

ISSN 2500-0608



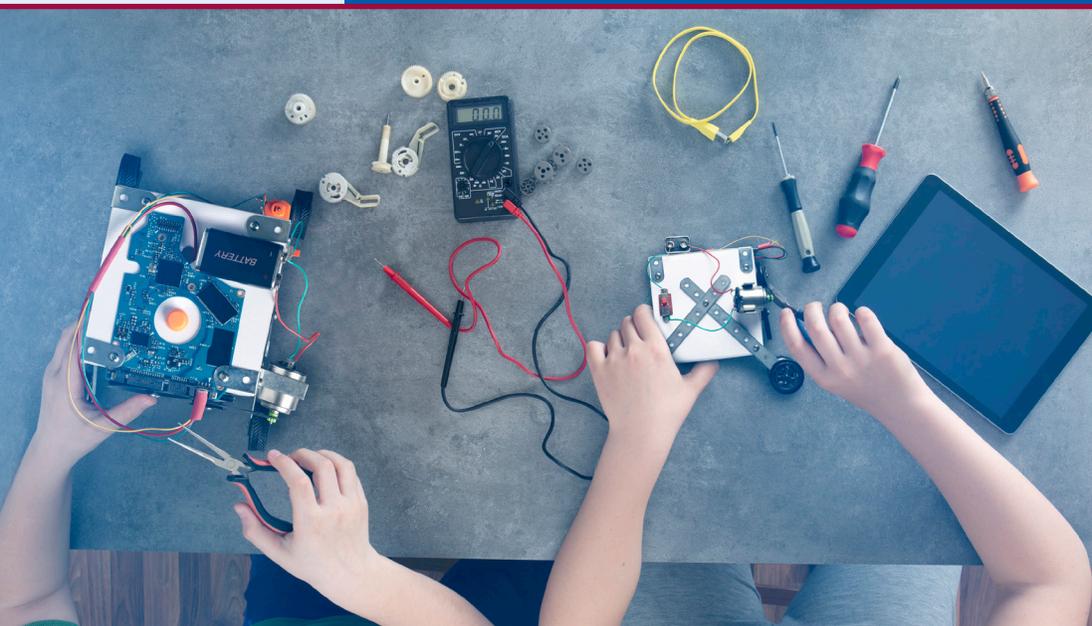
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ: ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ

Часть 2

Современная аналитика образования

№ 6(28)
2019



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ОБРАЗОВАНИЯ

**РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ:
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ**

Часть 2

Серия
Современная аналитика
образования

№ 6 (28)



УДК 372.862
ББК 74.04(2Рос)
Г 12

Сопредседатели редакционного совета серии:

Я.И. Кузьминов, к.э.н., ректор НИУ ВШЭ;
И.Д. Фрумин, д.п.н., научный руководитель Института образования НИУ ВШЭ

Руководитель Комитета по выпуску серии:

М.А. Новикова

Рецензенты:

Коршунов И.А., к.х.н., заместитель директора Института образования НИУ ВШЭ;
Косаченко С.В., заместитель директора по информационным технологиям
Томского физико-технического лицея

Авторы:

Д.А. Гагарина, С.Г. Косарецкий, А.С. Гагарин, М.Е. Гошин

Под редакцией:

С.Г. Косарецкого, Д.А. Гагариной

Г 12 **Робототехника** в России: образовательный ландшафт. Часть 2 / Д. А. Гагарина, С. Г. Косарецкий, А. С. Гагарин, М. Е. Гошин; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. — М.: НИУ ВШЭ, 2019. — 96 с. — 200 экз. — (Современная аналитика образования. № 6 (28)).

В книге представлены анализ развития образования в области робототехники в России с середины 90-х годов XX века и характеристика его современного состояния. Обобщаются результаты многолетней работы, включавшей интервью с экспертами, опросы, посещение организаций, соревнований и конференций, изучение нормативной базы, политических документов, образовательных программ. Собранные материалы охватывают все уровни образования и затрагивают широкий круг вопросов: структуру сектора, политику государства, конкурсы и соревнования, методическое и кадровое обеспечение, доступность для различных категорий детей и др.

В книге даны доказательные оценки развития сектора в масштабе страны, изменений в его ландшафте и политике государства, определены драйверы и барьеры развития. Книга публикуется в двух частях. В первой рассматриваются понятийный аппарат, история направления, кадровое и методическое обеспечение сектора, соревнования и конкурсы по робототехнике. Во второй описываются направления образовательной робототехники на разных уровнях образования.

Книга адресована профессиональному сообществу сектора образовательной робототехники, управленцам, методистам и педагогам всех уровней образования.

- © Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования, 2019
- © Фото на обложке: xefstock

Содержание

5. Робототехника в основном общем образовании	5
Робототехника в дошкольных организациях	5
Робототехника как элемент школьной программы	8
Форматы внедрения робототехники в школу	8
Робототехника на уроках информатики	11
Робототехника на уроках технологии	13
Комплексное внедрение робототехники в школе	17
6. Робототехника в дополнительном образовании	20
Направления обучения робототехнике	20
Организационные и бизнес-модели кружков робототехники	28
Лагерь как форма обучения робототехнике	35
Франшизы	36
Участники программ робототехники в дополнительном образовании: характеристики детей и стратегии семей	40
Вовлечение девочек в STEM и робототехнику	45
7. Реабилитационная робототехника	48
8. Профессиональное робототехническое образование	53
Роботизация, дефицит кадров и востребованность выпускников	53
Оборудование и кадры	56
Направления и программы	58
Направления зарубежных вузов	64

Заключение	67
Эксперты, упоминаемые в исследовании	71
Эксперты, с которыми проведены интервью в рамках исследования	71
Эксперты, комментарии и интервью с которыми ранее были опубликованы на сайте «Занимательная робототехника» и использованы в исследовании:.....	72
Литература и источники	75

5. Робототехника в основном общем образовании

За относительно короткий срок из аудиторий отдельных вузов занятия робототехникой вышли в образовательное пространство большого числа школ и даже детских садов.

Робототехника в дошкольных организациях¹

Причины все более активного вхождения робототехники в дошкольное образование связаны с ее дидактическими возможностями и решаемыми с ее помощью задачами:

- развитие мелкой моторики за счет работы с мелкими деталями конструкторов;
- навыки математики и счета — даже на уровне подбора деталей для робота приходится иметь дело с балками разной длины, сравнением деталей по величине и счетом в пределах 10–15;
- первый опыт программирования;
- навыки конструирования, знакомство с основами механики и пропедевтика инженерного образования;
- работа в команде — работа обычно делают вдвоем или втроем;
- навыки презентации — когда проект завершен, надо о нем рассказать.

Каждая из этих задач сама по себе не уникальна, она решается и другими занятиями с детьми, но робототехника соединяет эти задачи в рамках одной деятельности, причем делает это в игровой форме и с понятными для ребенка учебными материалами, например, конструкторами Lego или аналогичными.

Появление специализированных конструкторов для изучения конструирования и элементов робототехники в дошкольном возрасте способствуют внедрению этих занятий в детском саду. С ростом доступности оборудования начинают распространяться соответствующие методики и программы подготовки кадров. Наблюдается рост спроса со стороны родителей.

¹ В этом разделе использованы материалы статьи: Гагарина Д.А. Робототехника в детском саду: зачем, сколько стоит и как проходят занятия // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/10/robototexnika-v-detskom-sadu>>.

Несмотря на отмеченные возможности, в целом процесс идет довольно тяжело, медленно и неравномерно по регионам. Там, где такие занятия вводятся, это, как правило, платная услуга. В регионах стоимость одного занятия составляет 150–300 рублей. Вот как в 2016 г. комментировала отрасль Антонина Цицулина, президент Ассоциации предприятий индустрии детских товаров: *«На съезде дошкольного образования более половины участников искренне изумлялись, видя курс по робототехнике для дошкольников Павла Фролова (руководитель РОББО и Scratchduino — примечание авторов). И горевали — а кто сможет обучить?»*

В ряде регионов это направление получает административную поддержку, когда органы управления образованием рекомендуют вводить занятия робототехникой. Примером такого региона является Пермь и Пермский край. *«Формально, наличие робототехнических конструкторов в образовательной среде ДОУ Перми — это требование департамента образования Перми. Так что на разном уровне она есть во всех садах Перми. Вопрос только в объемах внедрения»,* — говорит Павел Крендель. После апробации на уровне Перми робототехника стала внедряться в детские сады Пермского края. Министерство образования и науки Пермского края реализует соответствующие программы, проводит конкурсы, курсы для воспитателей и методистов ДОУ. К сожалению, «объемы внедрения», о которых говорит Павел Крендель, на практике иногда означают закупку оборудования и его складирование без использования по назначению, что обычно связано с отсутствием педагогов, обладающих соответствующей квалификацией.

Элементы робототехники в ДОУ обычно внедряются на уровне старшей и подготовительной групп. Форматы различные: от четырех занятий в рамках краткосрочных образовательных практик до полноценных курсов с занятиями один-два раза в неделю в течение учебного года. Для детей младшего возраста проводятся занятия по легоконструированию. Так, в детском саду «Легополис» (Пермь) в подготовительной группе базовые занятия проводятся бесплатно один раз в месяц и обязательны для всех, для желающих изучать робототехнику в большем объеме есть дополнительные платные занятия.

Для занятий робототехникой в детском саду может быть выделен компьютерный класс. При использовании ноутбуков или планшетов вместо стационарных компьютеров занятия могут проходить в обычных группах. Чаще всего занятия проходят на оборудовании Lego Education — это кон-

структуры Lego WeDo и Lego WeDo 2.0; на втором месте — конструкторы Hupa-MRT-Роботрек. Конструкторы других производителей, например, Бибот и УМКИ, значительно уступают по популярности.

