. С. 45–56. URL: <http://vovr.ru/upload/3-15.pdf> (дата обращения: 24.04.2017).

3. Перспективы развития инженерного образования с позиций IGIP / М. Ауэр [и др.] // Высшее образование в России. 2013. № 2. С. 39–45. URL: http://www.kstu.kz/wp-content/uploads/docs/innovations/vysshee_obrazovanie_rossii/%D0%92%D1%8B%D1%81%D1%88%D0%B5%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B2%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8_2013_2/Vysshee%20obrazovanie%20v%20Rossii_2013_2_39.pdf (дата обращения: 24.04.2017).

¹⁴ Официальный сайт проекта. URL: <http://www.metamath.eu>.



4. Дячкин О. Д. К проблеме математического образования инженеров // *Alma mater* (Вестник высшей школы). 2015. № 3. С. 110–111. URL: <https://almavest.ru/ru/archive/725/1571> (дата обращения: 24.04.2017).
5. Приходовский М. А. Доказательства в курсе математики в школе и вузе // *Высшее образование в России*. 2013. № 2. С. 157–158. URL: <http://vovr.ru/upload/2-13.pdf> (дата обращения: 24.04.2017).
6. Malaty G. Eastern and Western mathematical education: unity, diversity and problems // *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 1997. Vol. 29, issue 3. Pp. 421–436. URL: <https://www.learntechlib.org/p/165147> (дата обращения: 24.04.2017).
7. Алёхина М. А., Федосеев В. М. Математика в системе многоуровневого инженерного образования: актуализация интеграции с техническими науками // XXI: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2015. Т. 3, № 6. С. 58–62. URL: https://vek21.penzgtu.ru/wp-content/uploads/2017/12/2015_28_3.pdf (дата обращения: 24.04.2017).
8. Федосеев В. М., Родионов М. А. Интеграция инженерной и математической подготовки как историко-педагогическая проблема // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки*. 2016. № 2. С. 200–211. DOI: 10.21685/2072-3024-2016-2-19
9. Федосеев В. М., Родионов М. А., Шабанов Г. И. Основы инженерной математики: теория и методика интегрированного обучения. М. : ИНФРА-М, 2018. 120 с. DOI: 10.12737/monography_59b-f7661e97791.04373209
10. Мышкис А. Д. О преподавании математики прикладникам // *Математика в высшем образовании*. 2003. № 1. С. 37–52. URL: http://www.unn.ru/math/no/1/_nom1_005_myshkis.pdf (дата обращения: 24.04.2017).
11. Дворяткина С. Н., Дякина А. А., Розанова С. А. Синергия гуманитарного и математического знания как педагогическое условие решения междисциплинарных проблем // *Интеграция образования*. 2017. Т. 21, № 1. С. 8–18. DOI: 10.15507/1991-9468.086.021.201701.008-018
12. Далингер В. А., Янущик О. В. Контекстные задачи по математике как средство диагностирования сформированности предметной компетентности у студентов инженерных специальностей // *Высшее образование сегодня*. 2011. № 10. С. 65–68. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22612695> (дата обращения: 24.04.2017).
13. Thurston W. Mathematical education // *Notices of the AMS*. 1990. Vol. 37. Pp. 844–850. URL: <https://arxiv.org/pdf/math/0503081.pdf> (дата обращения: 24.04.2017).
14. Шершинева В. А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза // *Педагогика*. 2014. № 5. С. 62–70. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22830091> (дата обращения: 24.04.2017).
15. Осипова С. И., Бутакова С. М. Интегративно-базисный подход в формировании математической компетентности студентов // *Alma mater* (Вестник высшей школы). 2011. № 2. С. 46–51. URL: <https://almavest.ru/en/archive/777/2744> (дата обращения: 24.04.2017).
16. Карпова Е. В., Матвеева Е. П. Роль формального и практического содержания математических дисциплин в формировании инженерного мышления студентов // *Педагогическое образование в России*. 2016. № 6. С. 50–55. URL: <http://docplayer.ru/52754854-Rol-formalnogo-i-prakticheskogo-soderzhaniya-matematicheskikh-disciplin-v-formirovanii-inzhenernogo-myshleniya-studentov.html> (дата обращения: 24.04.2017).
17. Роджерс Л. Историческая реконструкция математического знания // *Математическое образование*. 2001. № 1 (16). С. 74–85. (Перевод с английского выполнен А. И. Щетниковым). URL: <https://nsu.ru/classics/pythagoras/Rogers.pdf> (дата обращения: 24.04.2017).
18. Федосеев В. М. Математическое образование инженера в контексте стандартов CDIO: методический аспект // *Инженерное образование*. 2014. Вып. 16. С. 93–97. URL: http://www.ac-raee.ru/files/io/m16/art_11.pdf (дата обращения 24.04.2017).
19. Федосеев В. М. Научно-исследовательская работа со студентами как форма интеграции инженерной и математической подготовки в учебном процессе вуза // *Интеграция образования*. 2016. Т. 20, № 1. С. 125–133. DOI: 10.15507/1991-9468.082.020.201601.125-133
20. Федосеев В. М. Компетентностный подход к профессиональному образованию и реалистические традиции преподавания математики // *Профессиональное образование в России и за рубежом*. 2016. № 3(23). С. 182–188. URL: [http://www.prof-obr42.ru/Archives/3\(23\)2016.pdf](http://www.prof-obr42.ru/Archives/3(23)2016.pdf) (дата обращения: 24.04.2017).
21. Федосеев В. М. Методические функции натурной модели в контексте онтодидактики математического образования // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего - плюс. 2014. Вып. 04 (20). С. 287–294. URL: https://vek21.penzgtu.ru/wp-content/uploads/2017/12/2014_20.pdf (дата обращения: 24.04.2017).

