



Образовательная робототехника как фактор развития сетевого взаимодействия в системе уровневой инженерной подготовки

П. С. Черемухин^{1*}, А. А. Шумейко²

¹ МОУ «Инженерная школа города Комсомольска-на-Амуре»,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия,

* chira87@mail.ru

² ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре, Россия

Введение. Образовательная робототехника является новой технологией обучения и эффективным инструментом подготовки инженерных кадров. Сетевое взаимодействие образовательных организаций и предприятий расширяет их потенциал в системе уровневой инженерной подготовки. Цель статьи заключается в описании разработки и апробации локальной модели эффективной сетевой образовательной системы в контексте федеральных и региональных концепций и программ, которая отвечала бы тенденциям развития современного общества и одновременно позволила бы начать подготовку школьников к реальному участию в практической деятельности.

Материалы и методы. При организации исследования нами был проведен теоретический анализ зарубежной и отечественной литературы. Для разработки интегрированной системы уровневой инженерной подготовки школьников применен метод научного моделирования – создание графической иерархической модели. При организации практического использования модели – педагогическое проектирование, сравнительно-сопоставительный анализ проверочных работ, социологические инструменты и критериальное формирующее оценивание.

Результаты исследования. Систематизированы субъекты и формы непрерывного инженерного образования от дошкольного до высшего этапа. Определено, что субъектом межведомственной координации сетевого взаимодействия являются общеобразовательные организации. Инструментом обеспечения преемственности при переходе на новый уровень образования и реализации межпредметной составляющей проинженерного образования стали междисциплинарные программы, в частности робототехника. Разработаны и апробированы авторская программа лагеря с дневным пребыванием детей в каникулярный период «Техносфера», авторская программа внеурочной деятельности по робототехнике для 1–4 класса. Внедрена в систему образования модель интегрированной системы уровневой инженерной подготовки школьников, ключевым компонентом которой является школа.

Обсуждение и заключения. В результате проведенного исследования разработана модель интегрированной системы уровневой инженерной подготовки на этапе дошкольного общего и начального общего образования. Система уровневой инженерной подготовки, соединившая в себе уровни образования, дополнительные образовательные программы и потенциал сетевого взаимодействия, позволяет оптимизировать все направления и формы организации образовательного процесса.

Ключевые слова: образовательная робототехника, уровневая инженерная подготовка, сетевое взаимодействие, школа, метод проектов, дополнительное образование, метапредметные результаты обучения

Благодарности: авторы статьи выражают благодарность Министерству образования и науки Хабаровского края и министру А. Г. Кузнецовой, оказавшим грантовую поддержку при подготовке статьи, анонимным рецензентам за анализ представленной работы.

© Черемухин П. С., Шумейко А. А., 2018



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



Для цитирования: Черемухин П. С., Шумейко А. А. Образовательная робототехника как фактор развития сетевого взаимодействия в системе уровневой инженерной подготовки // Интеграция образования. 2018. Т. 22, № 3. С. 535–550. DOI: 10.15507/1991-9468.092.022.201803.535-550

Educational Robotics as a Factor in the Development of Network Interaction in the System of Engineering Training

P. S. Cheremukhin^{a*}, A. A. Shumeyko^b

^a Engineering School, Komsomolsk-na-Amure, Russia,

* chira87@mail.ru

^b Amur State University of Humanities and Pedagogy, Komsomolsk-na-Amure, Russia

Introduction. Educational robotics is a new learning technology and an effective tool for training engineering staff. Networking of educational organizations and enterprises expands their potential in the system of level engineering training. The main idea of the article is to create and test a local model of an effective networked educational system in the context of federal and regional concepts and programs that would meet the development trends of modern society and at the same time would allow the preparation of schoolchildren for real participation in practical activities.

Materials and Methods. We conducted a theoretical analysis of foreign and domestic literature. The method of scientific modeling, namely, the creation of a graphic hierarchical model was applied to develop an integrated system of engineering education for schoolchildren. When organizing the practical use of the model, pedagogical design, comparative analysis of verification works, sociological tools and criterial formative evaluation are used.

Results. Authors made an attempt of systematization of subjects and forms of lifelong engineering education at the stages from preschool to higher, based on research conducted over six years. It is defined that the subject of inter-agency coordination network between participants of educational organizations. A tool to ensure continuity in the transition to a new level of education, and the implementation of interdisciplinary component pre-engineering education are interdisciplinary programs, in particular, robotics. Implementation of programs on robotics is carried out through curricular and extracurricular activities, additional education program, vacation employment and other forms of work, provided resources as the base of the organization and network partners. The author's summer program of the camp "Technosphere" was developed and approved with the day-time stay of children during the vacation period. The model of the Integrated System of Level Engineering Education for Schoolchildren was developed and introduced into the city's education system.

Discussion and Conclusions. The system of level engineering training, which combines the levels of education, additional educational programs and the potential of network interaction, allows to optimize all directions and forms of organization of the educational process. As a result of the study, a model of an integrated system of level engineering training at the stage of pre-school and primary general education was developed.

Keywords: educational robotics, level engineering training, networking, school, project method, innovative thinking, meta-subject learning outcomes

Acknowledgements: The authors express their gratitude to the Ministry of Education and Science of Khabarovsk Kray and to Minister Alla Kuznetsova for funding support; we thank the anonymous reviewers for their critical remarks to our address.

For citation: Cheremukhin P.S., Shumeyko A.A. Educational Robotics as a Factor in the Development of Network Interaction in the System of Engineering Training. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2018; 22(3):535-550. DOI: 10.15507/1991-9468.092.022.201803.535-550

Введение

Технологические потребности глобальной экономики знаний резко меняют характер инженерного образования, требуя, чтобы современный инженер владел гораздо более широким спектром ключевых компетенций, чем освоение узкоспециализированных научно-технических и инженерных дисциплин. Система непрерывного инженерного образования должна быть выстроена с использованием инновационного подхода, который и будет инструментом реализации образовательных задач. Составляющим элементом вышеназванного подхода должна стать образовательная робототехника, которая в России широко используется как в системе дополнительного образования, так и во внеурочной деятельности обучающихся.

Проектная деятельность по робототехнике обусловлена интересами и потребностями учащихся, ориентирована на познание и преобразование себя и окружающей действительности. Специфику проектной деятельности определяет направленность на достижение личностных, предметных, метапредметных результатов образовательной программы начального общего образования; выступает в качестве одного из основных компонентов социализации школьника.

Объектом исследования в статье выступает инженерная подготовка в системе сетевого взаимодействия субъектов образования. Предметом исследования является образовательная робототехника как фактор развития сетевого взаимодействия в системе уровневой инженерной подготовки.