Для большинства конструкторов предусмотрены подробные инструкции и методические материалы. Они ориентированы на проведение занятий в игровой форме, через сказки и примеры из окружающей жизни. Однако методические разработки Lego предназначены для детей с 8 лет, поэтому для детского сада приходится их адаптировать или разрабатывать самостоятельно.

Структура типичного занятия с оборудованием Lego Education или аналогичным выглядит следующим образом. Занятие начинается с обсуждения задачи и возможных механизмов для ее решения. Далее распределяются роли в команде, и начинается сборка по инструкции на экране ноутбука (планшета). После того как робот построен, дети приступают к программированию. В некоторых случаях алгоритм проговаривается педагогом, программу составляют дети. В других случаях алгоритм разрабатывается детьми. Как считает Галина Крендель, педагог дополнительного образования детского сада «Легополис» (Пермь), все дети разные: есть группы, где уже на начальном этапе получается сразу перейти к самостоятельной разработке алгоритмов. Для работы с WeDo необходим ноутбук, поэтому первый урок обычно уходит на обучение работе с компьютером. Занятие длится обычно 25–40 минут. Многие педагоги считают, что этого недостаточно, однако ограничение связано с действующими СанПиНами.

В целом большинство экспертов согласны, что такие занятия правильнее было бы назвать просто конструированием или основами механики и программирования. Но робототехника — более удачное и понятное для детей (и родителей) слово. При этом такие занятия являются первым шагом к дальнейшему обучению робототехнике: знакомством с механикой, программным управлением, обратной связью и другими элементами. *«Это не робототехника в прямом смысле, это в большей степени игра, завязанная на принципе STEM, когда различные науки — и биологию, и математику, и физику, и окружающий мир — дети понимают через робототехнику»,* — комментирует Валентина Любимова, преподаватель робототехники из Новосибирска. *«Мы внедряем робототехнику в том числе через механику, делаем катапульту из палочек, делаем то, что помогает детям понять математику, понять, зачем эта математика нужна. Робототехника — это не только строить роботов из деталей Lego или VEX. Это, в том чис-*

ле, понимание, зачем нужна математика, алгебра, зачем нужно изучать степени, зачем нужно программирование»².

Представленность направления дошкольной робототехники в регионах можно оценить по участникам соответствующих мероприятий. Всероссийский фестиваль «ДЕТалька» в 2018 г. собрал участников из 40 регионов России; Всероссийский форум для дошкольников «ИКаРенок» в 2019 г. — участников из Свердловской, Омской, Челябинской, Белгородской, Мурманской, Сахалинской, Новосибирской областей, Республики Татарстан, Республики Коми, Якутска, Республики Крым, Ямало-Ненецкого автономного округа.

Программы робототехники для детей дошкольного возраста есть и в других странах. Так, в исследовании «The Wheels on the Bot go Round and Round: Robotics Curriculum in Pre-Kindergarten»³ описывается опыт интенсивных учебных практик, ориентированных на STEM, с детьми дошкольного возраста в США. Ученики за неделю смогли освоить проектирование, постройку и графическое программирование учебных моделей роботов из деталей конструктора Lego WeDo. Для приобретения навыков алгоритмизации использовались также образовательные наборы BeeBots и ProBots производства Terrapin Thinking Tools. Исследование показало: с помощью робототехники дошкольники могут усвоить базовые понятия математики, грамотности и искусства. Этот опыт аналогичен российскому, когда на занятиях собирают и программируют роботов из конструкторов.

Робототехника как элемент школьной программы

Форматы внедрения робототехники в школу

В октябре 2017 г. по итогам церемонии награждения победителей чемпионата по профессиональному мастерству WorldSkills вице-премьер правительства РФ Ольга Голодец предложила⁴ подумать о возможности включения

² Трескова У.В., Гагарина Д.А. Есть ли робототехника за МКАДом, и чем отличается Кванториум от Дома пионеров? // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/mmco-mkad>>.

³ Sullivan A., Kazakoff E.R., Bers M.U. The Wheels on the Bot go Round and Round: Robotics Curriculum in Pre-Kindergarten // Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice. 2013. № 12. P. 203–219. <<http://www.jite.org/documents/Vol12/JITEv12IIPp203-219Sullivan1257.pdf>>.

⁴ Голодец предложила обсудить вопрос о включении робототехники в школьную программу // ТАСС. <<https://tass.ru/obschestvo/4662008>>.

в школьную программу предмета «Робототехника»: *«Соревнования WorldSkills показывают, и развитие всего движения показывает, что робототехника для наших детей в России должна быть доступной, точно так же, как и дизайн, так же, как и графика. [...] Действительно, сегодня и дети, и все гражданское общество разделяют мнение, что те навыки, которые должны получать дети в рамках школьной программы, должны быть современными».*

Тема включения робототехники в школу обсуждается несколько лет, и на сегодня есть несколько вариантов решения вопроса, в каком формате она должна присутствовать в школьной программе:

- как отдельный предмет;
- как факультатив;
- в рамках уроков технологии;
- в рамках уроков информатики;
- в рамках уроков физики.

В 2018 г. научно-популярный портал «Занимательная робототехника» проводил исследование о том, как сообщество относится к введению робототехники в школьную программу⁵. По результатам опроса читателей (446 респондентов) выяснилось, что 46% опрошенных считают, что робототехнику целесообразно вводить в рамках основной образовательной программы. При этом как отдельный урок ее хотят видеть 23%, в рамках информатики — 12%, а в рамках технологии — 11%.

Мнение, что робототехника в школе должна быть факультативом, выразили 41% опрошенных, что каждая школа должна решать сама — 9%, а что она не нужна ни в каком виде — 4%.

По мнению Тимура Идиатуллова, руководителя образовательной программы «Киберфизические системы» Московского Политеха, робототехника в школе нужна, но это «не должно превращаться в безумие»: *«Есть очень большая проблема: ребята не понимают, как спаять провода, не понимают, что такое электрический ток, как сделать прочную конструкцию. Даже склеить ее они не могут или покрасить. Я говорю о ребятах, которые учатся в школе и думают, что робототехника — это высокий слог, где все собирается и работает само, но это не так. Большинство роботов не работает потому, что их неправильно собрали»⁶.*

⁵ Трескова У.В., Гагарина Д.А. Нужна ли робототехника в школе? Мнение экспертов и читателей // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/robototexnika-v-shkole>>.

⁶ Там же.

Александр Стариков, учитель московской школы № 1950, говорит, что в качестве отдельного предмета робототехника не нужна: *«В «Технологии» она хорошо уживается, но детей нужно готовить, подводить к этому. Научившись создавать детали ручными инструментами, затем при помощи станков, впоследствии цифровых технологий. Тут нужно еще хорошо работать с информатиками»*⁷.

Юлия Нацкевич, директор и основатель центров Снейл и РобоПолигон (Омск), считает, что робототехника вполне может существовать как отдельный школьный предмет: *«Считаю, что нужна. Ее можно ввести как самостоятельную дисциплину наподобие того, как есть информатика. У меня даже есть крамольная мысль: не робототехника для школьных предметов, а школьные предметы для робототехники. То есть физика, математика, информатика, технология позволяют сделать этот предмет более понятным»*⁸.

Вячеслав Нефедов, автор проекта GoodLancer.com (Долгопрудный), считает, что сообщество находится «на перепутье»: *«У робототехники нет цели. Надо определиться, есть ли цели или мы себя обманываем. Если обманываем, то в школе робототехника не нужна, в школе нужны программирование и физика»*⁹.

Сергей Филиппов, учитель робототехники Президентского физико-математического лицея № 239, полагает, что робототехника должна стать *«полноценным школьным предметом, потому что она обладает всем необходимым, чтобы считаться наукой, достойной изучения. Причем эта наука практическая и не оторвана от жизни: в ней ребята могут применить знания, полученные на уроках физики, математики, информатики, биологии, химии. Хотелось бы, чтобы робототехнику изучали, чтобы не просто пользовались возможностями роботов для создания проектов по естественнонаучным дисциплинам, а чтобы учились робототехнике, кибернетике, теории автоматического управления, мехатронике. Все эти элементы можно объединить вместе в школьном курсе, в вузовском курсе они уже объединены. Если правильно сделать — будущее наступит быстрее, чем мы ожидаем»*¹⁰.

⁷ Там же.

⁸ Там же.

⁹ Там же.

¹⁰ Гагарин А.С. Игра в слова, роботов и творчество. Интервью с Сергеем Филипповым // Заинтересованная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/sergej-filippov-robototexnika>>.

Сегодня в тех школах, где робототехника есть, соответствующие занятия проводятся в рамках уроков технологии или информатики.

В европейских странах и США распространены три основных подхода к внедрению образовательной робототехники в школу¹¹:

- тематический подход к учебной программе, когда области учебной программы объединены вокруг темы;
- проектный подход, когда ученики работают в группах над изучением и решением конкретной проблемы;
- целевой подход, когда школьники участвуют в робототехнических соревнованиях.

В рамках тематического подхода в американских и европейских школах обучение робототехнике часто позиционируется только в контексте дисциплин STEM¹². Робототехника может быть, например, частью предмета информатика.

Отмечая значимость робототехнического образования, Дорожная карта США по робототехнике, разработанная восемью ведущими американскими университетами, предусматривала в пятилетней перспективе внедрение в каждой общеобразовательной школе страны программ робототехники в формате внеучебных занятий и мероприятий¹³.