22. *Посицельская И. Н.* Математический эксперимент как поддержка доказательства при изучении математики в вузе // Математика в высшем образовании. 2012. № 10. С. 43–48. URL: http://www.unn.ru/math/no/10/_nom10_004_positsel.pdf (дата обращения: 24.04.2017).

23. *Saiman, Puji Wahyuningsih, Hamdani.* Conceptual or procedural mathematics for engineering students at University of Samudra // International Conference on Mathematics: Education, Theory and Application, 2017. Pp. 1–10. DOI: 10.1088/1742-6596/855/1/012041

24. *Goold E.* Mathematics: Creating value for engineering students // “Mathematics: Creating Value for Engineering Students” 17th SEFI Mathematics Working Group seminar, Dublin, 2014. URL: <https://arrow.dit.ie/ittengcon/7> (дата обращения: 20.01.2018).

25. Mathematics and its value for engineering students: what are the implications for teaching? / D. Harris [et al.] // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 2014. Vol. 46, issue 3. Pp. 321–336. DOI: 10.1080/0020739X.2014.979893

26. *Coupland M., Gardner A., Carmody G.* Mathematics for engineering education: What students say // Proceedings of the 31st Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia. 2008. Pp. 139–146. URL: <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/11387/1/2008000447.pdf> (дата обращения: 20.01.2018).

27. *Швецов В. И., Сосновский С.* Модернизация преподавания математики как важнейшей составляющей междисциплинарности в инженерном образовании // Инженерное образование. 2016. Вып. 20. С. 207–212. URL: http://aeer.ru/files/io/m20/art_31.pdf (дата обращения: 24.04.2017).

28. *Чучалин А. И.* О применении подхода CDIO для проектирования уровневых программ инженерного образования // Высшее образование в России. 2016. № 4. С. 17–32. URL: <http://vovr.elpub.ru/jour/article/view/405> (дата обращения 24.04.2017).

29. *Розанова С. А.* О теории и методике обучения математике в высшей технической школе // Математическое образование. 2010. Вып. 2 (54). С. 73–82. URL: <http://mi.mathnet.ru/mo166> (дата обращения: 24.04.2017).

