

## Фундаментальный подход к университетской подготовке IT-специалистов

Научная статья

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-2-119-134

Замятин Александр Владимирович – д-р техн. наук, проф., [zamyatin@mail.tsu.ru](mailto:zamyatin@mail.tsu.ru)

Чучалин Александр Иванович – д-р техн. наук, проф., [a.chuchalin1952@gmail.com](mailto:a.chuchalin1952@gmail.com)

Томский государственный университет, Томск, Россия

Адрес: 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36

*Аннотация.* Статья посвящена подготовке IT-специалистов в классических университетах в контексте реализации федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Изложен общий подход, определены цели и содержание фундаментального образования и специализированной подготовки бакалавров, магистров и кадров высшей квалификации в аспирантуре к комплексной, инновационной и исследовательской деятельности. Представлена структура программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры Института прикладной математики и компьютерных наук Томского государственного университета, модернизированных на основе изложенного подхода. Приведены результаты согласования программ с работодателями и обучающимися.

*Ключевые слова:* классический университет, подготовка IT-специалистов, фундаментальный подход, модернизация образовательных программ

*Для цитирования:* Замятин А.В., Чучалин А.И. Фундаментальный подход к университетской подготовке IT-специалистов // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 2. С. 119–134. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-2-119-134

## Fundamental Approach to University Education and Training of IT Professionals

Original article

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-2-119-134

Alexander V. Zamyatin – Dr. Sc. (Computer Science), Prof., [zamyatin@mail.tsu.ru](mailto:zamyatin@mail.tsu.ru)

Alexander I. Chuchalin – Dr. Sc. (Engineering), Prof., [a.chuchalin1952@gmail.com](mailto:a.chuchalin1952@gmail.com)

Tomsk State University, Tomsk, Russia

Address: 36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation

**Abstract.** The paper is devoted to education and training of professionals in the IT field in classical universities in the context of the implementation of the Federal Project “Human Resources for the Digital Economy” of the National Program “Digital Economy of the Russian Federation”. The general approach, goals and content of fundamental education and specialized training of Bachelors, Masters and PhD-holders to complex, innovative and research activities have been determined. The structure of Bachelor, Master and PhD programs of the Institute of Applied Mathematics and Computer Science of Tomsk State University modernized on the basis of the above approach, is presented. The paper pays special attention to the training of T-Shaped specialists in IT in classical universities, dwells on the fundamental education of IT specialists. The results of the coordination of programs with employers and students are given.

**Keywords:** classical university, training of IT professionals, fundamental approach, modernization of academic programs

**Cite as:** Zamyatin, A.V., Chuchalin, A.I. (2022). Fundamental Approach to University Education and Training of IT Professionals. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 2, pp. 119-134, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-2-119-134 (In Russ., abstract in Eng.).

### Введение

Для участия университетов в федеральном проекте «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», направленном на «подготовку высококвалифицированных кадров, отвечающих новым требованиям к ключевым компетенциям цифровой экономики», необходима модернизация программ высшего образования в области математики, информатики и цифровых технологий (ИТ-области) и повышение квалификации преподавателей, участвующих в разработке и реализации программ.

Для модернизации образовательных программ университетам важно определиться с приоритетами в подготовке ИТ-специалистов и согласовать их с заинтересованными предприятиями отрасли. К сожалению, при обсуждении вопросов кадрового обеспечения цифровых трансформаций, происходящих в национальной экономике, предложения работодателей часто сводятся к решению проблемы дефицита ИТ-специалистов путём увеличения контрольных цифр приёма в вузы по соответствующим направлениям и специальностям, сокращения сроков подготовки, а также за счёт других мероприятий, увеличивающих массу специалистов, способных сопровождать готовую продукцию,

разработанную, как правило, за рубежом<sup>1</sup>. Меньше внимания уделяется вопросам подготовки профессионалов, способных создавать принципиально новые ИТ-продукты, процессы, системы и сервисы, конкурентоспособные на мировом рынке и обеспечивающие технологическую независимость и безопасность страны в цифровой сфере<sup>2</sup>. В

<sup>1</sup> *Алексеев В.* Катастрофический дефицит. Цифровому прорыву предрекли острую нехватку ИТ-специалистов // Деловой Петербург: Интернет-портал. 2020. 24 января. URL: [https://www.dp.ru/a/2020/01/24/Katastroficheskiy\\_deficit](https://www.dp.ru/a/2020/01/24/Katastroficheskiy_deficit) (дата обращения: 22.12.2021); *Осовицкая Н.* За дефицитом ИТ-специалистов может последовать нехватка рабочих // РБК: Интернет-портал. URL: <https://plus.rbc.ru/news/5c9827ad7a8aa92a5dea09a6> (дата обращения 22.12.2021); *Нехватка кадров, о чём, где, для кого, а есть ли на самом деле?* // Хабр – сообщество ИТ-специалистов. 2020. 26.06. URL: <https://habr.com/ru/post/508456/> (дата обращения 22.12.2021).

<sup>2</sup> *Карёба Т.* Алексей Боровков, проректор по перспективным проектам Санкт-Петербургского политехнического университета: интервью // Человек дела: Интернет-портал. 2019. №9 (27). URL: <https://chelovekdela.com/articles/interviews-persons/aleksey-borovkov-prorektor-po-perspektivnym-proektam-sankt-peterburgskogo-politehnicheskogo-universiteta-imeni-petra-velikogo-i-osnovatel-gk-compmechlab/> (дата обращения 22.12.2021).