Робототехника на уроках информатики

Есть несколько интересных российских кейсов программ по информатике с робототехническим компонентом. Среди них — программа Томского физико-технического лицея (ТФТЛ)¹⁴. Информатика в лицее преподается с 5 класса по часу в неделю, а для 10–11 классов по 4 часа в неделю. На уроках старшие ребята программируют на C, младшие на Кумире. Поми-

¹¹ Alimisis D. Educational robotics: Open questions and new challenges // Themes in Science & Technology Education. 2013. № 6(1). P. 63–71. <<http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/119/85>>.

¹² Jung S.E., Won E. Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children // Sustainability. 2018. № 10(4), 905. <<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/905>>.

¹³ A Roadmap for U.S. Robotics from Internet to Robotics. 2013 Edition.

¹⁴ Трескова У.В., Гагарина Д.А. Лицей, откуда учеников приходится выгонять по вечерам. Как живут и учатся в ТФТЛ // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/12/tftl-robotics>>; Трескова У.В. Сергей Косаченко рассказал о пирамиде достижений школьников в образовательной робототехнике // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/03/school-robotics-progress>>.

мо обязательных занятий по базовому учебному плану, лицеистам предлагается множество дополнительных занятий. Так, из технического блока популярны: микроэлектроника, программирование на C/C++/Processing для начинающих, программирование на Scratch и AppInventor, спортивная робототехника, курс по робофутболу, введение в интернет вещей, танцы андроидных роботов. За одно учебное занятие по микроэлектронике, к примеру, пятиклассник успеет ознакомиться с учебным материалом из электронного документа на компьютере, собрать схему с Arduino на макетной плате, сделать программу, поэкспериментировать с ней. Некоторым удастся сделать еще несколько заданий повышенной сложности. Суммарно ученики разных классов проходят по разным составляющим робототехнического образования: от сборки робота по готовой схеме до изготовления деталей на станке с ЧПУ (механика), от соединения по готовой схеме до разработки и пайки плат (электроника), от загрузки готовых программ до нейронных сетей (программирование). Дисциплины «Технология» в привычном смысле в ТФТЛ нет, она замещена робототехникой, черчением и информатикой.

Другой значимый российский кейс — программа, разработанная автором учебников Д.Г. Копосовым, учителем информатики гимназии № 24 Архангельска. С 2008 г. Денис Копосов ведет проект «Начала инженерного образования в школе»¹⁵, в рамках которого интегрирует техническое творчество в уроки информатики с 5 по 11 класс. Разработаны 17 направлений обучения робототехнике, ряд которых включены в уроки информатики. Проект разбит на шесть шагов:

- Шаг первый. 5 класс. Программирование Lego Mindstorms. Первый шаг в робототехнику
- Шаг второй. 6 класс. Микроконтроллеры — основа цифровых устройств. Платформа Arduino. Программирование Arduino в Scratch
- Шаг третий. 7 класс. Моделирование и 3D-печать. OpenSCAD — параметрический генератор 3D-моделей. Программирование в TRIK Studio (управляем виртуальным роботом)
- Шаг четвертый. 8 класс. Программирование микроконтроллеров Arduino. C++. Робототехника на основе Arduino
- Шаг пятый. 9 класс. Проектная деятельность: Lego, Arduino, ТРИК и другие платформы
- Шаг шестой. 10–11 класс. Технологии National Instruments. NI myDAQ, myRIO. Программирование в LabVIEW. Введение в цифровую электронику.

¹⁵ Начала инженерного образования в школе. <<http://nio.robostem.ru>>.

Сергей Филиппов, учитель робототехники Президентского физико-математического лицея № 239, дает следующие рекомендации по внедрению робототехники в школу: «Начинается все с принятия решения на уровне администрации школы. Далее определяем направления, в которых будем развиваться. Если это робототехника, значит должен быть выделен компьютерный класс (обычный класс, как для информатики). Далее определяем, с какими конструкторами будем работать. Здесь важно не попасться на удочку и не закупить много всякой ерунды. В идеале надо брать порядка десяти одинаковых конструкторов. Один комплект одного уровня. С запасными деталями, с ресурсными наборами, если такие есть. Не буду рекламировать конкретную компанию, потому что предложений на рынке много, и каждое в чем-то интересно по-своему. У меня есть рекомендации, в каком виде это лучше закупать. Должны быть помещения для хранения конструкторов: шкафы, стеллажи, потому что они очень много места занимают и требуют особого присмотра. В идеале не только один учитель должен этим заниматься, но и должен быть лаборант, чтобы он присматривал за оборудованием. Далее параллельно учитель или несколько учителей проходят курсы. И формируют группы (приглашают детей в кружок). Количество детей должно исходить из размеров компьютерного класса, т.е. 10–15 человек. [...] Нужно, чтобы хотя бы на двух детей был конструктор и у каждого был отдельный компьютер. Вместе с конструкторами обязательно нужно приобрести полигоны для запусков роботов. Это могут быть баннеры, на которых напечатаны всевозможные линии или жесткие полигоны на столешницах, лабиринты, пазлы из линий. Сейчас в России проводятся десятки соревнований. Можно определить базовые и приобрести соответствующие поля. Не забыть про программное обеспечение. Его стоит приобретать после прохождения курсов. Кто на чем учился, то и надо приобретать. Далее набор детей. Обязательно соревнования. Пусть хотя бы маленькие. На соревнованиях закрепляются навыки»¹⁶.

Робототехника на уроках технологии

В последние годы ведутся острые дискуссии о трансформации преподавания предметной области «Технология» и внедрении робототехники через нее. Странники использования уроков технологии как базы для

¹⁶ Гагарин А.С. Игра в слова, роботов и творчество. Интервью с Сергеем Филипповым // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/sergej-filippov-robototexnika>>.

внедрения робототехники в школы говорят об устаревшей существующей модели преподавания этого предмета и на уровне целеполагания, и на уровне содержания и технического оснащения. Противники акцентируют внимание на нехватке кадров и на том, что есть более близкие к робототехнике школьные предметы — в первую очередь информатика и физика¹⁷.

В июне 2016 г. Министерство образования и науки РФ утвердило Приказ о разработке концепции преподавания предметной области «Технология» при реализации общеобразовательных программ¹⁸. В соответствии с этим приказом уроки технологии должны были быть модернизированы, проект новой концепции должен был быть представлен до 1 октября 2016 г.

Дмитрий Песков, директор направления «Молодые профессионалы» Агентства стратегических инициатив (АСИ), который возглавил рабочую группу по модернизации уроков технологии, так сформулировал ее подход: *«Некоторые опасаются, что наша работа нарушит сложившиеся правила игры, распределение сил на рынке, и недостаточно учтет мнения действующих учителей труда в школе. Что я могу сказать. Правильно опасаются»*¹⁹. По его мнению, развитие искусственного интеллекта и технологий работы с большими данными в ближайшие 10–20 лет требует приобретения новых навыков и изменений в работе с подрастающим поколением уже сегодня, и изучение робототехники позволит школьникам приобрести новые необходимые компетенции: *«Принципиально важно сквозное изучение робототехники, потому что она позволит детям приобретать комплексные навыки, от программирования и информатики до дизайна. Кроме того, это сформирует запрос на изучение других дисциплин и дополнительное образование»*²⁰.

В 2016 г. АСИ объявило конкурс проектных идей «Школьный урок технологии — 2035»²¹. Участникам конкурса — педагогам и школьникам — предлагалось представить идеи о том, как должен выглядеть школьный курс

¹⁷ Гагарин А.С. Борщ или робототехника: что станет с уроком технологии в школе? // Занимательная робототехника. <http://edurobots.ru/2016/07/borshh-ili-robototexnika-chto-stanet-surokom-texnologii-v-shkole>.

¹⁸ Школьный урок технологии будет модернизирован под задачи НТИ // АСИ. <<https://asi.ru/news/56789>>.

¹⁹ Гагарин А.С. Борщ или робототехника: что станет с уроком технологии в школе? Там же.

²⁰ См. сноску 18.

²¹ Конкурс проектных идей «Школьный урок технологии — 2035». <<https://leader-id.ru/specials/Technology2035>>.

«Технология» в будущем. При разработке решений АСИ предлагало исходить из следующего целеполагания курса «Технология»:

- развитие навыков проектно-исследовательской деятельности, в том числе работа над реализацией реальных проектов/продуктов;
- развитие знаний и компетенций в перспективных технологических направлениях (работа с данными, работа с искусственным интеллектом и др.);
- формирование запроса на изучение других школьных предметов (математики, физики, химии, биологии и др.), междисциплинарный характер предмета;
- обеспечение «сквозного» характера обучения по предмету в течение всего курса; развитие навыков межличностной и межкультурной коммуникаций.

На конкурсе работ было 166 презентаций «Урок технологии глазами учителя» и 36 видеороликов «Урок технологии глазами ученика». В презентациях и роликах конкурсанты излагали свое видение того, как будет выглядеть урок технологии будущего. В видеороликах доминировали следующие темы: дополненная реальность, 3D-принтеры, роботы (в основном Lego), умный дом²².

В номинации для учителей победили: Иван Карлов (СибФУ), Игорь Асонов (образовательный центр «Сириус»), Евгений Плужник (Московский технологический институт). Татьяна Волкова, в то время преподаватель МФТИ, анализируя программы победителей конкурса, дала им следующую оценку²³: «... все эти программы годятся для вуза, но совершенно не годятся для школы — уровень не тот».

В целом конкурс и победившие проекты вызвали острую критику и со стороны учителей технологии, и со стороны робототехнического сообщества. Главными причинами критики стали оторванность от реальности и отсутствие кадров. Программы реализованы не были.