Поступила 27.03.2017; принята к публикации 01.04.2018; опубликована онлайн 29.06.2018.

Об авторах:

Родионов Михаил Алексеевич, заведующий кафедрой информатики и методики обучения информатике и математике ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, д. 40), доктор педагогических наук, профессор, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2213-9997>**, **Researcher ID: C-1509-2017**, do7tor@mail.ru

Федосеев Виктор Михайлович, доцент кафедры математики ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» (440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11), кандидат технических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1249-7259>**, fedoseev_vik@mail.ru

Дедовец Жанна, лектор кафедры школьного образования Вест-Индского университета (Сейнт Огастин Кампус, Сент Огастин, Университи драйв, 1, Тринидад и Тобаго), кандидат педагогических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0368-202X>**, zhanna.dedvets@sta.uwi.edu

Шабанов Геннадий Иванович, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68/1), доктор педагогических наук, профессор, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1764-9047>**, **Researcher ID: C-1752-2017**, shabanovgi@mail.ru

Акимова Ирина Викторовна, доцент кафедры информатики и методики обучения информатике и математике ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, д. 40), кандидат педагогических наук, доцент, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0900-4676>**, **Researcher ID: K-6733-2015**, ulrih@list.ru

Заявленный вклад авторов:

Родионов Михаил Алексеевич – постановка проблемы; критический анализ; доработка текста.

Федосеев Виктор Михайлович – составление концепции исследования; сбор и обработка материалов.

Дедовец Жанна – анализ литературы по теме исследования; сбор и обработка материалов; формализованный анализ данных.



Шабанов Геннадий Иванович – критический анализ и доработка текста статьи; формализованный анализ данных.

Акимова Ирина Викторовна – анализ литературы по теме исследования; сбор и обработка материалов; формализованный анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Bagdasaryan N.G., Petrunyova R.M., Vasilyeva V.D. Standards of new generation: dichotomy of “fundamental” and “narrow professional” in higher technical education. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2012; 5:21-28. Available at: <http://vovr.ru/upload/5-12.pdf> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
2. Prikhodko V.M., Solovyev A.N. What should be the modern engineering education (thinking of global forum participants)? *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2015; 3:45-56. Available at: <http://vovr.ru/upload/3-15.pdf> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
3. Auer M., Dobrovskaya D., Edwards A., Likl E. New pedagogic challenges in engineering education and the answer of IGIP. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher education in Russia. 2013; 2:39-45. Available at: http://www.kstu.kz/wp-content/uploads/docs/innovations/vysshee_obrazovanie_rossii/%D0%92%D1%8B%D1%81%D1%88%D0%B5%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B2%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8_2013_2/Vysshee%20obrazovanie%20v%20Rossii_2013_2_39.pdf (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
4. Dyachkin O.D. On the problem of mathematical education of engineers. *Alma Mater. Vestnik vysshey shkoly* = Alma Mater. Higher School Bulletin. 2015; 3:110-111. Available at: <https://almavest.ru/ru/archive/725/1571> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
5. Prikhodovsky M.A. Proof of theorems in school and university mathematics courses as a method for improving the results of studies. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2013; 3:157-158. Available at: <http://vovr.ru/upload/2-13.pdf> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
6. Malaty G. Eastern and Western mathematical education: Unity, diversity and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 1997; 29(3):421-436. Available at: <https://www.learntechlib.org/p/165147> (accessed 24.04.2017).
7. Alekhina M.A., Fedoseyev V.M. Mathematics in system of multilevel engineering education: Integration technical sciences. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus* = 21st Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus. 2015; 3(6):58-62. Available at: https://vek21.penzgtu.ru/wp-content/uploads/2017/12/2015_28_3.pdf (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
8. Fedoseyev V.M., Rodionov M.A. Integration of engineering and mathematical training as a historical and pedagogical problem. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Gumanitarnye nauki* = University Proceedings. Volga Region. Humanities. 2016; 2:200-211. (In Russ.) DOI: 10.21685/2072-3024-2016-2-19
9. Fedoseyev V.M., Rodionov M.A., Shabanov G.I. [Fundamentals of engineering mathematics: Theory and methodology of integrated learning]. Moscow: INFRA-M; 2018. (In Russ.) DOI: 10.12737/monograp hy_59bf7661e97791.04373209
10. Myshkis A.D. On the teaching of mathematics to applied science students. *Matematika v vysshem obrazovanii* = Mathematics in Higher Education. 2003; 1:37-52. Available at: http://www.unn.ru/math/no/1/_nom1_005_myshkis.pdf (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
11. Dvoryatkina S.N., Dyakina A.A., Rozanova S.A. Synergy of humanitarian and mathematical knowledge as a pedagogical condition for solving interdisciplinary problems. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2017; 21(1):8-18. (In Russ.) DOI: 10.15507/1991-9468.086.021.201701.008-018
12. Dalinger V.A., Yanushchik O.V. [Context mathematical problems during formation of core competences of engineering students]. *Vyssheye obrazovaniye segodnya* = Higher Education Today. 2011; 10:65-68. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22612695> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
13. Thurston W. Mathematical education. *Notices of the AMS*. 1990; 37:844-850. Available at: <https://arxiv.org/pdf/math/0503081.pdf> (accessed 24.04.2017).