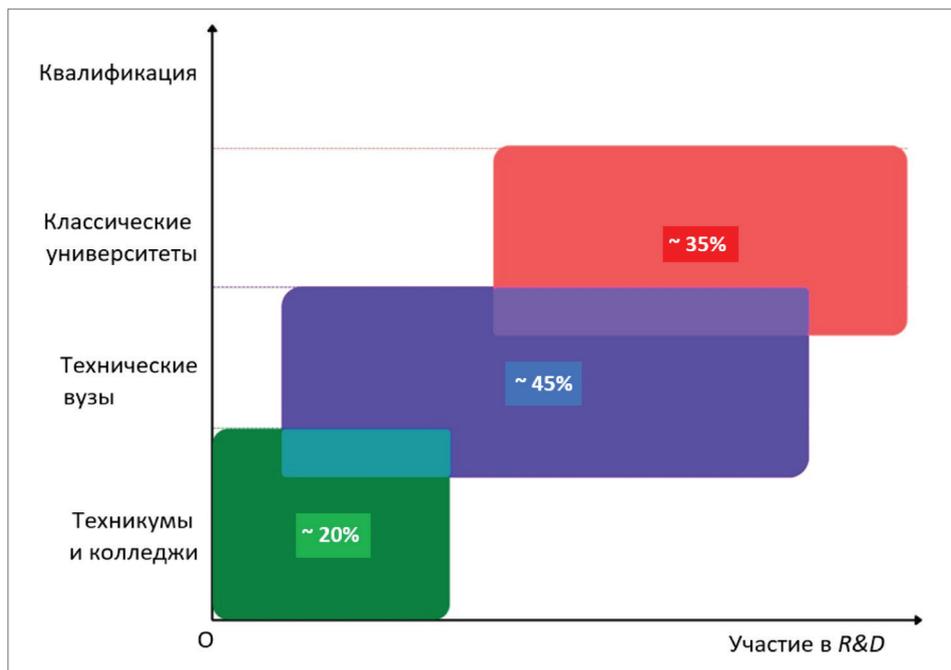


Рис. 1. Стратификация специалистов IT-отрасли  
Fig. 1. Stratification of IT industry employees

лучшем случае обсуждаются конкретные компетенции IT-специалистов, в том числе указанные в профессиональных стандартах для IT-отрасли, которые, следует признать, сформулированы более внятно по сравнению с профессиональными стандартами для других отраслей<sup>3</sup>. Однако и они требуют обновления.

Отношение работодателей к подготовке IT-специалистов во многом связано со структурой рабочих мест и вакансий в IT-отрасли, в которой можно выделить три основные страты сотрудников, имеющих различные уровни и профили подготовки, позволяющие им участвовать в исследованиях и разработках (R&D) по созданию новой продукции. На *рисунке 1* указаны доли (%) сотрудников IT-отрасли в каждой страте, по

данным экспертного анализа и исследования порталов IT-вакансий (типа <https://hh.ru/>).

Нижняя страта образована специалистами с квалификацией, полученной в техникумах и колледжах. Численность таких специалистов – менее 20% от общего количества рабочих мест в IT-отрасли. Как правило, это специалисты технической IT-поддержки и сопровождения (Helpdesk, Web-мастер, первичная оптимизация сайтов и др.). Для них вполне достаточно среднего профессионального образования, и их творческое участие в R&D весьма незначительно.

Наиболее многочисленная в нашей стране страта, охватывающая почти половину (45%) всех вакансий IT-отрасли, представлена системными администраторами, системными интеграторами, сопровождающими CRM-систем, web-разработчиками, тестировщиками, администраторами баз данных и др. Это специалисты, способные сопровождать готовые продукты, а также разработчики программного обеспечения начального

<sup>3</sup> Профессиональные стандарты // Интернет-портал: Совет по профессиональным квалификациям в области информационных технологий. URL: <http://spk-it.ru/profs/> (дата обращения 22.12.2021).

уровня. Подготовку таких специалистов осуществляют технические и технологические вузы, однако, по мнению экспертов, их количество недостаточно для удовлетворения потребностей IT-отрасли страны. Специалисты с дипломами технических университетов участвуют в исследованиях и разработках на определенных этапах создания новых IT-продуктов, процессов, систем и сервисов. Вместе с тем R&D-деятельность не является для них основной.

Инновационная деятельность по созданию принципиально новой IT-продукции, обладающей высокой добавленной стоимостью и конкурентоспособной на мировом рынке, является приоритетной для специалистов, входящих в верхнюю страту, охватывающую около одной трети (35%) вакансий IT-отрасли. Это специалисты по управлению проектами, компьютерной безопасности, аналитике, data scientists, технические писатели, инженеры-разработчики программного обеспечения высокого уровня и др. Их подготовку ведут, как правило, классические университеты, обеспечивающие фундаментальное образование в области математики, естественных и компьютерных наук. Становление и профессиональное развитие специалистов высокой квалификации происходит непосредственно в IT-компаниях, занимающихся R&D- и инновационной деятельностью. Однако даже самые продвинутые компании предпочитают не заниматься фундаментальным образованием своих сотрудников, а получать их «готовыми» с рынка труда. Следует отметить, что преимущественно в эту страту входят кадры высшей квалификации – кандидаты и доктора наук (~ 1% общей численности), как правило, возглавляющие R&D-команды в IT-компаниях. Очевидно, этого совершенно недостаточно для развития отечественной IT-отрасли.

Таким образом, структура рабочих мест и вакансий для специалистов в IT-отрасли весьма неоднородна, и пути решения проблемы дефицита кадров в той или иной страте в значительной мере зависят от содержа-

ния работы и требований к компетенциям специалистов. Цель настоящей статьи – обратить особое внимание на подготовку IT-специалистов с университетским образованием, от которых общество ждёт инновационной продукции, вносящей существенный вклад в развитие экономики и повышение конкурентоспособности страны, обеспечивающей её технологическую независимость и безопасность в цифровой сфере.

### Подход к университетскому IT-образованию

На наш взгляд, необходимо пересмотреть подход к подготовке IT-специалистов в университетах, придать ему более фундаментальный характер и реализовать с учётом отечественного опыта и мировых тенденций развития высшего STEM-образования. Отечественные и зарубежные исследователи обращают внимание на эволюцию образования в области STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) в направлении STEAM и STEM:IT с акцентом на творчество (Art), информатизацию и компьютеризацию (IT) в условиях технологического развития, обусловленного масштабными инновациями и цифровыми трансформациями (The 4<sup>th</sup> Industrial Revolution) [1–3]. Актуализируются ключевые компетенции, которые должны приобретаться студентами на основе результатов обучения [4–6], разрабатываются новые образовательные стратегии и технологии, обеспечивающие формирование требуемых компетенций [7–10]. Особое внимание исследователей привлекают вопросы, связанные с интеграцией естественнонаучных, математических и инженерных дисциплин в учебных планах для целостного представления о природных явлениях и результатах деятельности человека по созданию искусственных сред, фундаментальной подготовке студентов к решению комплексных проблем, возникающих в реальной жизни [11–13]. Важное место в эволюции образования в области STEM занимают вопросы повышения квалификации преподавателей

и педагогической подготовки докторантов в зарубежных университетах, реализующих междисциплинарный и трансдисциплинарный подходы к обучению [14–16].