Дмитрий Краснихин, руководитель отдела организации образовательных программ Университета Иннополис, делится опытом использования разработок Университета Карнеги-Меллон, его адаптации к российской программе и апробации в 37 школах Татарстана: «Более чем в половине

²² Волкова Т. Будет в худшем случае профанация, а в лучшем — популяризация. Татьяна Волкова о новой концепции урока технологии // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/07/urok-technologie-2035-forum-asi-tatyana-volkova>>.

²³ Там же.

школ нет системного администратора. Чего внедрять, если нет человека, который может просто поддерживать технологию 10-летней давности. [...] Основной человек, который будет доносить знания, — педагог. У нас было 28 учителей информатики, все остальные — в равных долях физики и преподаватели труда. Эти люди получили педагогическое образование, у них неплохой бэкграунд в программировании. [...] Чтобы человек нормально преподавал физику, он должен владеть университетским курсом физики, чтобы преподавал математику — университетским курсом математики. Когда мы делаем целый стек технологий — он откуда возьмет эти знания? [...] Если мы планируем внедрять наполеоновские планы, первое, что мы должны продумать — каким образом мы будем готовить столь многопрофильных педагогов?»²⁴

Сергей Мустафин, учитель школы № 2017 (Москва), рассказывает об опыте деления урока технологии на традиционное домоводство и робототехнику: «5–6 классы делятся на две группы. Одна группа занимается домоводством (без гендерного деления, этим занимаются и мальчики, и девочки). Вторая часть приходит ко мне, я с ними не занимаюсь робототехникой в чистом виде, я занимаюсь конструированием и моделированием. Мы конструируем из разных материалов, в основном из конструктора Lego, но это и бумага, и 3D-моделирование. Полгода они занимаются у меня, потом меняются с той группой»²⁵.

Определенный итог длительных поисков и дискуссий был подведен в декабре 2018 г, когда на коллегии Министерства просвещения Российской Федерации утвердили²⁶ соответствующую концепцию, разработанную при активном участии Агентства стратегических инициатив. «Концепция фактически стыкует наработки НТИ, методики Worldskills и «Кванториумы» в общую логику работы в школе, оставляя место для традиционных подходов, использования наследия и особенностей регионов»²⁷, — констатировал

²⁴ Гагарина Д.А. Сверху или снизу? Домоводство, блокчейн или легороботы? Про уроки технологии на EdCrunch и Робофинисте // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/10/domovodstvo-blokchejn-ili-legoroboty>>.

²⁵ Там же.

²⁶ Шесть новых концепций учебных предметов и предметных областей утвердили члены Коллегии Минпросвещения России. <<https://edu.gov.ru/press/942/shest-novyh-konceptsiy-uchebnyh-predmetov-i-predmetnyh-oblastey-utverdili-chleny-kolleгии-minprosvesheniya-rossii/>>.

²⁷ Дмитрий Песков. Личная страница в Facebook, запись от 24.12.2018. <<https://www.facebook.com/peskov/posts/10158190310419488>>.

Дмитрий Песков, ставший к этому времени спецпредставителем Президента РФ по вопросам цифрового и технологического развития.

Концепция преподавания предметной области «Технология» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы, опубликованная на портале Министерства просвещения 30 декабря 2018 года, среди прочего включала робототехнику: «Учебный предмет «Технология» обеспечивает оперативное введение в образовательную деятельность содержания, адекватно отражающего смену жизненных реалий и формирование пространства профессиональной ориентации и самоопределения личности, в том числе: компьютерное черчение, промышленный дизайн; 3D-моделирование, прототипирование, технологии цифрового производства в области обработки материалов (ручной и станочной, в том числе станками с числовым программным управлением и лазерной обработкой), аддитивные технологии; нанотехнологии; робототехника и системы автоматического управления; технологии электротехники, электроники и электроэнергетики; строительство; транспорт; агро- и биотехнологии; обработка пищевых продуктов; технологии умного дома и интернета вещей, СМИ, реклама, маркетинг. Все перечисленные направления должны быть разработаны с учетом общемировых стандартов (на основе стандартов Ворлдскиллс) и специфики и потребностей региона»²⁸.

Комплексное внедрение робототехники в школе

Еще один вариант школьной робототехники — ее внедрение сразу в рамках нескольких дисциплин, использование как некоторой интегрирующей основы.

Так, Андрей Гурьев считает, что идеология образовательной робототехники — это не идеология робототехники как цель: *«Это инструмент, с помощью которого дети качают свои скилы, получают знания, умения, определенные навыки... «Уникальность образовательной робототехники в том, что она максимально межпредметная. В школе можно выстроить траекторию с названием «робототехника», которая будет иметь межпредметные завязки на математику, физику, технологию, информатику,*

²⁸ Банк документов Министерства просвещения. <<https://docs.edu.gov.ru/document/c4d7feb359d9563f114aea8106c9a2aa/>>.

кусочками остальные предметы. Это получается не предметная, а проектная линейка»²⁹.

Реализация таких проектов требует, как правило, значительных финансовых средств. Одним из примеров является опыт Лицея № 419 Санкт-Петербурга и их проект «Инженерная МетаЛаборатория». Михаил Киселев, педагог лицея и один из авторов программы, так описывает его замысел: «Сегодня многие говорят о необходимости инженерного образования, о связи робототехники со многими школьными дисциплинами. В реалиях же существуют разрозненные программы, решающие свои собственные задачи, не принимая во внимание, что конечная цель одна и та же. Мы попытались создать такие условия, чтобы предметы «Информатика», «Технология», «Физика», «Химия», «Программирование», «Проектная деятельность» действительно имели общие точки пересечения, а дополнительное образование и внеурочная деятельность дополняли урочную деятельность. [...] Инженерная МетаЛаборатория (ИМЛ) — проект не совсем робототехнический. Контроллеры, датчики, алгоритмы управления используются в нем как инструмент для реализации конечного продукта (проекта). Это своеобразный ресурсный центр, где по аналогии с ресурсными центрами Санкт-Петербургского университета собрана материально-техническая база и методические разработки для использования в учебном процессе по многим предметам и внеурочной деятельности»³⁰.

Другой пример — школа № 135 города Перми и ее проект «Образовательный технопарк»³¹. Школа является пилотной по апробации новой программы предметной области «Технология». Главная цель проекта — создание системы технологического обучения школьников, через индивидуальные образовательные траектории в «Образовательном технопарке», направленные на промышленный сектор экономики Перми. Для этого разработаны возрастные зоны «Образовательного технопарка»:

²⁹ Трескова У.В., Гагарина Д.А. Нужна ли робототехника в школе? Мнение экспертов и читателей // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/robototexnika-v-shkole>>.

³⁰ Гагарина Д.А. Конструкторы ТРИК стали частью инновационного проекта «Инженерная МетаЛаборатория» // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/03/konstruktory-trik-inzhenernaya-metalaboratoriya>>.

³¹ Образовательный технопарк как новый формат обучения робототехнике // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/03/obrazovatelnyj-texnopark-kak-novyy-format-obucheniya-robototexnike>>.

- начальная школа: «Конструирование и фантазирование»;
- основная школа: «Погружение» в профессии, основание для выбора;
- старшая школа: «Кузнец своего счастья», построение индивидуальной образовательной программы через профессиональные пробы и профессиональные практики.

Одним из первых шагов по обновлению технологического образования в этой школе стала разработка программ для урочной и внеурочной деятельности.

* * *

Сегодня практики образовательной робототехники все шире распространяются в основном образовании — в детских садах и школах. В первом случае они выступают формой пропедевтики конструирования, основ механики и программирования с активным использованием игровых методов.

В школе элементы робототехники изучаются на уроках информатики, технологии, физики, а также факультативно как проектная межпредметная деятельность. Судя по позиции государства, вероятнее всего, школьная робототехника станет частью предметной области «Технология». При этом в профессиональном сообществе дискуссии о задачах и оптимальном месте образовательной робототехники в основном общем образовании продолжаются.

6. Робототехника в дополнительном образовании

В последние несколько лет сформировался устойчивый спрос родителей школьников на занятия робототехникой с их детьми. В условиях, когда соответствующей школьной дисциплины нет и далеко не все школы предоставляют возможность занятий, этот спрос удовлетворяется через дополнительное образование детей.

Направления обучения робототехнике

Обучение детей робототехнике в рамках дополнительного образования как правило проводится с использованием конструкторов. Робототехнические конструкторы состоят из механических деталей, датчиков, программируемого блока, исполнительных устройств. Из этих компонентов можно сконструировать прототипы машин, различных устройств, роботов. Программа, загружаемая в контроллер, снимает показания датчиков и задает логику поведения робота в зависимости от изменений во внешней среде.

Модели роботов могут быть созданы не только из конструкторов. Корпус и детали устройства можно сделать с использованием технологий 3D-печати, лазерной резки, литья и др. Управляющим устройством в этом случае может быть микроконтроллер или мини-компьютер. Наибольшее распространение среди любительской электроники и робототехники получила платформа Arduino. Это семейство плат с микроконтроллерами Atmel. Плата имеет аналоговые и цифровые порты ввода-вывода и позволяет подключать к ним устройства: кнопки, датчики, моторы и другие. При работе с платформой ученикам требуются знания из электротехники и электроники.

Создание прототипа робота или другого устройства включает в себя проектирование, сборку, программирование. Акцент в обучении может быть сделан на разных этапах создания устройств. Например, при изучении программирования этап сборки робота может быть пропущен, а ученику предоставлена готовая модель робота. Несмотря на общее название робототехника, программы обучения в разных секциях дополнительного образования отличаются. Можно выделить несколько основных направлений.

Для этого мы использовали каталог кружков робототехники на сайте «Занимательная робототехника»³². Он содержит записи об организациях дополнительного образования с робототехническими направлениями практически из всех регионов России. Среди них есть организации, работающие как с лицензией на образовательную деятельность, так и без нее.