14. Shershneva V.A. Formation of mathematical competence of engineering high school students. *Pedagogika* = Pedagogy. 2014; 5:62-70. Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22830091> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
15. Osipova S.I., Butakova S.M. Integrative and basic approach in formation of mathematical competence of students. *Alma Mater. (Vestnik vysshey shkoly)* = Alma Mater. (Higher School Herald). 2011; 2:46-51. Available at: <https://almavest.ru/en/archive/777/2744> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
16. Karpova E.V., Matveeva E.P. The role of the formal and practical content of mathematical subjects in the formation of engineering thinking of students. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii* = Pedagogical Education in Russia. 2016; 6:50-55. Available at: <http://docplayer.ru/52754854-Rol-formalnogo-i-prakticheskogo-soderzhaniya-matematicheskikh-disciplin-v-formirovaniy-inzhenerenogo-myshleniya-studentov.html> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
17. Rodzhers L. Historical reconstruction of mathematical knowledge. *Matematicheskoye obrazovaniye* = Mathematical Education. 2001; 1(16):74-85. Available at: <https://nsu.ru/classics/pythagoras/Rogers.pdf> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
18. Fedoseyev V.M. [Mathematical education of an engineer in the context of CDIO standards: the methodological aspect]. *Inzhenernoye obrazovaniye* = Engineering Education. 2014; 16:93-97. Available at: http://www.ac-rae.ru/files/io/m16/art_11.pdf (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
19. Fedoseyev V.M. Involving students in research as a form of integration of engineering with mathematical education. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2016; 20(1):125-133. (In Russ.) DOI: 10.15507/1991-9468.082.020.201601.125-133
20. Fedoseyev V.M. Competence-based approach to professional education and realistic traditions of teaching mathematics. *Professionalnoye obrazovaniye v Rossii i za rubezhom* = Professional Education in Russia and Abroad. 2016; 3(23):182-188. Available at: [http://www.prof-obr42.ru/Archives/3\(23\)2016.pdf](http://www.prof-obr42.ru/Archives/3(23)2016.pdf) (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
21. Fedoseyev V.M. [Methodological functions of the natural model in the context of ontodidactics of mathematical education]. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus* = 21st Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus. 2014; 04(20):287-294. Available at: https://vek21.penzgtu.ru/wp-content/uploads/2017/12/2014_20.pdf (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
22. Positselskaya I.N. Mathematical experiment as proof support when studying mathematics. *Matematika v vysshem obrazovanii* = Mathematics in Higher Education. 2012; 10:43-48. Available at: http://www.unn.ru/math/no/10/nom10_004_positsel.pdf (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
23. Saiman, Puji Wahyuningsih, Hamdani. Conceptual or procedural mathematics for engineering students at University of Samudra. *International conference on mathematics: Education, theory and application*. 2017. p. 1-10. DOI: 10.1088/1742-6596/855/1/012041
24. Goold E. Mathematics: Creating value for engineering students. "Mathematics: Creating Value for Engineering Students" 17th SEFI Mathematics Working Group seminar, Dublin, 2014. URL: <https://arrow.dit.ie/ittengcon/7> (accessed 20.01.2018).
25. Harris D., Black L., Hernandez-Martinez P., Pepim B., William J. Mathematics and its value for engineering students: what are the implications for teaching? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2014; 46(3):321-336. DOI: 10.1080/0020739X.2014.979893
26. Coupland M., Gardner A., Carmody G. Mathematics for engineering education: what students say. In: Proceedings of the 31st Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia. 2008. p. 139-146. Available at: <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/11387/1/2008000447.pdf> (accessed 20.01.2018).
27. Shvetsov V.I., Sosnovskiy S. [Modernisation of the teaching of mathematics as the most important component of interdisciplinarity in engineering education]. *Inzhenernoye obrazovaniye* = Engineering Education. 2016; 20:207-212. Available at: http://aeer.ru/files/io/m20/art_31.pdf (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
28. Chuchalin A.I. Application of the CDIO approach to three level engineering programs desing. *Vysshye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2016; 4:17-32. Available at: <http://vovr.elpub.ru/jour/article/view/405> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)
29. Rozanova S.A. [On the theory and methodology of teaching mathematics in the higher technical school]. *Matematicheskoye obrazovaniye* = Mathematical Education. 2010; 2(54):73-82. Available at: <http://mi.mathnet.ru/mo166> (accessed 24.04.2017). (In Russ.)