Главная идея публикации и цель статьи состоят в том, чтобы раскрыть педагогические условия развития сетевого взаимодействия в системе уровневой инженерной подготовки средствами образовательной робототехники в системе «детский сад – общеобразовательная школа – инженерный колледж – университеты – промышленные предприятия» на примере города Комсомольска-на-Амуре – инженерной столицы Дальнего Востока.

При осмыслении данной проблемы мы стремились обосновать предположение о возможном открытии некоей закономерности, принципа или способа действия в решении форм и методов привлечения школьников к практической проектной деятельности через образовательную робототехнику в условиях сетевого взаимодействия субъектов.

Актуальность проблемы заключается в том, что обновление содержания технологического образования является важнейшей задачей современного этапа инновационно-технологического развития страны, а подготовка инженерных кадров – частью стратегии ее устойчивого развития. Важными критериями инженерного образования должны стать системность и преемственность, вследствие чего в настоящее время необходимо комплексно рассматривать системную подготовку будущих инженеров в системе «школа – вуз – предприятие», где центральным звеном является школа. В настоящее время учащиеся школ включены в активную профильную деятельность лишь на этапе среднего общего образования, обучаясь в профильных классах. На других этапах общего образования данная подготовка носит точечный характер и не является системной.

Научная новизна и теоретическая значимость представленного исследования состоит в раскрытии педагогических условий системной реализации программ пропедевтической инженерной подготовки с дошкольного возраста средствами образовательной робототехники с обеспечением преемственности через разные формы организации учебно-воспитательного процесса.

Практическая значимость работы состоит в разработке модели интегрированной системы уровневой инженерной подготовки на этапе дошкольного общего и начального общего образования в условиях промышленного города, определении и применении в практике работы организационно-педагогических условий, обеспечивающих развитие робототехники как фактора развития сетевого взаимодействия в системе



уровневой инженерной подготовки, формирования у детей и подростков технической компетентности, мотивации к инженерным специальностям и определения установки на ускоренное развитие России, непосредственно связанное с реализацией технологической революции 5 уровня, осознавая при этом, что оборонные предприятия города производят продукцию с индексом 4++ и 5, и речь идет о шестом технологическом уровне – продукции с искусственным интеллектом. Для этого и нужно формировать инженерную элиту страны.

Российским исследователем Б. А. Левиным выделены направления повышения качества инженерного образования, а также сформулированы принципиальные требования к качеству подготовки инженеров:

1) непрерывность образования, т. е. формирование специалистов, способных оперативно адаптироваться к внедрению новых технологий и способных самостоятельно развивать их за счет потенциала саморазвития;

2) развитие у будущего инженера «компетенций в сфере цифровых и информационных технологий» [1, с. 109].

В системе общего образования имеются значительные возможности для реализации системной и комплексной подготовки будущих инженеров на всех этапах. Инвариантная и вариативная части базисного учебного плана позволяют эффективно выстроить взаимосвязь учебных предметов с факультативами, элективными курсами и индивидуально-групповыми занятиями, которые позволят расширить предметную составляющую образовательной области. Перспективной формой реализации задач непрерывного инженерного образования, начиная с начального общего, является внеурочная деятельность, проводимая в соответствии с учебным планом и направленная на достижение метапредметных результатов обучения.

Система дополнительного образования недостаточно интегрирована с системой общего образования, что не позволяет комплексно использовать ее

потенциал. Несмотря на появление инновационных центров дополнительного образования – детских технопарков на всей территории России, возможности и механизмы их интеграции с другими учреждениями образования с целью решения стратегических задач до сих пор не проработаны.

Исследуя различные инструменты решения задач непрерывного инженерного образования, существующий зарубежный опыт реализации комплексных программ STEM, мы пришли к выводу, что система непрерывного инженерного образования должна быть выстроена с использованием инновационного подхода, который и будет инструментом реализации образовательных задач. Составляющим элементом вышеназванного подхода может быть образовательная робототехника, которая в России широко используется как в системе дополнительного образования, так и во внеурочной деятельности обучающихся.

Обзор литературы

Появление научной и методической литературы по курсу образовательной робототехники в школе связано, в первую очередь, с разработкой и массовым выпуском образовательных наборов для школьников и методических продуктов к ним. Одними из первых на рубеже XX в. были выпущены специализированные робототехнические наборы LEGO Mindstorms с программируемым блоком RCX, который в дальнейшем был усовершенствован до моделей NXT и EV3. На сегодняшний день модельный ряд наборов по образовательной робототехнике представлен конструкторами различных производителей (Huna, Lego, Vex, Inex, Tetrax, Амперка, ТРИК, Профи и др.) для разных возрастов, начиная с дошкольного.

Динамично развивается микроконтроллерная и микрокомпьютерная робототехника (Arduino, Raspberry Pi, NI Myrio, Intel Galileo и др.), которая положена в основу многих образовательных наборов и инновационных

технических проектов школьников¹. Зарубежные исследования в области образовательной робототехники в большинстве своем имеют прикладной характер и представляют ценность для нас. В научной публикации С. Абрамовича, доцента университета Нью-Йорка Буффало, американских исследователей Р. Хигаси, К. Шанна рассмотрены вопросы влияния образовательной робототехники на мотивацию обучающихся на примере проекта «Содействие инновациям посредством робототехники» [2]. Большое внимание иностранными авторами уделяется интеграции робототехники с учебными дисциплинами и программами «STEM». Так, в публикации А. Вольстеда, М. Робинсона и Е. Ванга представлен опыт использования образовательных наборов LEGO Mindstorms и программного обеспечения Robolab при разработке проекта «Гонка против времени» в интегрированном курсе STEM².

Программа «STEM» рассматривается также в статье британского профессора Йоркского университета Дж. Питта как инструмент устойчивого развития экономики [3]. Исследования ученого широко используются при организации проектной деятельности обучающихся в образовательной области «Технология» на этапе основного общего образования, что свидетельствует о единстве подходов к организации проектно-исследовательской деятельности по традиционным и инновационным направлениям. Положительно оценивая программу «STEM», мы также подчеркиваем важность программы «First» американского изобретателя Д. Кеймена, направленной

на организацию проектно-исследовательской деятельности школьников и широко используемой при проведении соревнований по робототехнике во всем мире, включая РФ³. Американские исследователи Дж. Флот, Т. Фриз, К. Шанн, Р. Шууп, Э. Уизерспун в своих научных публикациях рассматривают возможности интеграции робототехники с информатикой [4].

Проблему развития алгоритмического мышления через интеграцию робототехники с математикой описали в научной статье группа американских и британских ученых [5]. Мы отмечаем позитивное исследование «Использование робототехники в обучении математике», подготовленное Р. Хигали, Р. Шуупом и другими учеными⁴, а также диссертационную работу PhD Е. М. Силка [6], в которых авторами были рассмотрены ресурсы для программирования роботов, позволяющие интегрировать математику с робототехникой. Д. Турецки в своей работе рассматривает преподавание информатики в вузе с использованием образовательной робототехники⁵.