Каталог ведется с 2014 г., постоянно обновляется, пополняясь новыми кружками. Ежегодно в августе-сентябре происходит актуализация информации на предстоящий учебный год. Важно, что для каждого кружка представлено детализированное описание, включающее название кружка, количество и возраст учащихся, год начала работы, стоимость обучения, используемые платформы и ПО, направления, по которым ведется обучение в кружке, контакты, участие в соревнованиях и другие достижения, описание в свободной форме. Мы полагаем, что на сегодняшний день это самый большой и актуальный каталог кружков робототехники России и ближнего зарубежья.

Среди направлений робототехники в каталоге выделены: конструирование, механика, программирование, программирование микроконтроллеров, электроника и электротехника, 3D-моделирование и 3D-печать, основы теории автоматического управления, BEAM-роботы, элементы компьютерного (машинного) зрения, интернет вещей, автономные летательные аппараты, подводная робототехника.

Анализ данных каталога, страниц интернет-сайтов самих кружков, посещение робототехнических мероприятий дают основание утверждать, что самые массовые и распространенные направления дополнительного образования в сфере робототехники — это конструирование (из конструкторов Lego), программирование, знакомство с платой Arduino. В целом, программы большинства кружков робототехники ориентированы на простые материалы. При этом зачастую конструирование дается на уровне сборки по инструкциям, а этап проектирования устройств исключен. Такие кружки имеют в качестве эффектов мотивацию и вовлечение детей в техническое творчество через пробуждение интереса и, в известном смысле, развлечение. Чаще всего практическая часть обучения заключается в создании исключительно учебных моделей, которые значительно отличаются от реальных устройств.

³² Каталог кружков робототехники и ЦМИТ // Занимательная робототехника. <<http://education.ru/katalog-kruzhkov-robototexniki-search>>. На момент подготовки материала каталог содержал данные о 903 кружках робототехники, данные о направлениях обучения заполнены у 665 секций (ряд секций не указали эту информацию).

Так, директор по франчайзингу сети «РОББО» Екатерина Экало считает³³, что в большинстве кружков робототехники *«занимаются имитацией образовательной деятельности, когда из готовых блоков собирают игрушку»*, на рынке присутствует сегментация по сложности и глубине программ *«от имитации образовательной деятельности до реальной образовательной деятельности на результат»*.

В рамках занятий по **основам конструирования** учеников знакомят с простейшими механизмами, принципами крепления деталей, видами механических передач (зубчатая, ременная, кулачковая передачи). Конструирование является направлением обучения 94% кружков, представленных в каталоге «Занимательной робототехники»³⁴. Во многих кружках конструирование преподается в игровом формате с конструкторами, и в курс не включено проектирование. Наиболее распространены занятия с использованием конструкторов LEGO. Такие курсы могут быть ориентированы как на детей 5–7 лет, так и на школьников. На начальных этапах используют пошаговые инструкции сборки учебных моделей. Учащиеся знакомятся с простейшими основами механики, получают навыки сравнения предметов по форме и цвету, учатся находить закономерности, получают навыки подбора деталей, знакомятся с понятиями прочности и устойчивости конструкции. В процессе занятий у детей развиваются мелкая моторика, навыки счета.

В некоторых кружках на занятиях по основам конструирования ученики знакомятся с основами черчения, механики, получают навыки проектирования и работы с CAD-программами.

Основы механики в кружках робототехники чаще всего являются частью курса конструирования. Основы механики в направлениях обучения отметили 53% кружков. Курсы по основам механики ориентированы на школьников. На занятиях они знакомятся с понятиями устойчивости конструкций, прочности соединения, видами соединения деталей механизмов, механическими передачами. Для обучения применяются модели, собранные из конструкторов, или лабораторные установки. В кружках дополнительного образования чаще всего используются конструкторы, в составе которых есть детали для создания моделей механических передач: балки, оси, зубчатые колеса, ремни, шкивы, кулачки и т. д.

Программирование есть среди направлений обучения в 95% кружков. Оставшиеся 5%, не отметившие наличие программирования в своих про-

³³ Интервью с Екатериной Экало в рамках настоящего исследования.

³⁴ Здесь и далее цифры указаны на основе данных, представленных в каталоге «Занимательной робототехники» для тех кружков, где были названы направления обучения.

граммах, собирают с учениками не имеющих контроллера BEAM-роботов, либо работают с младшими возрастными группами без обучения программированию. На занятиях изучают работу в графических средах программирования (они преобладают) или текстовые высокоуровневые языки (например, Python, C-подобные). Ученикам рассказывают о циклах, ветвлениях, алгоритмах. Чаще всего применяются рекомендованные производителем конструктора среды программирования. Из альтернативных сред программирования наибольшей популярностью пользуется среда графического программирования Scratch.

Платформа Lego Mindstorms EV3, наиболее часто используемая в секциях робототехники, позволяет использовать альтернативные среды, в том числе текстовые языки программирования, но доля поступающих таким образом секций робототехники невелика.

Следует отметить, что некоторые преподаватели критикуют программные среды *Lego*. Например, Сергей Филиппов, учитель и руководитель центра робототехники Президентского ФМЛ № 239 в Санкт-Петербурге и автор учебника «Робототехника для детей и родителей», на вопрос, почему на уроках в лицее не используется среда программирования *Lego*, ответил: *«Я вообще стараюсь молчать про эту среду, чтобы лишний раз не вспоминать про свои страдания и страдания своих учеников. Мы попробовали. Я дважды наблюдал, как на больших олимпиадах команды не могли выступить из-за особенностей этой среды»*. Среди преимуществ альтернативных сред программирования для *Lego Mindstorms* он отметил возможность использования математических операций, возможность работы с разными конструкторами в одной системе³⁵.

Использование инженерной графической среды LabVIEW в кружках робототехники встречается редко и является скорее исключением. Лидия Белиовская, учитель и автор книг и учебных курсов по робототехнике и машинному зрению, на вопрос, когда можно переходить с упрощенной среды *Lego* на профессиональную LabVIEW, ответила: *«Я крайне редко использую программное обеспечение EV3 и стараюсь обучать детей в среде LabVIEW»*³⁶.

В табл. 1 представлены данные о выборе сред программирования в кружках робототехники.

³⁵ Гагарин А.С. Игра в слова, роботов и творчество. Интервью с Сергеем Филипповым // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/sergej-filippov-robototexnika>>.

³⁶ Гагарина Д.А. Как изменилась робототехника с LEGO® Education за 20 лет // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/11/20years>>.

Таблица 1. Среды программирования в кружках робототехники

Среда программирования	Доля кружков, указавших среду, %
Программное обеспечение Lego Mindstorms EV3	64
Программное обеспечение Lego Mindstorms NXT	24
Arduino IDE	50
Scratch	44
Robolab	13
RobotC	13
LabVIEW	7
Роботрек Huna MRT	7
TRIK Studio	5
Fishertechnik Robo Pro	2
Другие среды программирования	34

Программирование микроконтроллеров отметили 55% кружков. Чаще всего речь идет о работе с популярными платами Arduino. Под этой торговой маркой выпускаются платы с микроконтроллером Atmel AVR и некоторыми другими. К Arduino подключаются платы расширения, позволяющие подключать дополнительные устройства. Платы снабжены необходимым набором обвязки для нормальной работы микроконтроллера — стабилизатором питания, кварцевым резонатором. Микроконтроллеры для Arduino отличаются наличием предварительно прошитого в них загрузчика (bootloader). С помощью этого загрузчика пользователь загружает программу в микроконтроллер без использования традиционных отдельных аппаратных программаторов. Загрузчик соединяется с компьютером через интерфейс USB (если он есть на плате) или с помощью отдельного переходника UART-USB. Производитель рекомендует использовать программную среду Arduino IDE. Поддержка загрузчика встроена в нее и выполняется в один щелчок мыши. Таким образом, с платформой Arduino могут работать любители и начинающие, благодаря чему она получила широкое применение в образовании.

На курсах Arduino изучают работу модулей, датчиков и исполнительных устройств, проектируют и создают устройства и учебных роботов. Это направление считается более продвинутым, ориентировано на учащихся среднего и старшего школьного возраста и изучается, как правило, после робототехники на базе конструкторов.

Помимо Arduino существует множество других микроконтроллеров и плат с микроконтроллерами, в том числе используемых в образовании, — PIC, STM, ARM, ESP. Несмотря на технические преимущества ряда указанных платформ, они проигрывают Arduino в наличии методических и технических материалов, активного сообщества любителей.

Электронику и электротехнику как направления обучения отметили 47% кружков. На таких курсах изучают основы электричества, определение тока, его свойства, характеристики и направления применения, знакомятся с понятиями силы тока, сопротивления и напряжения, собирают электрические цепи, знакомятся с радиодеталями. Для сборки электрических схем на занятиях используют электронные конструкторы. Это не требует навыков пайки — детали имеют простые способы крепления. Иногда конструкторы комплектуют приборами для измерения параметров электрического тока, при необходимости их можно приобрести и отдельно. Широкое распространения в кружках и секциях дополнительного образования получили, например, конструкторы «ЗНАТОК».

Курсы 3D-моделирования и печати представлены в 40% секций. На курсах ученики знакомятся с технологиями аддитивного производства и сферами их применения, получают навыки работы со специализированными программными продуктами для создания 3D-моделей (например, Blender или Autocad), изучают конструкцию и принцип работы 3D-принтеров, учатся настраивать, калибровать оборудование, подбирать материалы для 3D-печати, работать с G-кодом, печатать созданные модели.

Иногда часть курса или отдельный курс посвящены рисованию объемных картин при помощи 3D-ручек.