Ниже изложен академический подход к подготовке бакалавров, магистров и кадров высшей квалификации в аспирантуре классических университетов. Он отличается от прикладного бакалавриата и магистратуры, реализуемых в некоторых технических университетах, а также в университетах прикладных наук (Universities of Applied Sciences), существующих за рубежом.

Фундаментальность подхода должна обеспечиваться:

- системностью подготовки ИТ-специалистов различного уровня в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре к комплексной, инновационной и исследовательской деятельности в соответствии не только с текущими потребностями ИТ-отрасли, но и с перспективами её развития;

- разработкой нового поколения образовательных программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры, обеспечивающих необходимый уровень фундаментальной подготовки выпускников к эффективной и результативной комплексной, инновационной и исследовательской деятельности;

- междисциплинарной STEM:ИТ-подготовкой специалистов к командной работе с профессионалами из других предметных областей при разделении труда, обеспечивающем максимальную производительность и качество продукции на всех этапах её жизненного цикла;

- комплексной подготовкой преподавателей университетов к разработке и реализации образовательных программ с фундаментальной компонентой в ИТ-области (математика, информатика, цифровые технологии) на всех этапах жизненного цикла (создание R&D-основ, проектирование структуры и содержания, оптимальное сочетание on-campus- и online-технологий обучения, адекватная оценка качества), соответствующих международным стандартам

и лучшим практикам университетов – мировых лидеров;

- пониманием ключевого свойства фундаментальной подготовки специалистов, которое заключается в приобретении ими знаний и умений, не подверженных сиюминутной конъюнктуре рынка труда, а ориентированных на развитие профессиональных компетенций (бакалавриат, магистратура), необходимых для создания новых ИТ-продуктов, процессов, систем и сервисов, востребованных обществом, а также методологических знаний (аспирантура), необходимых для перспективных научных исследований и создания новых знаний в предметной области.

### Модернизация образовательных программ

Фундаментальность университетской подготовки ИТ-специалистов означает приобретение ими знаний и умений, имеющих продолжительный «жизненный цикл» и обеспечивающих академическую мобильность обучающихся и профессиональную мобильность выпускников. Фундаментальные знания и умения должны быть достаточными для формирования на их основе новых знаний и умений, необходимых для расширения и углубления комплексной, инновационной и исследовательской деятельности ИТ-специалистов – выпускников бакалавриата, магистратуры и аспирантуры соответственно. При подготовке T-shaped-специалистов, обладающих требуемой широтой и глубиной знаний и умений, содержание фундаментального образования и его доля в общем ресурсе программ разного уровня должны быть различны (Рис. 2).

*Фундаментальность образования на уровне ИТ-бакалавриата* характеризуется широтой научной, математической и социально-экономической подготовки, приобретением базовых знаний и умений, достаточных для дальнейшей профессиональной подготовки по гибкой траектории с широким выбором узких специализаций и вы-

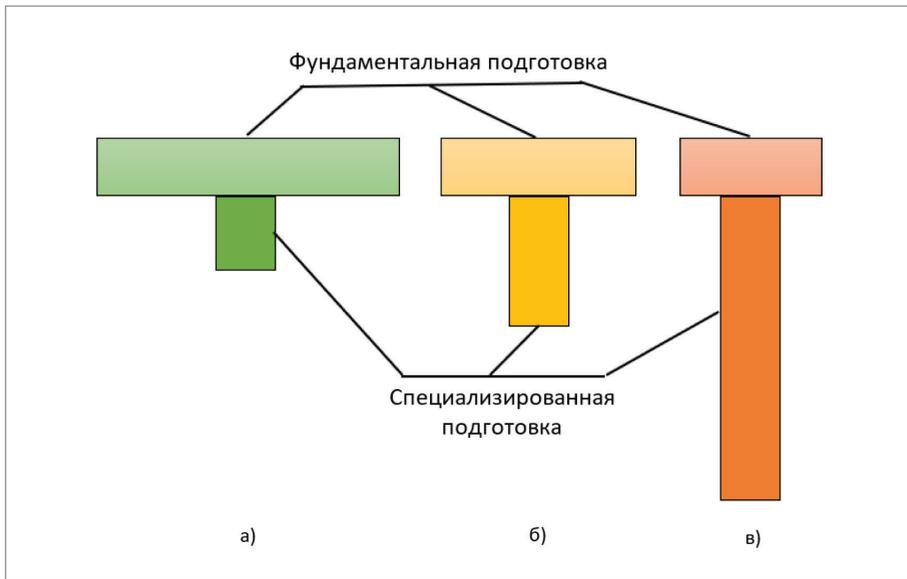


Рис. 2. Структура подготовки T-shaped-специалистов в бакалавриате (а), магистратуре (б) и аспирантуре (в)

Fig. 2. Structure of education & training of T-shaped graduates of Bachelor's (a), Master's (b) and PhD (c) programs

полнения выпускной квалификационной работы. В период профессиональной деятельности бакалавра фундаментальная подготовка, полученная в университете, должна позволить ему адаптироваться к изменениям в IT-отрасли и осваивать новые объекты, предметы и виды деятельности в пределах компетенций, связанных с планированием, проектированием, производством и применением IT-продуктов, процессов, систем и сервисов. Фундаментальная подготовка в бакалавриате должна занимать до 60–70% ресурса образовательной программы (рис. 2, а).

Фундаментальность образования на уровне IT-магистратуры характеризуется глубокой научной, технической и технологической подготовкой в IT-области, приобретением знаний и умений, достаточных для дальнейшей профессиональной подготовки по выбранной специализации и выполнения магистерской диссертации. После окончания университета фундаментальная подготовка должна позволить магистру занимать-

ся инновационной деятельностью в условиях развития IT-отрасли, прогнозировать, планировать, проектировать и участвовать в производстве новых IT-продуктов, процессов, систем и сервисов. Фундаментальная подготовка в магистратуре может занимать до 40–50% ресурса образовательной программы (рис. 2, б).