Анализируя российские источники по проблеме исследования, мы отмечаем положительную динамику в части усиления внимания ученых к вопросам интеграции робототехники с учебными предметами с учетом междисциплинарных связей. К примеру, в исследовании Д. М. Гребневой робототехника рассматривается как средство реализации семиотического подхода при обучении программированию [7]. В научных публикациях российских ученых И. В. Шимова, Н. В. Лукьяновой [8; 9],

¹ Черемухин П. С., Шумейко А. А. Инновационная проектная деятельность учащихся школы при реализации программ непрерывного инженерного образования // ISSPP, September 2017, Turku, Finland. Pp. 23–25.

² Vollstedt A. M., Robinson M., Wang E. Using robotics to enhance science, technology, engineering, and mathematics curricula // Proceedings of American Society for Engineering Education Pacific Southwest annual conference. Honolulu : Hawaii, 2007.

³ First lego league : официальная страница [Электронный ресурс]. URL: <http://www.firstlegoleague.org>.

⁴ The use of robotics to teach mathematics / C. D. Schunn [et al.] // Robotics Educators Conference. Butler, PA, USA, 2007. URL: <http://www.education.rec.ri.cmu.edu/content/educators/research/files/SilkEtal2007a-RoboEd-Presentation.pdf>.

⁵ Touretzky D. Seven big ideas in robotics, and how to teach them // Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education. Raleigh, North Carolina, USA, 2012. Pp. 39–44.



в учебно-практических пособиях С. Я. Вязова и Л. Г. Белиовской⁶ достаточно подробно рассмотрены вопросы интеграции робототехники с информатикой. Интеграция робототехники с физикой на этапе основного общего и среднего общего образования через реализацию междисциплинарной образовательной программы по робототехнике исследована М. Г. Ершовым [10].

Необходимо отметить практический опыт использования микроконтроллерной робототехники в проектной деятельности по технологии (техническое творчество) на этапе основного общего и среднего общего образования, представленный в работах дальневосточных исследователей С. Н. Веклич, П. С. Черемухина, Ю. С. Иванова, А. А. Шумейко [11; 12].

Публикации Х. Х. Абушкина и А. В. Додоновой, А. В. Литвина раскрывают междисциплинарный характер программ по образовательной робототехнике [13; 14].

Система инженерного образования, сложившаяся в Хабаровском крае, в рамках которой проводилось исследование, подробно описана коллективом авторов под руководством А. М. Кондакова и А. Г. Кузнецовой в концепции развития инженерного образования в Хабаровском крае⁷.

Вопросы реализации программ по образовательной робототехнике в системе дополнительного образования находят отражение в работах Д. Г. Копосова и С. А. Филиппова⁸.

Направления и формы реализации программы «Робототехника» в системе дополнительного образования детей рассмотрены в публикациях И. В. Вылегжиной [15], Н. В. Петровской и А. В. Страхова⁹. Вопросам профессионального инженерного образования в области робототехники и мехатроники посвящены исследования Ю. М. Брумштейн, А. А. Баганиной [16]. Подготовка будущих пе-

дагогов к инновационной деятельности и преемственность между средним общим и высшим образованием рассматривались М. И. Мухиным, М. В. Мишаткиной, Н. Л. Соколовой [17], В. В. Барановым [18].

Российские исследователи П. В. Зуев и Е. С. Кощеева отмечают среди основных проблем организации учебного процесса с использованием образовательной робототехники отсутствие преемственности между уровнями образования и «четкой концептуальной, методологической, материально-технической и методической основы развития робототехники в нашей стране» [19, с. 60].

Таким образом, несмотря на популярность и динамичность развития образовательной робототехники, высокого количества разноплановых исследований, проводимых в данной области, проблема эффективности внедрения робототехники в образовательный процесс остается открытой ввиду отсутствия системности организационных форм и преемственности между уровнями образования.

Материалы и методы

Наше исследование основывается на следующих научных подходах [20]:

– системный подход, рассматривающий личность обучающегося в качестве объекта жизнедеятельности, способного определять цели, ставить определенные задачи и решать их, достигая оптимального результата;

– деятельностный подход, позволяющий осуществлять развитие личности обучающегося путем создаваемой имитации будущей профессиональной деятельности в учебно-инновационном процессе;

– компетентностный подход, предполагающий развитие способности освоения теоретических знаний с последующим применением в процессе формирования профессиональных компетенций.

⁶ Белиовская Л. Г. Программируем микрокомпьютер NXT в LabVIEW. М.: ДМК Пресс, 2010.

⁷ Концепция развития инженерного образования в Хабаровском крае / под ред. А. М. Кондакова. М., 2016. 136 с.

⁸ Филиппов С. А. Робототехника для детей и родителей. 3-е изд. СПб.: Наука, 2013. 319 с.

⁹ Петровская Н. В., Страхов А. В. Образовательная робототехника: продуктивно-когнитивный подход // Образовательная робототехника. URL: <http://robot.edu54.ru/publications/228> (дата обращения: 09.11.2017).

При написании статьи проведен теоретический анализ отечественной и зарубежной научной литературы, посвященной вопросам реализации программ по образовательной робототехнике и межпредметных курсов, который позволил проанализировать на мировом уровне решение проблемы и сравнить с результатами отечественных исследований. Проведенный анализ показал наличие значительного опыта реализации программ по образовательной робототехнике и межпредметных курсов STEM в рамках определенных возрастных групп или предметных областей как в России, так и за рубежом.

В процессе исследования были использованы следующие группы методов: теоретические (изучение и анализ психолого-педагогической, справочно-энциклопедической, научно-методической литературы по исследуемой проблеме; сравнительный анализ; теоретическое моделирование), эмпирические (педагогическое наблюдение, беседа, анкетирование, изучение и обобщение педагогического опыта, констатирующий и формирующий эксперименты), статистические (средняя арифметическая величина, U-критерий Манна-Уитни) [14; 21].

Так, при разработке модели уровневой инженерной подготовки нами применялся метод моделирования – создание графической иерархической модели (по классификации А. Е. Кононюк¹⁰).

Для организации исследования эффективности реализации разработанной модели на разных этапах нами применялся также метод проектов, в частности педагогическое проектирование. За 6 лет работы над исследованием были реализованы три проекта, получивших одобрение педагогической общественности регионального и российского уровней, в том числе и через участие в выставках в городах Хабаровска, Москвы, Санкт-Петербурга.

Проект «Пропедевтика инженерного образования в дошкольном и младшем школьном возрасте через преподавание

мехатроники и робототехники» получил научное признание и финансовую поддержку Министерства образования и науки Хабаровского края в виде исследовательского гранта¹¹. В этом исследовании нами использованы преимущественно эмпирические методы: наблюдение, контент-анализ, педагогические измерения. Метод наблюдения использовался постоянно и позволял получать своевременную обратную связь от учащихся, а при необходимости применялись отдельные элементы дифференцированного обучения в образовательном процессе. При использовании педагогических измерений применялись психолого-педагогические и социологические инструменты: ежегодное исследование учебной мотивации, интересов обучающихся; систематическая оценка индивидуальных достижений через систему портфолио; исследование результативности проектно-исследовательской деятельности учащихся по стандартам JrFLL, а также по критериям творческих проектов по технологии.