Основы теории автоматического управления (ТАУ) отметили 21% кружков. Теория автоматического управления — научная дисциплина, изучающая процессы автоматического управления объектами. Автоматическое управление необходимо в системах автопилотов, системах автоматики на производствах, при настройке роботов. В секциях робототехники теорию автоматического управления не преподают отдельным курсом, а изучают ее элементы в рамках других курсов: коптеры, подводная робототехника. В таких курсах необходим навык настройки ПИД-регуляторов, которые позволяют в зависимости от условий внешней среды (показаний датчиков) скорректировать поведение робота. Одна из самых популярных учебных задач в образовательной робототехнике — движение робота по линии — требует настройки ПИД-регуляторов³⁷.

³⁷ Нефедов В. Как настроить ПИД-регулятор для гоночного робота? // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2019/01/pid/>>.

С набирающей популярностью технологией **интернета вещей** работают в 17% кружков робототехники. Интернет вещей (Internet of things, IoT) — это множество отдельных систем с датчиками (например, Умный дом, Умная теплица, Умный гараж и другие «умности»), которые через сеть (интернет) общаются друг с другом с помощью облачного интерфейса, могут обмениваться информацией и даже продуцировать «собственные решения», выраженные в какой-то команде, отправленной другой системе³⁸. Как правило, для проектирования таких систем используют специализированные облачные платформы. Thingworx компании PTC — одна из платформ для интернета вещей, которая получила широкое распространение в образовании. С помощью таких облачных платформ учащиеся создают «умные» системы, поддерживающие как удаленное управление пользователем, так и возможность автономной работы. Аппаратная часть проектов, управляющая работой электрических схем, датчиков и устройств, может быть разной. Чаще всего используют платформу Arduino,

Летательной робототехникой (коптеры) занимаются 14% секций. На курсах учащиеся получают базовые знания по беспилотным летательным аппаратам, учатся конструированию, сборке, настройке, пилотированию и программированию квадрокоптеров. Кроме того, учащихся знакомят с техникой безопасности, устройством и конструкциями мультикоптеров, физическими основами полета, принципами позиционирования в пространстве, режимами полета и видеосъемки, действующими законодательными нормами.

При обучении обычно используются квадрокоптеры — летательные аппараты, которые получили наибольшее распространение в аэрофотосъемке, мониторинге состояния технических объектов, доставке грузов. Это могут быть готовые коптеры, учебные конструкторы. Производители учебных коптеров — Copter Express, Drones Hub, 4Vision, Skymec — предлагают собственные учебные программы. В программе курсов может присутствовать обучение самостоятельному проектированию коптеров, основными компонентами которого являются: рама, моторы и регуляторы, контроллер и виброопора для него, GPS-модуль, модули телеметрии, аккумулятор, пропеллеры, радиаппаратура.

На Всероссийской робототехнической олимпиаде категория «Летательные ИРС» появилась в 2017 г. По свидетельствам Алексея Шлыкова, исполнительного директора компании Copter Express, соразработчика ре-

³⁸ «Интернет вещей» для «чайников» или как подготовить ребенка к JuniorSkills (JS) // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/01/iot-dlya-chajnikov/>>.

гламента соревнования, тогда в состязании было всего три участника, а в 2018 г. — десять³⁹. Таким образом, несмотря на рост числа участников, направление остается пока одним из наименее популярных.

Системами компьютерного (технического, машинного) зрения занимаются в 12% секций. На таких курсах изучают основные понятия и алгоритмы компьютерного зрения: алгоритмы фильтрации изображения, выделения объектов, трэкинг объектов, поиск изображения по шаблону, поиск лиц, распознавание движения, считывание QR-кодов.

Наибольшее распространение получила библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV (Open Computer Vision)⁴⁰. Она реализована на языке C++ и предоставляет набор типов данных и численных алгоритмов для обработки изображений алгоритмами компьютерного зрения. Алгоритмы позволяют интерпретировать изображения, калибровать камеру по эталону, устранять оптические искажения, определять сходства, анализировать перемещения объекта, определять форму объекта, следить за объектом, производит 3D-реконструкцию, сегментацию объекта, распознавать жесты и т. д.

Таблица 2. Направления обучения в кружках робототехники

Направление	Доля кружков, отметивших направление, %
Программирование	95
Конструирование	94
Программирование микроконтроллеров (в том числе Arduino)	55
Основы механики	53
Электроника и электротехника	47
3D-моделирование и печать	40
Теория автоматического управления	21
Интернет вещей	17
Коптеры (летательная робототехника)	14
Компьютерное зрение	12
Подводная робототехника	4

³⁹ Летательные ИРС: автономные роботы-дроны на ВРО 2018 // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/drones-wro>>.

⁴⁰ Open Computer Vision. <<https://opencv.org>>.

Подводной робототехникой занимаются 4% секций. В Приморье раньше всех появилось направление подводной робототехники для детей, что обусловлено спецификой региона, наличием в нем университетов и специалистов, занимающихся подводными роботами. Позже этот опыт начал транслироваться на другие регионы, в том числе Москву. На занятиях курса по подводной робототехнике⁴¹ учащиеся разрабатывают и изготавливают телеуправляемые аппараты различной сложности, собирают подводных роботов, изучают алгоритмы компьютерного зрения и автоматического управления, паяют, пишут техническую документацию.

Общее распределение направлений в кружках робототехники представлено в табл. 2.

Организационные и бизнес-модели кружков робототехники

К традиционным форматам занятий техническим творчеством, включающим робототехнику (станции юных техников, клубы, кружки), в организациях дополнительного образования и школах в последние годы добавились коммерческие кружки (часть из них действуют без лицензии), Центры молодежного инновационного творчества (ЦМИТы), технопарки, в том числе «Кванториумы», кружки при университетах.

Результаты проведенного опроса родителей детей — участников кружков по робототехнике показали следующее распределение: 27% ребят занимаются в школе или детском саду; 34% — в государственных или муниципальных организациях дополнительного образования, наибольшая же доля, 39%, — в частных (негосударственных) организациях дополнительного образования.

Среди тех, кто посещает занятия вне школы, более половины, 62,6%, отмечают, что аналогичных занятий в школе (или детском саду) просто нет; немногим менее трети родителей (28,9%) сообщают, что занятия на базе школы проводятся, однако ребенок их не посещает. Среди причин, по которым ребенок не ходит на занятия по робототехнике в школе/детском саду, чаще всего называются следующие: там менее квалифицированные кадры; желание сменить обстановку, чтобы ребенок не занимался дополнительным образованием в той же среде; неудобное расписание занятий в школе/детском саду.

⁴¹ Подводная робототехника // Центр развития робототехники, Владивосток. <<https://robocenter.org/module/underwater>>.

В целом, заметной конкуренции между перечисленными форматами нет. У каждого есть свои специфические преимущества. У школ это территориальная и финансовая доступность, готовая инфраструктура; у коммерческих кружков — разнообразие программ и возможностей выстраивания индивидуальных траекторий; у «Кванториумов» — высокотехнологичное оборудование, возможности обучения на «продвинутых уровнях», отбор педагогов. Наряду с преимуществами есть и ограничения. Так, большинство экспертов констатируют недостаточность финансирования и сложность процедуры закупки современного оборудования и расходных материалов в школах и государственных и муниципальных учреждениях дополнительного образования. В свою очередь коммерческие кружки испытывают сложности с помещениями для своей работы.

Соответственно, для каждого формата находится своя целевая группа. Поэтому конкуренция наблюдается в некоторой степени внутри коммерческого сектора, но во многих регионах с большой емкостью рынка и она не выражена.

Место занятий оказывается тесно связано с уровнем образования родителей. Так, занятия робототехникой в специализированных организациях дополнительного образования значительно чаще посещают дети из семей, где родители имеют высшее образование, в то время как на базе школ занимаются чаще дети, родители которых получили лишь основное общее, либо среднее профессиональное образование. При этом доля детей из семей, где родители имеют высшее образование (а также ученую степень), еще выше среди тех, кто занимается робототехникой в негосударственных организациях (рис. 1).

Предметом дискуссий является и вопрос о преимуществах программ в разных видах организаций. Как уже отмечалось, дополнительное образование в школах предполагает преимущественно базовый уровень программ, в то время как в «Кванториумах» и некоторых крупных центрах дополнительного образования занимаются по программам продвинутого уровня. Так, Андрей Гурьев отмечает, что занятия робототехникой в «Кванториуме» — это следующий уровень после школы, когда *«дети высосали все возможности из сферы школы. Они из разных школ приезжают на отдельную площадку и занимаются на инновационном оборудовании и по инновационным программам»*. *«Станция юных техников также может быть гораздо круче по некоторым критериям, если есть оснащение, педагоги и программы»*⁴². При этом

⁴² Там же.



Рис. 1. Доля детей, посещающих занятия по робототехнике в организациях различного типа, в зависимости от уровня образования матери, %

далеко не везде выстроена такого рода преемственность между программами разного уровня, обеспечивающая длительность и преемственность траекторий.

Коммерческие клубы дополнительного образования обычно организуют педагоги или руководители из системы образования, имеющие высшее образование в педагогической, ИТ- или технической сферах. Часто они работают в школах, колледжах или других образовательных учреждениях. Интервью с провайдерами робототехнических клубов показывает, что они видят свою роль в дополнении общего образования новыми современными форматами, которые им нравятся и воспринимаются как перспективные, но не реализующиеся в основном образовании. Они часто сначала пытаются найти способ встроить новые курсы в систему общего образования, сталкиваются со сложностями и в итоге находят возможности реализации только в дополнительном образовании.