Фундаментальность образования на уровне IT-аспирантуры характеризуется таким уровнем научной, технической и методологической подготовки, который позволяет в период дальнейшего обучения в университете создавать новые знания и выполнять наукоёмкие разработки в IT-области с целью подготовить по результатам исследований и разработок научную квалификационную работу – диссертацию на соискание учёной степени кандидата наук. Фундаментальная подготовка аспиранта должна позволить ему после окончания университета заниматься научно-техническим предвидением и технологическим форсайтом в IT-области, проводить



Рис. 3. Структура программ бакалавриата в IT-области  
 Fig. 3. Structure of Bachelor's programs in IT

исследования, генерировать новые знания, создавать научную базу и обеспечивать научное сопровождение инновационных разработок IT-продуктов, процессов, систем и сервисов. Фундаментальная подготовка в аспирантуре должна занимать не более 20–30% ресурса программы (рис. 2, в). Остальное время аспирант должен заниматься собственными исследованиями.

Системный подход к фундаментальной подготовке IT-специалистов на основе изложенных принципов целесообразно реализовать в несколько этапов, поскольку он требует пересмотра структуры и наполнения учебных планов бакалавриата, магистратуры и аспирантуры новым содержанием. В 2020 г. он был применён при модернизации образовательных программ в Институте прикладной математики и компьютерных наук Томского государственного университета (ТГУ), а также использован при разработке и реализации программ повышения квалификации академического персонала российских университетов в МНТЦ ТГУ в рамках проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной про-

граммы «Цифровая экономика Российской Федерации» [17].

#### Бакалавриат

На рисунке 3 представлена диаграмма, иллюстрирующая структуру модернизированных образовательных программ подготовки бакалавров в области прикладной математики и информатики (01.03.02), математических методов в экономике (01.03.02), искусственного интеллекта и разработки программных продуктов (02.03.02), DevOps-инженерии и администрирования инфраструктуры IT-разработок (02.03.03), разработки программного обеспечения в цифровой экономике (09.03.03) и компьютерной безопасности (10.03.02).

Как следует из диаграммы, программы бакалавриата состоят из шести модулей. Первые три базовых модуля: «Soft skills», «Математические дисциплины», «Компьютерные науки и разработка ПО» – обеспечивают фундаментальную гуманитарную, математическую и общенаучную подготовку. Модуль «Soft skills» включает гуманитарные дисциплины, предусмотренные ФГОС, а

также курсы по основам информационной культуры, введению в компьютерные науки, теории систем и системному анализу, экономике, праву и предпринимательству. Модуль «Математические дисциплины» направлен на приобретение базовых знаний в области математического анализа, дискретной математики, математической логики и теории алгоритмов, алгебры и геометрии, теории вероятностей, математической статистики, имитационного моделирования, дифференциальных и разностных уравнений, методов оптимизации и исследования операций, вычислительной математики, основ математического моделирования, случайных процессов и теории графов. Модуль «Компьютерные науки и разработка ПО» включает курсы по операционным системам, компьютерным сетям, архитектуре вычислительных систем, основам информационной безопасности, а также введению в программную инженерию, алгоритмам и структурам данных, теории вычислительной сложности, языкам программирования, базам данных, основам программирования, методам компиляции, объектно-ориентированному анализу и проектированию, структурному проектированию, технологиям отраслевой цифровизации, объектно-ориентированному программированию, web-технологиям, разработке приложений для мобильных платформ, параллельному программированию.

Базовые модули обеспечивают научную, математическую и социально-экономическую подготовку к комплексной профессиональной деятельности и создают основу для дальнейшей специализации по направлениям, указанным в названии программ. Дополнительную широту междисциплинарной подготовки IT-бакалавров обеспечивает модуль «Междисциплинарный минор», благодаря освоению которого приобретаются знания в области социальной инженерии, организационного и правового обеспечения информационной безопасности, компьютерной безопасности, прикладных аспектов DevOps, DevOps-инженерии, систем вирту-

ализации и контейнеризации, внедрения и тестирования программного обеспечения, а также знания в смежных STEM-областях, необходимые для эффективной командной работы совместно с профессионалами из других предметных сфер.

Профессиональную подготовку IT-бакалавров по указанным выше программам обеспечивает модуль «Дисциплины специализации». Например, для программы со специализацией в области искусственного интеллекта и разработки программных продуктов предлагаются курсы по статистическим методам машинного обучения, нейронным сетям, глубинному обучению, технологиям высокопроизводительной обработки больших данных, прикладным аспектам машинного обучения, обработке естественного языка, интеллектуальным системам, интеллектуальному анализу данных, распознаванию образов и компьютерному зрению, визуализации многомерных данных и др.

Модуль «НИР и ВКР», посвящённый научно-исследовательской работе, практике и выполнению выпускной квалификационной работы, направлен в основном на профессиональную подготовку в области специализации. Однако он также вносит определённый вклад в фундаментальную методологическую подготовку IT-бакалавров.

Освоение дисциплин специализации, практика и подготовка выпускной квалификационной работы позволяют выпускнику бакалавриата после окончания университета приступить к профессиональной деятельности, связанной с изученными IT-объектами, процессами, системами и сервисами. Фундаментальная подготовка даёт возможность в дальнейшем освоить новые объекты, предметы и виды деятельности в пределах компетенций, связанных с их планированием, проектированием, производством и применением.

### *Магистратура*

На *рисунке 4* представлена диаграмма, иллюстрирующая структуру модернизирован-



Рис. 4. Структура программ магистратуры в IT-области  
 Fig. 4. Structure of Master's programs in IT

ных образовательных программ магистратуры в области информационной безопасности (01.04.02), интеллектуального анализа больших данных (01.04.02), обработки данных, управления и исследования стохастических систем (01.04.02), разработки программного обеспечения для Индустрии 4.0 (02.04.02), иммерсивных технологий, технического зрения и видеоаналитики (02.04.02), цифровизации государственного и муниципального управления (09.04.03).