При оценке предметных результатов обучения был проведен сравнительно-сопоставительный анализ результатов Всероссийских проверочных работ и исследований Хабаровского регионального центра оценки качества образования. Для определения динамики достижения метапредметных результатов обучения на каждом занятии использовались инструменты критериального формирующего оценивания через самооценку и взаимооценку на уроках и во внеурочной деятельности.

Результаты исследования

Обеспечение эффективной реализации программ по образовательной робототехнике, их массовости и преемственности в системе непрерывного инженерного образования реализовано через организацию сетевого взаимодействия образовательных организаций между собой и с предприятиями. Системность такого

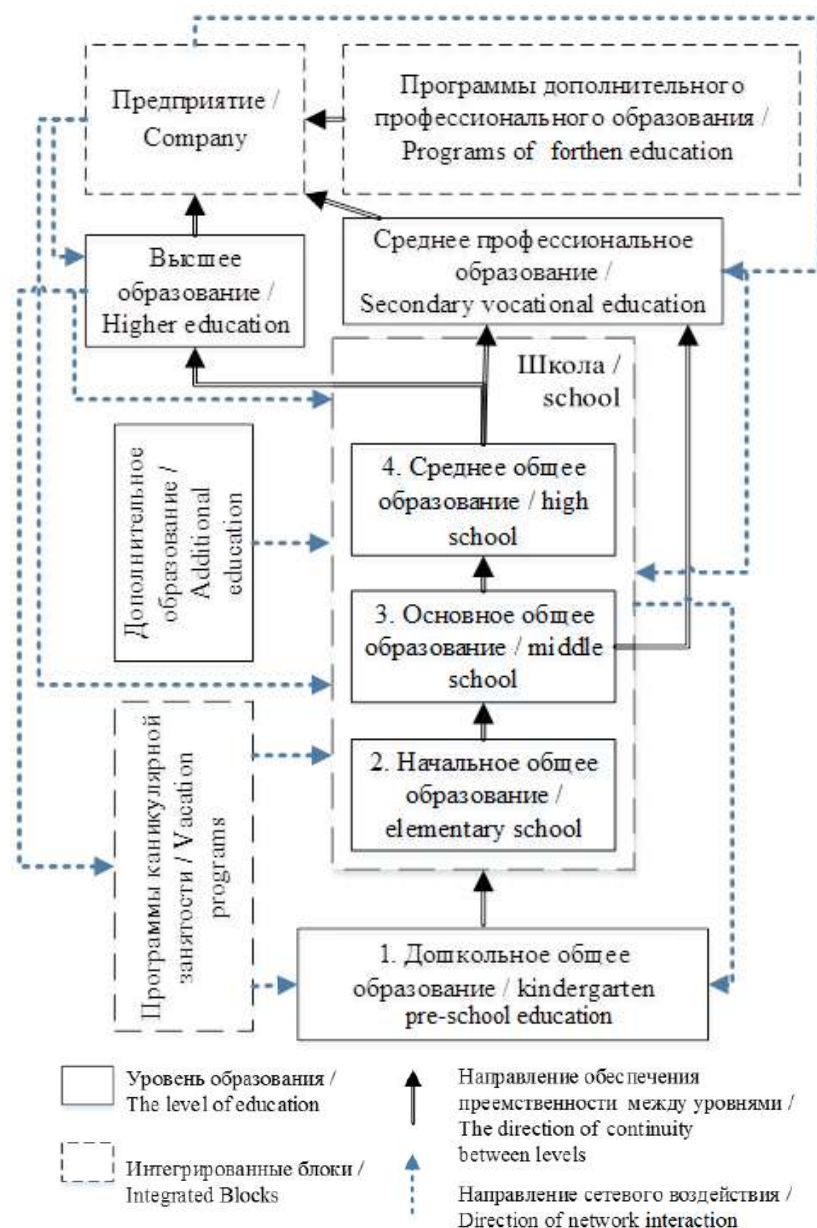
¹⁰ Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования / «Освіта України», 2012. С. 32.

¹¹ Пропедевтика инженерного образования в дошкольном и младшем школьном возрасте через обучение мехатронике и робототехнике. URL: http://kms-s14.ippk.ru/setevie_proekti.htm (дата обращения: 09.11.2017).



взаимодействия обеспечена разработкой и реализацией педагогических проектов, которые должны соответствовать муниципальной и региональной политике в сфере образования и отвечать кадровым потребностям территории. Так, на основе Концепции развития инженерного обра-

зования в Хабаровском крае¹² и реализуемых в городе и крае программ «Компас самоопределения», «Образование для жизни – образование для будущего» нами была смоделирована и апробирована интегрированная система уровневой инженерной подготовки (рис. 1).



Р и с. 1. Интегрированная система уровневой инженерной подготовки
F i g. 1. Integrated system of level engineering training

¹² Концепция развития инженерного образования в Хабаровском крае. URL: <http://mobiledu.ru/Проекты/proekt-koncepciya-razvitiya-inzhenerного-obrazovaniya-v-xabarovskom-krae> (дата обращения: 30.01.2018).

Отличительной чертой предложенной модели является ключевая роль общеобразовательных организаций. В них сосредоточены три уровня образования, между которыми необходима преемственность. Это позволяет выстроить на их базе не только вертикально интегрированную систему инженерного образования, но и наладить взаимодействие с сетевыми партнерами. Такое взаимодействие позволит прийти к единообразию подходов на всех уровнях, обеспечив преемственность и целенаправленность педагогического воздействия. Системообразующей основой модели стал принцип профориентационного сопровождения каждого обучающегося от детского сада до выпускного класса школы.

Апробация модели была начата на этапе дошкольного общего и начального общего образования через реализацию мероприятий сетевого инновационного проекта «Пропедевтика инженерного образования в дошкольном и младшем школьном возрасте через обучение мехатронике и робототехнике» при сетевом взаимодействии с вузами и дошкольными образовательными учреждениями города. Проект получил грантовую поддержку Министерства образования и науки Хабаровского края.

Дошкольное общее образование. С элементами конструирования дошкольники впервые знакомятся в 3 года. В классификации Российской ассоциации образовательной робототехники оно обозначено как «Общее развитие», поскольку в таком возрасте занятия направлены на развитие мелкой моторики, правильного цветовосприятия, пространственного воображения. Образовательная деятельность на данном этапе организована в дошкольном образовательном учреждении и сетевого взаимодействия не требует.