Отличительная черта рынка коммерческих кружков робототехники для детей — относительно легкий вход. Для ведения бизнеса не требуется приобретение дорогостоящих основных фондов. Достаточно купить конструкторы, арендовать помещение, найти педагогов — и кружок готов к работе. Поэтому такой бизнес привлекает начинающих предпринимателей. Большая часть клубов робототехники самостоятельно выстраивают организацию и бизнес-процессы. Кроме этого, есть клубы, работающие по франшизе.

Занятия в клубах робототехники проходят в группах от 5 до 20 человек (обычно примерно 10). За норму оснащения принято соотношение один конструктор на двух детей.

На рынке представлены кружки как совсем маленькие, обучающие 10 и менее человек, так и крупные кружки с несколькими сотнями ребят. Такие кружки присутствуют в Москве, Санкт-Петербурге и в других больших городах⁴³.

На рынке действуют несколько крупных сетей кружков. Они состоят как из собственных клубов, так и из клубов партнеров-франчайзи, работающих под единым брендом. Такие сети могут состоять из более 100 точек в Москве и присутствовать более чем в 20 менее крупных городах⁴⁴. В Московских кружках федеральных сетей могут обучаться до 10 тысяч учеников⁴⁵.

Образовательная деятельность подлежит лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации о лицензировании отдельных видов деятельности⁴⁶. Соискателями лицензии на осуществление образовательной деятельности являются образовательные организации, организации, осуществляющие обучение, а также индивидуальные предприниматели, за исключением индивидуальных предпринимателей, ведущих образовательную деятельность непосредственно. Таким образом, любой кружок робототехники (если он не состоит из одного индивидуального предпринимателя-преподавателя), ведущий образовательную деятельность, должен получить лицензию. Большинство кружков робототехники, даже имею-

⁴³ Центр образовательной робототехники «РобоПолигон» в Омске // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/kruzhok/centr-obrazovatelnoj-robototexniki-robopoligon-v-omske>>.

⁴⁴ ФООД «Образ», федеральная сеть Лига роботов. <<http://obraz.pro>>.

⁴⁵ Лига Роботов — 100 секций робототехники в Москве и Московской области // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/kruzhok/liga-robotov-moskva>>.

⁴⁶ Ст. 91 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ <http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/dda3cee5868d1739eb34ccd9e8a98085fa2c76e2/>.

щих наемных работников, работают без лицензии⁴⁷, называя свои услуги не образованием, а, например, деятельностью по организации досуга детей. Это связано со сложностью и длительностью процедуры лицензирования, которая сдерживает активное развитие кружков жесткими санитарными требованиями к помещениям, а также требованиями наличия профильного или педагогического образования у преподавателей. Отметим, что в федеральных сетях кружков у большей части преподавателей нет педагогического или законченного высшего образования (это студенты).

Павел Баскир, учредитель сети «Лига роботов» (Москва), так характеризует кадры сети: *«Наши педагоги — это люди не из образовательной среды. Это люди, которые хотят и могут быть наставниками и учителями по призванию. В основном это студенты. График нашей работы максимально учитывает их интересы. Также у нас есть состоявшиеся в других профессиях специалисты, которые увлекаются робототехникой и получают удовольствие от работы с детьми»*⁴⁸.

Что касается помещений, то провайдеры чаще всего находят подходящие помещения, арендуют и оборудуют их.

Юлия Нацкевич, директор и основатель центров Снейл и РобоПолигон (Омск): *«У нас есть два арендованных офиса. Это первые этажи жилых зданий. Они полностью лицензированные, соответствуют всем [требованиям] СЭС, пожарной безопасности, с выходом, туалетом. Примерно по пять-шесть кабинетов с холлом, учительской, коридорами»*⁴⁹.

Владимир Колпаков, основатель центра «Юный техник» (Псков): *«Мы арендуем помещение у псковского отделения ДОСААФ, мы несколько кабинетов здесь арендуем. Их оборудовали под себя. У нас 2 компьютерных кабинета, где ребята собственно занимаются с Lego WeDo, EV3 и Arduino, есть отдельная мастерская, где ребята занимаются по направлениям моделирование и прототипирование. У нас есть еще отдельная мастерская, где стоят фрезерный станок, лазерный станок»*⁵⁰.

⁴⁷ Андреев К. Как получить образовательную лицензию для кружка робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/04/kak-poluchit-licenziyu-dlya-kruzhka-robototexniki>>.

⁴⁸ Гагарина Д.А. Ангел образовательной робототехники. Интервью с Павлом Баскиром // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/12/angel-obrazovatelnoj-robototexniki-intervyu-s-pavlom-baskirom/>>.

⁴⁹ Интервью с Юлией Нацкевич в рамках настоящего исследования.

⁵⁰ Интервью с Владимиром Колпаковым, то же.

Однако для части создателей кружков санитарные нормы сложно выполнить, это нередко требует, с их точки зрения, существенных и объективно неоправданных затрат.

Привлекательной выглядит модель, когда провайдер дополнительного образования договаривается о предоставлении места для занятий со школами: они оборудованы компьютерами, а по выходным или после обеда помещения пустуют. Используя ресурсы школы, предприниматели могут снизить расходы на открытие нового филиала, среди учащихся школы могут быть найдены потенциальные участники, а расположение секции на территории школы удобно для детей.

Над идеей кооперации со школами работают практически все начинающие в этой сфере предприниматели, но из-за сложностей выстраивания отношений большинство из них в итоге арендуют помещение вне школ или сотрудничают с другими центрами дополнительного образования. Те провайдеры, кому удалось наладить сотрудничество со школами, работают в двух форматах: и в школах, и в других арендованных помещениях. Вариант со школами позволяет провайдерам снизить издержки.

Многие школы не готовы сотрудничать с коммерческими кружками дополнительного образования. И не всегда барьеры кооперации связаны с позицией директоров. Даже в случае принципиального согласия школ коммерческие организации дополнительного образования сталкиваются с нормативными и административными барьерами оформления сотрудничества, на преодоление которых приходится тратить существенные временные ресурсы, что обесценивает потенциальные преимущества от партнерства.

Сложности возникают, например, в связи с длительной процедурой лицензирования, которая в силу существующего законодательства осуществляется для каждой точки отдельно, и каждый раз провайдеру необходимо подстраиваться под требования школ.

Юлия Нацкевич: *«Чтобы в школу прийти, нужно лицензироваться. Лицензировать конкретный кабинет, один. Школа не может дать много. Лицензировать надо тогда все. Это долго — лицензирование полгода. Мы легально не можем там работать. Плюс дети соседних школ не очень хотят ходить не в свою школу заниматься, им проще пойти в кружок дополнительного образования, но не в школу чужую. [...] В одной школе мы открылись, там... 80% дети этой школы и только 20% посторонних»⁵¹.*

⁵¹ Интервью с Юлией Нацкевич в рамках настоящего исследования.

Дмитрий Алексеев, сооснователь Центра развития робототехники (Владивосток): *«Мы пробовали работать и со школами, и с ДВФУ. Сотрудничаем с Морским Университетом. Однако для меня и Сергея (Муна, сооснователя Центра, — примечание авторов) время — очень ценный ресурс. Можно работать с любыми структурами, вопрос только в КПД. Мне оказалось проще вкладывать свои деньги, чем тратить время на «бюрократический маркетинг»»⁵².*

Другая проблема сотрудничества со школой состоит в том, что школьные помещения, как правило, могут быть предоставлены только во второй половине дня. При этом в них ведутся другие занятия, соответственно возникают проблемы с размещением и хранением оборудования. Кроме того, во многих городах все еще есть вторая школьная смена, что определяет дефицит посещений даже во второй половине дня.

Как показывают интервью, многим коммерческим клубам зачастую оказывается проще находить взаимовыгодное сотрудничество с организациями дополнительного образования, культуры. Так, Павел Баскир, учредитель Лиги роботов (Москва), комментирует ситуацию следующим образом: *«Зависит от региона, но в основном, получается, что мы работаем не в школах, а в различных организациях, у которых есть какая-то ориентация на детей: ЦМИТы, библиотеки, частные учреждения дополнительного образования, коммерческие сады и школы, дворцы культуры похожего профиля. Там, где есть помещения, желательно, чтобы были компьютеры. Остальное оборудование мы сами привозим и все организуем»⁵³.*

Сложности кооперации со школами — одна из причин, почему производители оборудования начали развивать собственные сети дополнительного образования. Екатерина Экало, директор по франчайзингу компании РОББО, отмечает: *«Вся наша франчайзинговая сеть — это результат сложностей кооперации со школами. У нас на сегодня 70 партнеров-франчайзи плюс собственные клубы. Мы как производитель оборудования изначально планировали, что будем организовывать робототехнические классы непосредственно в школах. Мы не планировали, что у нас будут коммерческие клубы, вообще какая-то коммерческая история в образовании, но так как школы достаточно медленно внедряют эти инновации, то мы начали внедрять их в коммерческих клубах. Предприниматели отреагировали быстрее...»⁵⁴*

⁵² Гагарина Д.А. Робототехника как побег в пионерское прошлое. Интервью с Дмитрием Алексеевым // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/11/robototexnika-dmitrii-alekseev>>.

⁵³ Интервью с Павлом Баскиром в рамках настоящего исследования.

⁵⁴ Интервью с Екатериной Экало. То же.

При этом количество школ, готовых к сотрудничеству с кружками робототехнического образования, растет — в первую очередь в Москве, меньше и позднее — в регионах.

Лагерь как форма обучения робототехнике⁵⁵

Особой формой дополнительного образования стали робототехнические лагеря и профильные смены с круглосуточным или только дневным пребыванием. Лагерь как правило проводится в каникулы, чаще всего летом.