Как следует из диаграммы, программы магистратуры также состоят из шести модулей, однако их соотношение отличается от соотношения аналогичных модулей в программах бакалавриата. Фундаментальная подготовка IT-магистров обеспечивается в основном тремя модулями: «Soft skills», «Общепрофессиональные дисциплины», «Компьютерные науки и разработка ПО». Содержание фундаментальной подготовки в магистратуре отличается от бакалавриата. Оно в значительной мере ориентировано на инновационную деятельность. Модуль «Soft skills» направлен на формирование лидерских качеств, способ-

ностей к руководству командной работой, навыков межкультурного взаимодействия и профессиональных коммуникаций на иностранном языке. Модуль «Общепрофессиональные дисциплины» развивает способности к изучению и оценке тенденций в области компьютерных наук, прогнозированию наиболее востребованных и конкурентоспособных IT-продуктов и услуг. Осваиваются технологии высокопроизводительной обработки больших данных, углубляются знания в области информационной безопасности при работе с персональными данными, а также при использовании интеллектуального и статистического анализа данных, применении непрерывных и дискретных математических моделей, создании нейронных сетей и глубинного обучения. Модуль «Компьютерные науки и разработка ПО» направлен на углубление знаний в области программной инженерии, разработки программного обеспечения, скриптовых языков, алгоритмов и структур данных, DevOps-инженерии. Модуль «Междисциплинарный минор» обеспечивает дополнительную фундаментальную подго-

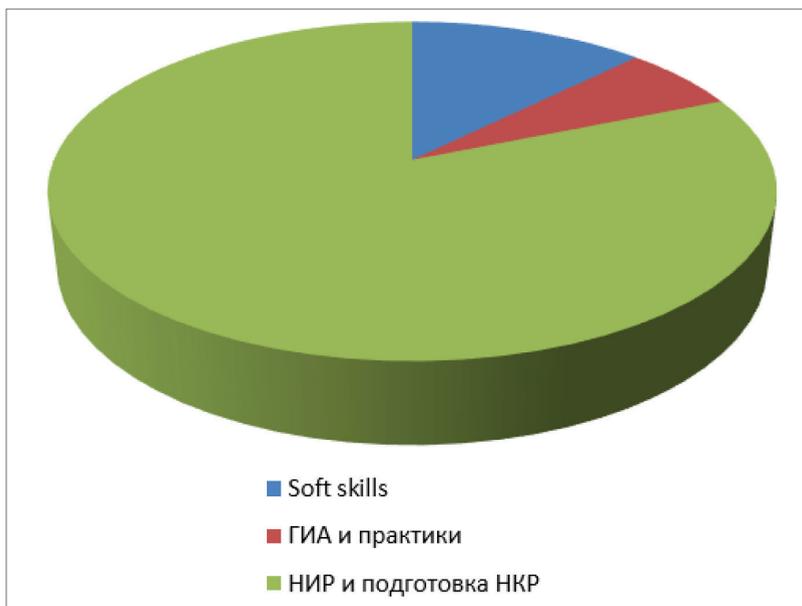


Рис. 5. Структура подготовки аспирантов в IT-области  
 Fig. 5. Structure of PhD programs in IT

товку IT-магистров за счёт приобретения ими продвинутых знаний в области иммерсивных технологий, технологий виртуальной и дополненной реальности, 3D-моделирования, исследования стохастических систем, организационного и правового обеспечения информационной безопасности, а также знаний в смежных STEM-областях, необходимых для эффективной командной работы совместно с профессионалами из других предметных сфер.

Модуль «Дисциплины специализации» ориентирует магистрантов на IT-технологии для Индустрии 4.0 (индустриальная аналитика данных, технологии отраслевой цифровизации, автоматизированные системы управления технологическими процессами, цифровая обработка сигналов, постреляционные модели данных и др.), либо на IT-технологии для Social Media (анализ и моделирование общественно-политических процессов, методология, методы исследования и анализ социальных данных, актуальные проблемы общественных наук и др.), либо на IT-технологии в области биоинформатики и биомедицины.

Значительную долю в магистерской программе занимает модуль «НИР и ВКР», развивающий способности к научным исследованиям и инновационной деятельности, а также обеспечивающий сбор и обработку материала для магистерской диссертации.

#### Аспирантура

На рисунке 5 представлена диаграмма, иллюстрирующая структуру подготовки аспирантов по информатике и вычислительной технике (09.06.01) со специализацией в области системного анализа, управления и обработки информации, математического моделирования, численных методов и комплексов программ, математического и программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Как следует из диаграммы, аспирантская подготовка состоит в основном из научных исследований и выполнения научной квалификационной работы (модуль «НИР и подготовка НКР»). Однако при этом уделяется внимание развитию определённых универсальных (модуль «Soft skills») и професси-

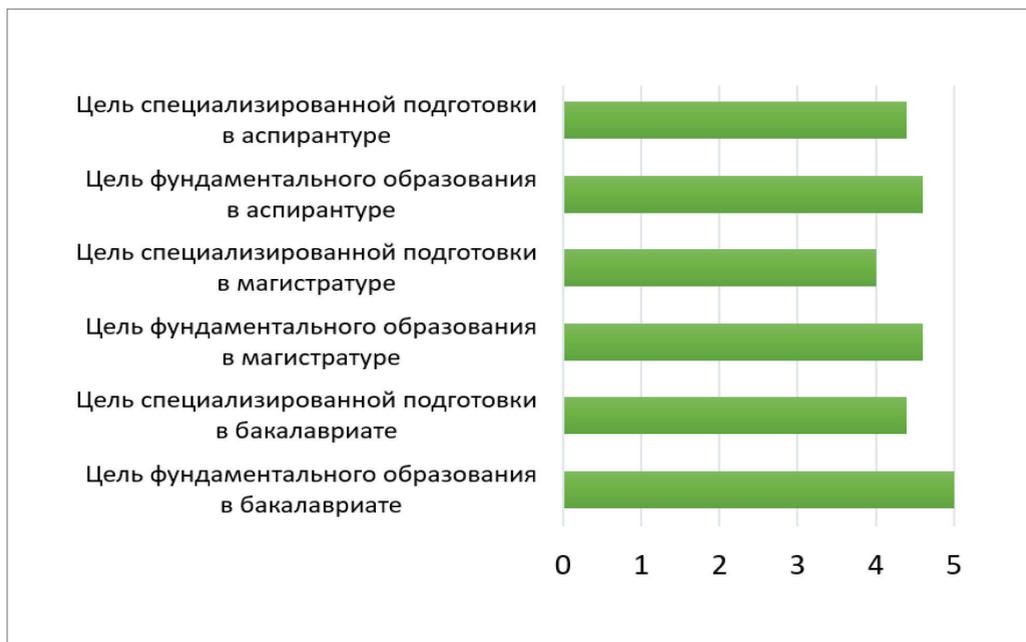


Рис. 6. Оценки работодателями целей фундаментального образования и специализированной подготовки ИТ-специалистов

Fig. 6. Employers' assessments of the goals of fundamental education and specialized training of IT professionals

ональных (модуль «ГИА и практики») компетенций, представляющих, как правило, знаниевую и методологическую компоненты фундаментальной подготовки, необходимой для расширения научного кругозора, формирования навыков научно-технического предвидения и технологического форсайта, приобретения способностей оценивать перспективы создания и применения наукоёмких ИТ-продуктов, процессов, систем и сервисов. Следует также иметь в виду необходимость формирования у аспирантов педагогических навыков, которые им потребуются в будущей научно-образовательной деятельности, а также при руководстве научными коллективами, в том числе командами STEM-ИТ-профессионалов.