На этапе старшего дошкольного возраста нами были реализованы программы сетевого взаимодействия школы и детского сада через такие формы работы, как гостевание (экскурсии дошкольников в школу и технопарк вуза), систематические занятия по основам ро-

бототехники на базе школы, совместные занятия по основам конструирования в форме тьюторства «Школьники обучают дошкольников». На данном этапе происходило знакомство дошкольников с элементами конструирования как составной частью образовательной робототехники при использовании наборов по образовательной робототехнике и нероботизированных конструкторов с элементами механики. Предварительная сборка узлов прототипа производилась педагогом, а окончательная сборка модели – воспитанниками ДООУ, которые получали возможность соединить узлы и запустить модель. Важно отметить, что мелкие детали конструктора были в составе собранных узлов в целях обеспечения безопасной работы детей с конструктором. Ведущей здесь является игровая деятельность, что обуславливает выбор основной технологии обучения – edutainment. Прототип собранной модели является интерактивной игрушкой, способной формировать у детей мотивацию к конструированию, техническому творчеству, умение работать в малых группах, развивать мелкую моторику и пространственное воображение.

Старшие дошкольники принимают активное участие в профильных сменах технической направленности лагеря с дневным пребыванием детей, организованных в период летних каникул на базе школы. Это позволяет им изучить основы конструирования и раньше начать процесс адаптации к школе, обеспечивая эффективную социализацию.

Результативностью работы на данном этапе является степень интереса обучающихся к техническому творчеству, робототехнике, обратная связь со стороны родителей по выбору направлений внеурочной деятельности и программ дополнительного образования детей при записи в первый класс. За два года реализации сетевых программ с дошкольным учреждением 76 % дошкольников МДОУ № 15, посещающих занятия по робототехнике в детском саду, записаны в первый класс школы, с которой осуществлялось взаимодействие. Из них все



выбрали в качестве внеурочной деятельности или кружка дополнительного образования робототехнику и конструирование. Двое из них уже в первом классе показали высокий результат, победив в номинации по стандартам Jr. FLL на Открытом фестивале «Технофест – 2017».

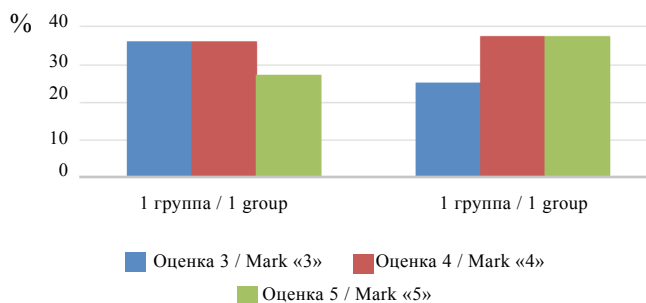
Начальное общее образование. Приобретение элементарных навыков конструирования и программирования, формирование представлений о технике на этапе начального общего образования регламентировано федеральным государственным образовательным стандартом начального общего образования (ФГОС НОО).

В соответствии с основной общеобразовательной программой, авторами статьи организована внеурочная деятельность по робототехнике в каждом классе на этапе начального общего образования. В основу курса положена разработанная нами рабочая программа, ориентированная на использование метода проектов по стандартам Jr. FLL. Целью внеурочной деятельности по общеинтеллектуальному направлению является достижение метапредметных и личностных результатов обучения, формирование коммуникативных и регулятивных универсальных учебных действий и «гибких навыков» Soft Skills. Кроме этого, внеурочная деятельность по робототехнике в начальных классах позволяет обучающимся освоить начальный уровень конструирования и программирования в объектно-ориентированных программных средах с графическим интерфейсом. Занятия направлены на развитие логического и инженерно-

го мышления, что благоприятно влияет на освоение предметных результатов по математике. Нами проведен сравнительно-сопоставительный анализ результатов Всероссийских проверочных работ за 2016 г. по математике в 4-х классах школы № 14.

Все обучающиеся, попавшие в выборку, вовлечены в разные формы системы непрерывного инженерного образования. С заданием работы справились 100 %, однако учащиеся 1 группы не посещают внеурочную деятельность по робототехнике и качество знаний по математике в данной группе по результатам мониторинга составило 64 %. Качество знаний 2 группы учащихся, посещающих внеурочные занятия, – 77 % (рис. 2).

Реализация пропедевтической инженерной подготовки на этапе начального общего образования через предметную деятельность была организована через интегрированные уроки на основе программ STEAM. Высокую эффективность на данном этапе показала интеграция робототехники с иностранным языком. Младшим школьникам предлагается подобрать слова, которыми можно охарактеризовать модель, собранную на занятиях по робототехнике, что способствует ассоциативному восприятию иностранных слов, расширяя словарный запас и мотивируя их на изучение робототехники и иностранного языка. Расширению предметных областей способствуют факультативные и элективные курсы и индивидуально-групповые занятия, которые выстраиваются в контексте основных направлений, реализуемых в школе.



Р и с. 2. Результаты Всероссийских проверочных работ по математике в 4 классах
F i g. 2. Results of the nation-wide verification works on mathematics in 4 classes

Еще одной формой работы, дополняющей пропедевтический блок непрерывного инженерного образования на этапе начального общего образования, являются кружки дополнительного образования, организованные для учащихся разного возраста. Наиболее эффективна, на наш взгляд, деятельность кружка по робототехнике в школе в комплексе с внеурочной деятельностью. Такое сочетание позволяет систематизировать учебный материал, формируя метапредметные и личностные результаты обучения, а на кружке организовать проектную и исследовательскую деятельность обучающихся. Эффективной работе кружка способствуют экскурсии в студенческие конструкторские бюро вузов, лаборатории робототехники, посещение выставок, фестивалей технического творчества и производственных предприятий. В проектной деятельности для воспитанников кружка важной должна оставаться практическая значимость разработанной модели, а именно во время образовательных экскурсий они смогут увидеть элементы мехатроники и робототехники как составных частей производственных линий и учебных комплексов.

В рамках индивидуальной работы с одаренными и высокомотивированными обучающимися нами реализуются индивидуальные образовательные маршруты. Учащиеся регулярно участвуют в конференциях, выставках и фестивалях технического творчества, занимая первые и призовые места. Учет достижений ведется через систему портфолио.