Submitted 27.03.2017; revised 01.04.2018; published online 29.06.2018.

*About the authors:*

Mikhail A. Rodionov, Head of Chair of Informatics and Methodology of Teaching Informatics and Mathematics, Penza State University (40 Krasnaya St., Penza 440026, Russia), Dr.Sci. (Pedagogy), Professor, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2213-9997>, **Researcher ID:** C-1509-2017, do7tor@mail.ru

Victor M. Fedoseyev, Associate Professor of Chair of Mathematics, Penza State Technological University (1a/11 Baydukova St./Proyezd Gagarina, Penza 440039, Russia), Ph.D. (Engineering), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1249-7259>, fedoseev_vik@mail.ru

Zhanna Dedovets, Lecturer of School of Education, University of the West Indies (1 Universiti drive, SOE St. Augustine, St Augustine, Trinidad and Tobago), Ph.D., **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0368-202X>, zhanna.dedvets@sta.uwi.edu

Gennadiy I. Shabanov, Professor of Chair of Computer Aided Design, National Research Mordovia State University (68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russia), Dr.Sci. (Pedagogy), Professor, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1764-9047>, **Researcher ID:** C-1752-2017, shabanovgi@mail.ru

Irina V. Akimova, Associate Professor of Chair of Informatics and Methodology of Teaching Informatics and Mathematics, Penza State University (40 Krasnaya St., Penza 440026, Russia), Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0900-4676>, **Researcher ID:** K-6733-2015, ulrih@list.ru

Contribution of the authors:

Mikhail A. Rodionov – formulating the research problem; critical analyzing; revision and editing the text.
Victor M. Fedoseyev – developing research conceptual framework; collecting and processing the materials.

Zhanna Dedovets – reviewing the relevant literature; collecting and processing the materials; formalized data analysis.

Gennadiy I. Shabanov – critical analyzing and revision of the text; formalized data analysis.

Irina V. Akimova – reviewing the relevant literature; collecting and processing the materials; formalized data analysis.

All authors have read and approved the final manuscript.