Необходимо ещё раз обратить внимание на важность составляющей фундаментального университетского образования, обеспечивающей подготовку выпускников бакалавриата, магистратуры и аспирантуры

по ИТ-направлениям к работе в междисциплинарных командах совместно со STEM-профессионалами разного уровня в различных предметных областях. Такая подготовка приобретает большое значение в условиях цифровых трансформаций, происходящих в науке, технике и технологиях. Современные инновации создаются на междисциплинарной основе за счёт интеграции знаний из различных областей с ИТ-знаниями. Эволюция STEM-образования в направлении STEM:ИТ-образования особо учитывается при модернизации программ в Институте прикладной математики и компьютерных наук ТГУ, в частности, при формировании модуля «Междисциплинарный минор».

#### Согласование программ с основными стейкхолдерами

Для согласования целей фундаментального образования и специализированной подготовки, а также структуры и содер-

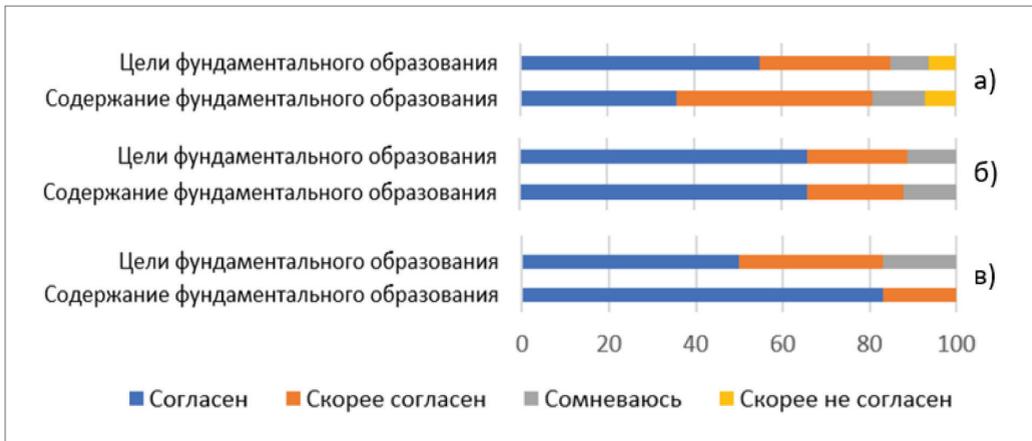


Рис. 7. Мнения обучающихся о целях и содержании фундаментального образования  
 Fig. 7. Students' opinions on the goals and content of fundamental education, per cent

жания модернизированных программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры в ИТ-области с основными стейкхолдерами (работодателями и обучающимися) были разработаны соответствующие анкеты. В мае–июне 2021 г. анкеты были направлены в ИТ-компании, ориентированные как на сопровождение готовой продукции (первая группа), так и на создание новых ИТ-продуктов, систем, процессов и сервисов (вторая группа). Получены ответы от 12 компаний первой группы и 15 компаний второй группы. Ниже представлены результаты обработки ответов на вопросы, содержащиеся в анкетах.

Первый вопрос касался оптимальной, с точки зрения работодателей, структуры подготовки в вузах ИТ-специалистов с различным уровнем высшего образования и квалификации. Работодатели обеих групп сочли оптимальным следующее соотношение: уровень бакалавриата – 60%, магистратуры – 30%, аспирантуры – 10%. Это достаточно близко к реальным соотношениям, имеющим место в ведущих университетах. Далее работодателям было предложено оценить заявленные выше цели фундаментального образования и специализированной подготовки ИТ-специалистов по пятибалльной шкале: 1 – не согласен, 2 – скорее не со-

гласен, 3 – сомневаюсь, 4 – скорее согласен, 5 – согласен. Усреднённые оценки работодателей обеих групп приведены на рисунке 6. Как следует из диаграммы, все работодатели в целом согласились с целями фундаментальной и специализированной подготовки, положенными в основу модернизации ИТ-программ на трёх уровнях высшего университетского образования.

Между тем в части оптимальных соотношений фундаментального образования и специализированной подготовки ИТ-специалистов мнения работодателей первой и второй групп разошлись. Работодатели, представляющие ИТ-компании, ориентированные на сопровождение готовой продукции, сочли оптимальными следующие соотношения фундаментальной и специализированной подготовки: в бакалавриате – 25/75%, в магистратуре – 60/40%, в аспирантуре – 85/15%. Работодатели, представляющие компании, работающие над созданием новой ИТ-продукции, сочли оптимальными следующие соотношения фундаментальной и специализированной подготовки: в бакалавриате – 65/35%, в магистратуре – 50/50%, в аспирантуре – 45/55%. Расхождения в оценках работодателей первой и второй групп, очевидно, объясняются различиями в содержании де-

тельности и требованиями к компетенциям IT-специалистов, занимающихся сопровождением готовой продукции и инновационной деятельностью. Кроме того, можно предположить, что работодатели первой группы не вполне корректно понимают суть и значение фундаментальной подготовки специалистов с высшим образованием и квалификацией на уровне магистратуры и аспирантуры. Это, вероятно, связано с тем, что работодатели первой группы больше имеют дело с выпускниками бакалавриата (специалитета) и меньше – с выпускниками магистратуры, тем более аспирантуры.