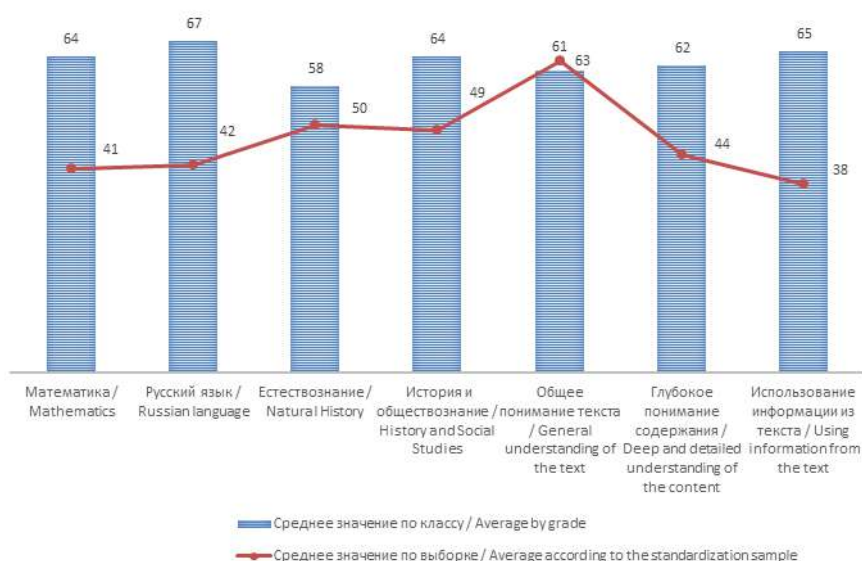
На данном этапе важным компонентом образовательной среды являются программы каникулярной занятости обучающихся, реализуемые как на базе школы, так и за ее пределами. В условиях лагеря с дневным пребыванием детей «Техносфера», организованного нами на базе школы с привлечением обучающихся из других школ и дошкольных образовательных учреждений, в рамках сетевого взаимодействия с вузами (занятия и мастер-классы на базе технопарка, студенческого конструкторского бюро, привлечение на практику студентов педагогических направлений подготовки), учреждениями

среднего профессионального и дополнительного образования. Одним из субъектов сетевого взаимодействия стал детский технопарк «Кванториум», при посещении которого учащиеся знакомятся со всеми направлениями деятельности технопарка (робототехническое, аэрокосмическое, биологическое, IT и нанотехнологии) [12].

Достижение метапредметных результатов обучения по результатам освоения программ начального общего образования исследованы нами в пятом классе посредством анализа комплексных проверочных работ регионального центра оценки качества образования, продемонстрировавшим высокую степень понимания обучающимися представленного материала и умение использовать информацию для различных целей. Это свидетельствует о сформированности навыков проектно-исследовательской деятельности. Значения большинства целевых показателей превышают средние значения по стандартизации (рис. 3).

С целью исследования интересов обучающихся проведена диагностика учащихся 3–4 классов по методике А. И. Савенкова «Карта интересов», взятая за основу и модифицированная к нашему исследованию. Выборка показала высокий интерес к математике и технике. Среди учащихся, не посещающих робототехнику, преобладает интерес к спорту, гуманитарной и художественной сферам, что объясняет выбранные ими направления внеурочной деятельности и кружки дополнительного образования.

Основное общее образование. Готовность к проектно-исследовательской деятельности, сформированная на этапе начального общего образования (при реализации программ Jr. FLL и FLL), позволяет обучающимся не только продолжить выполнение проектов по робототехнике, но и использовать инновационные подходы при выполнении творческих проектов по предмету «Технология». Межпредметные знания, сформированные в начальной школе при изучении программ STEM, выстраивают фундамент для освоения предметных курсов математики, информатики, физики, иностранного языка.



Р и с. 3. Достижение предметных и метапредметных результатов обучения по результатам освоения программ начального общего образования посредством анализа комплексных проверочных работ Хабаровского регионального центра оценки качества образования

Fig. 3. Achievement of subject and meta-subject results of training based on the results of mastering the programs of primary general education by means of analysis of complex testing activities of the Khabarovsk regional center for the evaluation of the quality of education

Сетевые связи с вузами и учреждениями СПО на данном этапе общего образования становятся наиболее значимыми. Совместно со студенческим конструкторским бюро Электротехнического факультета Комсомольского-на-Амуре государственного университета нами организована деятельность по двум направлениям: проектно-исследовательская деятельность школьников на базе лабораторий микроконтроллерной робототехники и мастер-классы для учащихся на базе школы и вуза. Работы школьников в области микроконтроллерной электроники представлены на открытых и региональных конкурсах и фестивалях, Всероссийской олимпиаде школьников по технологии. Высокие результаты участия школьников в чемпионатах Junior Skills также свидетельствуют о результативности реализации программ и готовности учащихся к работе с микроконтроллерами и микрокомпьютерами.

Обсуждение и заключения

В условиях модернизации и реструктуризации российского образования, пе-

реходе на новые стандарты образования (дошкольное, начальное, общее и высшее (3++, 4), внедрения цифровой парадигмы, глобального противопоставления мировых центров остро обозначилась проблема существования системной непрерывной инженерной подготовки детей и подростков. Поиск направлений решения данной проблемы привел нас к изучению анализа эффективности инженерных школ, кванториумов, создаваемых в России с целью формирования устойчивой мотивации и интереса к инженерной профессии, овладению инженерными специальностями в процессе их подготовки к будущей работе на инновационных предприятиях нового формата. Для этого необходимо на следующем этапе исследования разработать инновационную модель сетевого взаимодействия субъектов образования в системе уровневой инженерной подготовки и проверить ее эффективность с учетом выделенных критериев: ценностно-ориентированного, когнитивного, субъектного, креативно-деятельностного.

Авторами статьи сделана попытка систематизации субъектов и форм не-

прерывного инженерного образования на этапах от дошкольного до высшего, основываясь на исследованиях, проводимых на протяжении шести лет. Система уровневой инженерной подготовки, соединившая в себе уровни образования, дополнительные образовательные программы и потенциал сетевого взаимодействия, показала эффективность в достижении образовательных и метапредметных результатов, обусловленную единством подходов и системностью методов педагогического воздействия. Реализация программ по робототехнике, осуществляемая через разные формы работы, обеспеченные ресурсным потенциалом как базовой организации, так и сетевых партнеров, организованная в системе, позволяет оптимизировать все направления и формы работы.

Практические результаты исследования могут быть использованы на школьном, муниципальном и региональном