На *рисунке 7* представлены результаты оценки студентами бакалавриата (а), магистратуры (б) и аспирантуры (в) целей и содержания фундаментального образования, положенных в основу модернизации соответствующих IT-программ. На диаграммах показаны доли обучающихся от опрошенных, высказавших различное мнение и оценивших своё отношение к целям и содержанию фундаментального образования по пятибалльной шкале.

Как следует из диаграмм, большая часть опрошенных студентов и аспирантов согласилась с целями и содержанием фундаментального образования. Причём студенты бакалавриата и магистратуры более решительно поддержали цели, а магистранты и аспиранты – содержание фундаментального образования. Сомнения высказали менее 20% обучающихся, а воздержались от положительной оценки менее 10% студентов бакалавриата, что можно объяснить их недостаточной информированностью и не вполне адекватным представлением об особенностях IT-индустрии.

Студентам и аспирантам было предложено высказать своё отношение к модульной структуре модернизированных образовательных программ, а также к объёму и содержанию отдельных модулей. Полученные ответы продемонстрировали разнообразие мнений обучающихся, свидетельствующее об их различных предпочтениях. Однако в

отношении «Междисциплинарных миноров» мнение студентов бакалавриата и магистратуры было единодушно позитивным. Результаты анкетирования в дальнейшем будут тщательно проанализированы и использованы для диверсификации образовательных траекторий и индивидуализации обучения студентов и аспирантов университета по программам в IT-области.

### Заключение

Несмотря на предпринимаемые усилия, в стране продолжает нарастать дефицит IT-специалистов. Специалисты IT-отрасли стратифицированы на три основные группы, имеющие различные уровни и профили подготовки, существенно влияющие на степень участия в исследованиях и разработках, направленных на создание инновационной продукции с высоким уровнем добавленной стоимости. Особое внимание сфокусировано на подготовке IT-специалистов с университетским образованием, способных создавать научно-техническую базу для производства принципиально новых IT-продуктов, процессов, систем и сервисов, обеспечивающих технологическую независимость и безопасность страны в цифровой сфере в контексте реализации федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Изложен подход к подготовке T-Shaped-специалистов в IT-области в классических университетах. Определены цели и содержание фундаментального образования и специализированной подготовки бакалавров, магистров и кадров высшей квалификации в аспирантуре к комплексной, инновационной и исследовательской деятельности. Акцентируется внимание на фундаментальном образовании IT-специалистов. Изложенный подход использован при модернизации образовательных программ в Институте прикладной математики и компьютерных наук Томского государственного университета, а также при разработке и реализации программ повыше-

ния квалификации академического персонала российских университетов в МНТЦ ТГУ в 2020 г. Дальнейшие исследования по совершенствованию подготовки IT-специалистов в университетах планируется посвятить диверсификации образовательных траекторий и индивидуализации обучения, а также развитию способностей IT-специалистов эффективно работать в междисциплинарных STEM:IT-командах профессионалов из различных предметных областей.

### Литература

1. *Анисимова Т.И., Шатунова О.В., Сабирова Ф.М.* STEAM-образование как инновационная технология для Индустрии 4.0 // Научный диалог. 2018. № 11. С. 322–332. DOI: 10.24224/2227-1295-2018-11-322-332
2. *Marín-Marín J.A., Moreno-Guerrero A.J., Dío-Terrón P. et al.* (2021). STEAM in education: A bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science // International Journal of STEM Education. Vol. 8. No. 41. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
3. *Zamyatin A.* Educating & Training STEM:IT Professionals Based on the CDIO Standards Evolution // The 11th IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC '21), Virtual Event, Princeton University, NJ, March 13, 2021. URL: <https://iee-isec.info/day/1> (дата обращения: 22.12.2021).
4. *Langie G., Pinxten M.* The Transition to STEM Higher Education: Policy Recommendations. Conclusions of the readySTEMgo-Project // International Journal of Engineering Pedagogy. 2018. Vol. 8. No. 2. P. 10–13. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijep.v8i2.8286>
5. *Kärkkäinen K., Vincent-Lancrin S.* Sparking Innovation in STEM Education with Technology and Collaboration: A Case Study of the HP Catalyst Initiative // OECD Education Working Papers. 2013. No. 91. OECD Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5k480sj9k442-en>
6. *Чучалин А.И.* Адаптация “The Core CDIO Standards 3.0” к высшему STEM-образованию // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 2. С. 9–21. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-2-9-21
7. *Vasilchenko A.* Self-Flipped Teaching & Learning for STEM in Higher Education // Adjunct Proceedings of 15th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work – Exploratory Papers, Reports of the European Society for Socially Embedded Technologies (ISSN 2510-2591), 2017. DOI: 10.18420/ecscw2017-dc7
8. *Borrego M., Henderson C.* Increasing the Use of Evidence-Based Teaching in STEM Higher Education: A Comparison of Eight Change Strategies // Journal of Engineering Education. 2014. Vol. 103. No. 2. P. 220–252. DOI: <https://doi.org/10.1002/jee.20040>
9. *Kelley T.R., Knowles J.G.* A conceptual framework for integrated STEM education // International Journal of STEM Education. 2016. Vol. 3. No. 11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
10. *Winberg C., Adendorff H., Bozalek V., Conana H., Pallitt N., Wolff K, Olsson T., Roxa T.* Learning to teach STEM disciplines in higher education: A critical review of the literature // Teaching in Higher Education. 2019. Vol. 24. No 8. P. 930–947. DOI: 10.1080/13562517.2018.1517735
11. *Struyf A., De Loof H., Boeve-de Pauw J., Van Petegem P.* Students’ engagement in different STEM learning environments: Integrated STEM education as promising practice? // International Journal of Science Education. 2019. Vol. 41. No. 10. P. 1387–1407. DOI: 10.1080/09500693.2019.1607983
12. *Türk N., Kalayc N., Yamak H.* New Trends in Higher Education in the Globalizing World: STEM in Teacher Education // Universal Journal of Educational Research. 2018. Vol. 6. No. 6. P. 1286–1304. DOI: 10.13189/ujer.2018.060620
13. *Ortiz-Revilla J., Adúriz-Bravo A., Greca I.M.* A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education // Science & Education. 2020. Vol. 29. No. 4. P. 857–880. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
14. *Love Stowell S.M., Churchill A.C., Hund A.K., Kelsey K.C., Redmond M.D., Seiter S.A., Barger N.N.* Transforming Graduate Training in STEM Education // Bulletin of the Ecological Society of America. 2015. Vol. 96. No. 2. P. 317–323. DOI: <https://doi.org/10.1890/0012-9623-96.2.317>
15. *Goodwin M., Healy J., Jackson K. et al.* Strategies to Address Major Obstacles to STEM-based Education // IEEE Integrated STEM Education Conference, Princeton, NJ, 2017. P. 156–158.
16. *Margot K.C., Kettler T.* Teachers’ perception of STEM integration and education: A system-

atic literature review // *International Journal of STEM Education*. 2019. Vol. 6. No. 2. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>

17. Замятин А.В., Чучалин А.И. Развитие кадрового потенциала российских вузов в области математики, информатики и цифровых технологий для подготовки профессионалов

IT-индустрии // *Высшее образование в России*. 2021. Т. 30. № 5. С. 9–20. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2021-30-5-9-20>

*Статья поступила в редакцию 30.09.21*

*Принята к публикации 23.12.21*

### References

- Anisimova, T.I., Shatunova, O.V., Sabirova, F.M. (2018). STEAM Education as Innovative Technology for Industry 4.0. *Nauchnyy Dialog* [Scientific Dialog]. No. 11, pp. 322-332, doi: 10.24224/2227-1295-2018-11-322-332 (In Russ., abstract in Eng.).
- Marín-Marín, J.A., Moreno-Guerrero, A.J., Dúo-Terrón, P. et al. (2021). STEAM in Education: A Bibliometric Analysis of Performance and Co-Words in Web of Science. *International Journal of STEM Education*. Vol. 8, no. 41, doi: <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
- Zamyatin, A. (2021). Educating & Training STEM:IT Professionals Based on the CDIO Standards Evolution. In: *The 11th IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC '21)*, Virtual Event, Princeton University, NJ, March 13, 2021. Available at: <https://ieee-isec.info/day/1> (accessed 22.12.2021).
- Langie, G., Pinxten, M. (2018). The Transition to STEM Higher Education: Policy Recommendations. Conclusions of the readySTEMgo-Project. *International Journal of Engineering Pedagogy*. Vol. 8, no. 2, pp. 10-13, doi: <https://doi.org/10.3991/ijep.v8i2.8286>
- Kärkkäinen, K., Vincent-Lancrin, S. (2013). Sparking Innovation in STEM Education with Technology and Collaboration: A Case Study of the HP Catalyst Initiative. *OECD Education Working Papers*. No. 91, OECD Publishing, doi: <http://dx.doi.org/10.1787/5k480sj9k442-en>
- Chuchalin, A.I. (2021). Adaptation of “The Core CDIO Standards 3.0” to STEM Higher Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 30, no. 2, pp. 9-21, doi:10.31992/0869-3617-2021-30-2-9-21 (In Russ., abstract in Eng.).
- Vasilchenko, A. (2017). Self-Flipped Teaching & Learning for STEM in Higher Education. In: *Adjunct Proceedings of 15th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work – Exploratory Papers*. Reports of the European Society for Socially Embedded Technologies (ISSN 2510-2591), doi: 10.18420/ecscw2017-dc7
- Borrego, M., Henderson, C. (2014). Increasing the Use of Evidence-Based Teaching in STEM Higher Education: A Comparison of Eight Change Strategies. *Journal of Engineering Education*. Vol. 103, no. 2, pp. 220-252, doi: <https://doi.org/10.1002/jee.20040>
- Kelley, T.R., Knowles, J.G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*. Vol. 3, no. 11, doi: <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Winberg, C., Adendorff, H., Bozalek, V., Conana, H., Pallitt, N., Wolff, K., Olsson, T., Roxa, T. (2019). Learning to Teach STEM Disciplines in Higher Education: A Critical Review of the Literature. *Teaching in Higher Education*. Vol. 24, no. 8, pp. 930-947, doi: 10.1080/13562517.2018.1517735
- Struyf, A., De Loof, H., Boeve-de Pauw, J., Van Petegem, P. (2019). Students’ Engagement in Different STEM Learning Environments: Integrated STEM Education as Promising Practice? *International Journal of Science Education*. Vol. 41, no. 10, pp. 1387-1407, doi: 10.1080/09500693.2019.1607983
- Türk, N., Kalayc, N., Yamak, H. (2018). New Trends in Higher Education in the Globalizing World: STEM in Teacher Education. *Universal Journal of Educational Research*. Vol. 6, no. 6, pp. 1286-1304, doi: 10.13189/ujer.2018.060620

13. Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., Greca, I.M. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science & Education*. Vol. 29, no. 4. pp. 857-880, doi: <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
14. Love Stowell, S.M., Churchill, A.C., Hund, A.K., Kelsey, K.C., Redmond, M.D., Seiter, S.A., Barger, N.N. (2015). Transforming Graduate Training in STEM Education. *Bulletin of the Ecological Society of America*. Vol. 96, no. 2, pp. 317-323, doi: <https://doi.org/10.1890/0012-9623-96.2.317>
15. Goodwin, M., Healy, J., Jackson, K., et al. (2017). Strategies to Address Major Obstacles to STEM-based Education. In: *IEEE Integrated STEM Education Conference*, Princeton, NJ, pp. 156-158.
16. Margot, K.C., Kettler, T. (2019). Teachers' Perception of STEM Integration and Education: A Systematic Literature Review. *International Journal of STEM Education*. Vol. 6, no. 21, doi: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
17. Zamyatin, A.V., Chuchalin, A.I. (2021). Development of the Russian Universities Human Capacity in the Field of Mathematics, Computer Science and Digital Technologies for the Training of IT Industry Professionals. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 30, no. 5, pp. 9-21, doi: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2021-30-5-9-20> (In Russ., abstract in Eng.).

*The paper was submitted 30.09.21  
Accepted for publication 23.12.21*



**Двухлетний импакт-фактор  
РИНЦ-2020, без самоцитирования**

ВОПРОСЫ ОБРАЗОВАНИЯ	4,355
ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА	2,975
<b>ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ</b>	<b>2,271</b>
ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ	2,229
ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ	2,027
СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	1,766
УНИВЕРСИТЕТСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ	1,575
ЭПИСТЕМОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ	0,840
ВОПРОСЫ ФИЛОСОФИИ	0,817
ПЕДАГОГИКА	0,772
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ СЕГОДНЯ	0,514
ALMA MATER	0,265