уровне с учетом специализации и конкретного региона России. Предложенная авторами модель интегрированной системы уровневой инженерной подготовки может лечь в основу муниципальных образовательных систем, обеспечивая преемственность между уровнями образования средствами сетевых партнеров, обеспечивая системность в образовании. Результаты исследования имеют ценность при реализации основных образовательных программ школами, позволяют комплексно и системно подойти к вопросу организации образовательного процесса, привлекая кадровые и материальные ресурсы сетевых партнеров. При взаимодействии с дошкольными учреждениями школа получит возможность обеспечить пропедевтическую подготовку будущих первоклассников на своем микроучастке, а детский сад – обеспечить реализацию инновационных образовательных направлений средствами школы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левин Б. А. Повышение качества отраслевого инженерного транспортного образования // Инженерное образование. 2014. № 15. С. 104–114. URL: http://aeer.ru/files/io/m15/art_14.pdf (дата обращения: 09.11.2017).
2. Abramovich S., Schunn C., Higashi R. M. Are badges useful in education?: It depends upon the type of badge and expertise of learner // Educational Technology Research and Development. 2013. Vol. 61, issue 2. Pp. 217–232. DOI: 10.1007/s11423-013-9289-2
3. Pitt J. Blurring the Boundaries—STEM education and education for sustainable development // Design and Technology: An International Journal. 2009. No. 14.1. Pp. 37–48. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ882739.pdf> (дата обращения: 09.11.2017).
4. Learning how to program via robot simulation / J. Flot [et al.] // Robot Magazine. 2012. Vol. 37. Pp. 68–70. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-015-0017-9> (дата обращения: 09.11.2017).
5. Case studies of a robot-based game to shape interests and hone proportional reasoning skills / L. Alferi [et al.] // International Journal of STEM Education. 2015. No. 2. P. 4. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-015-0017-9> (дата обращения: 09.11.2017).
6. Silk E. M. Resources for learning robots: Environments and framings connecting math in robotics : Doctoral dissertation [Электронный ресурс]. University of Pittsburgh. (No. 8607). URL: <https://www.cmu.edu/roboticsacademy/PDFs/Research/SilkEliM2011.pdf> (дата обращения: 09.11.2017).
7. Гребнева Д. М. Модель обучения программированию учащихся 7–9 классов на основе семиотического подхода // Педагогическое образование в России. 2014. № 7. С. 65–70. URL: <http://journals.uspu.ru> (дата обращения: 09.11.2017).
8. Лукьянова Н. В. Развитие технических способностей учащихся посредством образовательной робототехники // Информатика в школе. 2015. № 2. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1422683990> (дата обращения: 09.11.2017).
9. Шимов И. В. Применение робототехнических устройств в обучении программированию школьников // Педагогическое образование в России. 2013. № 1. С. 185–188. URL: <http://journals.uspu.ru> (дата обращения: 09.11.2017).



10. Ершов М. Г. Робототехника как объект изучения в курсе физики средней школы // Педагогическое образование в России. 2015. № 3. С. 117–125. URL: <http://elar.uspu.ru/handle/uspu/1890> (дата обращения: 09.11.2017).
11. Черемухин П. С., Веклич С. Н., Иванов Ю. С. Проектирование и изготовление интерактивного лазерного тира // Школа и производство. 2017. № 8. С. 21–26. URL: http://www.schoolpress.ru/products/rubria/index.php?ID=79982&SECTION_ID=51 (дата обращения: 09.11.2017)
12. Черемухин П. С., Шумейко А. А. Пропедевтика инженерных знаний школьников в летних лагерях на основе сетевого взаимодействия образовательных организаций // Школа и производство. 2017. № 8. С. 48–53. URL: http://www.schoolpress.ru/products/rubria/index.php?ID=80250&SECTION_ID=51 (дата обращения: 09.11.2017)
13. Абушкин Х. Х., Даданова А. В. Межпредметные связи в робототехнике как средство формирования ключевых компетенций учащихся // Учебный эксперимент в образовании. 2014. № 3. С. 32–35.
14. Литвин А. В. Педагогические и дидактические возможности образовательной робототехники // Инновации в образовании. 2012. № 5. С. 106–117. URL: <http://www.edit.muh.ru/content/mag/jour3.php?link=io052012> (дата обращения: 09.11.2017).
15. Вылегжанина И. В. Довузовский период подготовки будущих инженеров в условиях дополнительного образования детей // Инженерное образование. 2017. № 21. С. 181–185. URL: http://www.ac-rae.ru/files/io/m21/art_25.pdf (дата обращения: 30.01.2018).
16. Брумиштейн Ю. М., Баганина А. А. Подготовка кадров и научная деятельность в сфере робототехники и мехатроники в России: опыт использования информационных технологий для сбора и анализа данных // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Т. 8, № 4. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/53EVN416.pdf> (дата обращения: 30.01.2018).
17. Мухин М. И., Мишаткина М. В., Соколова Н. Л. О вопросе институциональных и методологических основ подготовки учителей // The European Proceedings of Social & Behavioural. 2017. Vol. 28. Pp. 457–465. DOI: 10.15405/epsbs.2017.08.54
18. Students adaptation to training in university in educational environment optimization terms / V. V. Baranov [et al.] // Modern Journal of Language Methods. 2018. Vol. 8, issue 7. Pp. 92–103. URL: http://www.mjltm.org/files/cd_papers/r_1000434_180727183656.pdf (дата обращения: 09.11.2017).
19. Зуев П. В., Коцеева Е. С. Проблемы преемственности в изучении робототехники в школе и вузе // Педагогическое образование в России. 2014. № 8. С. 54–61. URL: <http://elar.uspu.ru/handle/uspu/1395> (дата обращения: 09.11.2017).
20. Акатьев В. А., Волкова Л. В. Инженерное образование в постиндустриальной России [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-14671 (дата обращения: 09.11.2017).
21. Ковальчук М. В. От синтеза в науке к конвергенции образования // Образовательная политика. 2010. № 11–12. С. 49–50. URL: <http://www.nrcki.ru/files/pdf/1456304436.pdf> (дата обращения: 09.11.2017).

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

Об авторах:

Черемухин Петр Сергеевич, директор МОУ «Инженерная школа города Комсомольска-на-Амуре» (681010, Россия, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Вокзальная, д. 39), аспирант кафедры педагогики профессионального образования ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет» (681000, Россия, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Кирова, д. 17, корп. 2), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0557-6549>**, chira87@mail.ru

Шумейко Александр Александрович, профессор кафедры педагогики профессионального образования ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет» (681000, Россия, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Кирова, д. 17, корп. 2), доктор педагогических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3570-1395>**, **Scopus ID: 57200043231**, science17@list.ru

Заявленный вклад авторов:

Черемухин Петр Сергеевич – обзор научной литературы по проблеме исследования; проведение авторской экспериментальной работы в системе сетевого взаимодействия «школа – учреждения дополнительного образования – университеты – промышленное предприятие»; разработка и апробация интегрированной

системы уровневой инженерной подготовки субъектов исследования; анализ применяемых методик исследования; обработка результатов исследования и представление их в виде графиков и рисунков.

Шумейко Александр Александрович – общее научное руководство исследованием; анализ применяемых методик исследования; обобщение результатов исследования, структурирование материала в логике написания научной статьи, рекомендации по использованию иностранной литературы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Levin B.A. [Improvement of quality of branch engineering transport education]. *Inzhenernoye obrazovaniye* = Engineering Education. 2014; 15:104-114. Available at: http://aeer.ru/files/io/m15/art_14.pdf (accessed 09.11.2017). (In Russ)
2. Abramovich S., Schunn C., Higashi R.M. Are badges useful in education? It depends upon the type of badge and expertise of learner. *Educational Technology Research and Development*. 2013; 61(2):217-232. DOI: 10.1007/s11423-013-9289-2
3. Pitt J. Blurring the boundaries—STEM education and education for sustainable development. *Design and Technology: An International Journal*. 2009; 14.1:37-48. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ882739.pdf> (accessed 09.11.2017).
4. Flot J., Schunn C., Lui A., Shoop R. Learning how to program via robot simulation. *Robot Magazine*. 2012; 37:68-70. Available at: <https://www.ri.cmu.edu/publications/learning-how-to-program-via-robot-simulation> (accessed 09.11.2017).
5. Alfieri L., Higashi R., Shoop R., Schunn C.D. Case studies of a robot-based game to shape interests and hone proportional reasoning skills. *International Journal of STEM Education*. 2015; 2:4. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-015-0017-9> (accessed 09.11.2017).
6. Silk E.M. Resources for learning robots: Environments and framings connecting math in robotics. Doctoral dissertation. University of Pittsburgh. (No. 8607). Available at: <https://www.cmu.edu/roboticsacademy/PDFs/Research/SilkEliM2011.pdf> (accessed 09.11.2017).
7. Grebneva D.M. The model of teaching programming to students of 7-9 grades based on the semiotic approach. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii* = Pedagogical Education in Russia. 2014; 7:65-70. Available at: <http://journals.uspu.ru> (accessed 09.11.2017). (In Russ)
8. Lukyanova N.V. [Development of technical abilities of students through educational robotics]. *Informatika v shkole* = Informatics in School. 2015; 2. Available at: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1422683990> (accessed 09.11.2017). (In Russ)
9. Shimov I.V. The use of robotic devices in the teaching of programming to schoolchildren. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii* = Pedagogical Education in Russia. 2013; 1:185-188. Available at: <http://journals.uspu.ru> (accessed 09.11.2017). (In Russ)
10. Ershov M.G. Robotics as an object of study in the course of physics in secondary school. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii* = Pedagogical Education in Russia. 2015; 3:117-125. Available at: <http://elar.uspu.ru/handle/uspu/1890> (accessed 09.11.2017). (In Russ.)
11. Cheremukhin P.S., Veklich S.N., Ivanov Yu.S. Designing and manufacturing an interactive laser shooting gallery. *Shkola i proizvodstvo* = School and Production. 2017; 8:21-26. Available at: http://www.schoolpress.ru/products/rubria/index.php?ID=79982&SECTION_ID=51 (accessed 09.11.2017). (In Russ.)
12. Cheremukhin P.S., Shumeyko A.A. Propedeutics of engineering knowledge of school students in summer camps on the basis of network interaction of the educational organizations. *Shkola i proizvodstvo* = School and Production. 2017; 8:48-53. Available at: http://www.schoolpress.ru/products/rubria/index.php?ID=80250&SECTION_ID=51 (accessed 09.11.2017). (In Russ.)
13. Abushkin H.H., Dadonova A.V. [Intersubject communications in robotics as a means of forming key competencies of students]. *Uchebnyy ehksperiment v obrazovanii* = Teaching Experiment in Education. 2014; 3:32-35. (In Russ.)
14. Litvin A.V. [Pedagogical and didactic possibilities of educational robotics]. *Innovatsii v obrazovanii* = Innovation in Education. 2012; 5:106-117. Available at: <http://www.edit.muh.ru/content/mag/jour3.php?link=io052012> (accessed 09.11.2017). (In Russ.)
15. Vylegzhanina I.V. [Pre-university period of preparation of future engineers in conditions of additional education of children]. *Inzhenernoye obrazovaniye* = Engineering Education. 2017; 21:181-185. Available at: http://www.ac-raee.ru/files/io/m21/art_25.pdf (accessed 30.01.2018). (In Russ.)



16. Brumshteyn Yu.M., Baganina A. A. Personal training and scientific activities in the sphere of robotic technology and mechatronics in Russia: Experience of information technologies usage for data collection and analysis. *Naukovedeniye* = Science Studies. 2016; 8(4). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/53EVN416.pdf> (accessed 30.01.2018). (In Russ.)
17. Muhin M.I., Mishatkina M.V., Sokolova N.L. On the issue of institutional and methodological foundations of teacher's training. *The European Proceedings of Social & Behavioural*. 2017; 28:457-465. DOI: 10.15405/epsbs.2017.08.54
18. Baranov V.V., Ovchinnikova L.P., Piralova O.F., Maksimova N.L., Shumeyko A.A., Semenova N. V., Kargapolov V.P., Popova O.V. Students adaptation to training in university in educational environment optimization terms. *Modern Journal of Language Methods*. 2018; 8(7):61-69. Available at: http://www.mjltm.org/files/cd_papers/r_1000434_180727183656.pdf (accessed 09.11.2018). (In Russ.)
19. Zuev P.V., Koshcheeva E.S. The problem of continuity in studying robotics at school and university. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii* = Pedagogical Education in Russia. 2014; 8:54-61. Available at: <http://elar.uspu.ru/handle/uspu/1395> (accessed 09.11.2017). (In Russ.)
20. Akatov V.A., Volkova L.V. Engineering education in post-industrial Russia. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2014;5. Available at: www.science-education.ru/119-14671 (accessed 09.11.2017). (In Russ.)
21. Kovalchuk M.V. [From the synthesis in science to the convergence of education]. *Obrazovatel'naya politika* = Educational Policy. 2010; 11-12:49-50. Available at: <http://www.nrcki.ru/files/pdf/1456304436.pdf> (accessed 09.11.2017). (In Russ.)

Submitted 18.12.2017; revised 09.04.2018; published online 28.09.2018.

About the authors:

Petr S. Cheremukhin, Director of Engineering School (39 Vokzal'naya St., Komsomolsk-na-Amure 681010, Russia), Graduate Student, Chair of Pedagogy of Higher Education, Amur State University of Humanities and Pedagogy (17, bd 2 Kirov St., Komsomolsk-na-Amure 681000, Russia), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0557-6549>**, chira87@mail.ru

Aleksandr A. Shumeyko, Professor of Chair of Pedagogy of Higher Education, Amur State University of Humanities and Pedagogy (17, bd 2 Kirov St., Komsomolsk-na-Amure 681000, Russia), Dr.Sci. (Pedagogy), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3570-1395>**, **Scopus ID: 57200043231**, science17@list.ru

Contribution the authors:

Petr. S. Cheremukhin – review of scientific literature on the research problem; carrying out of the author's experimental work in the system of network interaction “school – institutions of additional education – universities – industrial enterprise”; development and approbation of an integrated system of level engineering training for research subjects; analysis of applied research methods; processing of research results and presentation in the form of graphs and drawings

Aleksandr A. Shumeyko – general scientific management of research; analysis of applied research methods; generalization of research results, structuring the material in the logic of writing a scientific article, recommendations on the use of foreign literature.

All authors have read and approved the final manuscript.