Дневные лагеря организуются в городе: при школах, домах творчества, кружках робототехники и т. п. Круглосуточный формат обычно предполагает базирование за городом, на базе отдыха или в санатории. Продолжительность смены обычно от 7 до 21 дня. Большинство центров дополнительного образования с робототехническими направлениями организуют летние лагерные смены. Лагеря робототехники есть для всех категорий учащихся — от нулевого уровня подготовки до таких, где предусмотрены серьезные вступительные экзамены, а уровень ориентирован на участников международных соревнований.

Непосредственное обучение робототехнике в ряде лагерей будет занимать не более 1–2 часов в день, но помимо нее будут еще смежные предметы: программирование, компьютерная графика, конструирование, моделирование и т. п. Основным принципом, используемым в таком виде образования, является «обучение через развлечение». В программу летних школ часто входят мастер-классы, на которых специалисты из разных робототехнических областей расскажут о своей деятельности, покажут интересных роботов и помогут с реализацией идей. Экскурсии на предприятия, в научно-технические и традиционные музеи и учебные заведения — значимый пункт программы лагеря робототехники. На предприятиях дети смогут вживую увидеть, как роботы используются в реальном производстве, в научных лабораториях — как они разрабатываются, в университетах — где этому учат.

Профильный лагерь — это обычно и проектная деятельность. На протяжении периода обучения ребенок с помощью педагогов придумает и реализует свой проект, а потом покажет его на итоговом мероприятии. Раз-

⁵⁵ В этом разделе использованы материалы статьи Гагарина Д.А. Профильные лагеря и летние школы робототехники: лето — лучшее время для учебы // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2014/05/profilnye-lagerya-i-letnie-shkoly-robototexniki-letoluchshee-vremya-dlya-ucheby>>.

работка и презентация проекта — это возможность лучше разобраться с материалом и продемонстрировать полученные знания.

Часто в программу лагеря входит подготовка к робототехническим соревнованиям. Правила и требования этих соревнований публикуются заранее, и в лагере можно потренироваться, а может, и найти свою будущую команду для участия в отборочных турах этих соревнований.

В России ежегодно проводятся десятки робототехнических лагерей, их количество и разнообразие в последние годы постоянно растет. Пожалуй, самый известный российский робототехнический лагерь — летний лагерь в Ленинградской области, организуемый Президентским ФМЛ № 239 и фондом «Финист». В 2019 г. лагерь проходил в девятый раз. В программе лагеря множество направлений робототехники и смежных областей (3D-моделирование, радиоэлектроника, компьютерное зрение). Из платформ — Lego, ТРИК, Tetrix и другие, а также целая серия программных сред. Среди направлений 2019 г.: футбол автономных роботов, балансирующие роботы, микроконтроллер STM32, творческое проектирование, основы робототехники, TRIKStudio.

Формат робототехнических лагерей популярен и в других странах, в том числе в Англии, США. В образовательные программы летних школ робототехнику включают известные музеи. Например, такие курсы есть у Американского музея естественной истории, Технического музея инноваций в Силиконовой долине.

Франшизы⁵⁶

Все более распространенным способом открытия кружка или клуба робототехники становится приобретение франшизы. Покупка франшизы не гарантирует компании рентабельность, но снижает вероятность убытков. Сегодня на российском рынке представлено более 10 франшиз в рассматриваемой области.

Центр развития робототехники во Владивостоке. Центр открылся во Владивостоке в 2013 г. Сейчас действуют 11 филиалов в Приморском и Хабаровском краях, в которых ведут обучение 80 преподавателей. На занятия ходят примерно 1500 детей, среди которых есть победители соревнований

⁵⁶ В этом разделе использован материал: Трескова У.В. Обзор франшиз по открытию клубов робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/08/robot-franchise>>.

по робототехнике (ВРО, «Робофест», соревнований по подводной робототехнике и др.). В Центре реализуется уникальная и практически единственная в России система по обучению детей подводной робототехнике.

Покупателю франшизы предоставляются методические материалы, перечень необходимого оборудования, документация, сайт с доменом и хостингом, CRM/LMS система, Brandbook, обучение преподавателей и руководителя.

Суммы вложений покупателя франшизы — от 500 тысяч до 1,2 миллиона рублей, срок окупаемости примерно полтора года.

РОББО-клуб. Международная сеть школ робототехники, программирования и 3D-прототипирования, в которую входят 52 клуба и более 55 школ в 8 странах. История началась с клуба в Санкт-Петербурге. Компания получила поддержку инновационного центра «Сколково» и Агентства стратегических инициатив.

Покупатель франшизы получает рекомендации по покупке оборудования собственного производства компании РОББО, учебные планы, консультационную и организационную помощь по запуску проекта, рекламную поддержку со стороны компании.

Инвестиции покупателей франшизы составляют от 700 тысяч до 1 миллиона рублей. Срок окупаемости проекта от 4 до 12 месяцев.

Лига Роботов. Федеральная сеть секций робототехники включает в себя больше 30 городов в России, СНГ, США и Австралии, в кружках обучаются примерно 25 000 учеников. Первую франшизу «Лига Роботов» запустила в 2015 г.

Покупатель франшизы получает наработанный опыт по организации, привлечению клиентов и обучению персонала, документацию, CRM-систему.

Вложения в проект рассчитываются индивидуально и начинаются от 500 тысяч рублей.

Роботрек. Клубы работают на базе конструкторов РОБОТРЕК-Huna-MRT. Эти конструкторы используются для проведения всероссийских соревнований «ДЕТалька» и международных соревнований IYRC. Франшиза Роботрек запущена в 2014 г. За время работы проекта открыты более 110 центров в России и Казахстане.

Покупатель франшизы получает учебные программы компании, планы занятий, презентации. Курсы разделены на несколько модулей и могут быть приобретены отдельно.

Взносы за пользование франшизой начинаются со 150 тысяч рублей, дополнительно требуется приобрести оборудование.

Шарбот. В 2016 г. компания «Шарбот» была небольшим кружком. Покупателям франшизы предоставляются: контент-план, оформление групп в социальных сетях, рекламная поддержка.

Сумма вложений составляет 1 миллион рублей. Срок окупаемости примерно 1 год.

Кибертроник. В клубе работают три направления: робототехника, автоматика и конструирование, программирование и информатика.

Покупатель франшизы получает: маркетинговые консультации и обучающую информацию, рекомендации и консультацию по продвижению проекта, бренд-бук, обучение сотрудников.

Сумма вложений составляет 634 тысячи рублей. Срок окупаемости 5 месяцев.

ROVOKUB. Первый клуб компании открылся в 2012 г. в Краснодаре. Сейчас в сети 14 клубов в разных городах.

Инвестиции в открытие клуба составляют 550 тысяч рублей.

Lego Education Afterschool Programs. Фирменная программа компании Lego Education. Участник программы получает методический и франчайзинговый пакет, включающий дизайн-проект помещений, фирменные элементы и детали оформления.

Суммы вложений в оборудование составляют от 250 тысяч руб. Взносы за пользование франшизой — от 400 тысяч рублей.

Интеллектор. Центр знаний «Интеллектор» — это детский центр по робототехнике, который создан в 2015 г. для интеллектуального развития детей от 7 лет, их знакомства с миром робототехники и программирования. Инвестиции составляют от 480 до 850 тысяч рублей. Срок окупаемости 10 месяцев.

KursTeacher. Покупатель франшизы получает: рекомендации и основные требования по оснащению центра, авторские курсы и методики для проведения занятий, сценарии для проведения мастер-классов, помощь по проведению рекламных компаний, консультации по выбору оборудования.

Суммы вложений в проект составляют от 480 до 850 тысяч рублей. Срок окупаемости от 10 месяцев.

A-Genio. Это авторская школа программирования и робототехники с летним лагерем для детей от 5 лет. Действуют 11 филиалов.

Покупатель франшизы получает программу обучения, технологию подбора преподавателей, рекламные материалы, обучение преподавателей по материалам компании РОБИТ.

Расходы на покупку оборудования и материалов составляют 250 тысяч рублей, на покупку франшизы — 150 тысяч рублей. Срок окупаемости 6 месяцев.

Технокласс. Проект существует с 2013 г. Открыты семь филиалов в Казани, в каждом в среднем по 12 групп. Покупатель франшизы получает: обучение преподавателей, рекомендации по привлечению учеников, CRM-систему, уроки с описанием, рекламную поддержку и маркетинговые материалы, бухгалтерскую и юридическую поддержку. Вложения составляют 800 тысяч рублей, срок окупаемости 6 месяцев.

Robooky. Центра робототехники Robooky работает с 2015 г., открыты 26 филиалов Robooky, 14 действующих партнера-франчайзи.

Покупатель франшизы получает: готовую систему обучения, поурочные планы и методическую поддержку, финансовую модель развития бизнеса, маркетинговый план, участие в совместных олимпиадах партнеров-франчайзи. Суммы вложений составляют от 105 тысяч рублей. Срок окупаемости от 4 месяцев.

Принято считать, что покупка франшизы и готовой бизнес-модели обеспечивает успешность вновь создаваемого предприятия, страхует бизнесмена от возможных ошибок и убытков. Однако успешность реализуемых программ, их качество и жизнеспособность декларируются, но не гарантируются владельцами франшиз, а до решения о приобретении покупателю сложно провести проверку финансовых моделей, экспертизу предлагаемых образовательных программ. Тем более сложно сравнить разные предложения на рынке франчайзинговых продуктов и выбрать среди них лучший. Такой выбор бизнесмены делают отчасти интуитивно. Вот как описывает решение о приобретении франшизы владелец сети московских кружков Павел Баскир: *«Меня привлекли известный бренд на этом пока еще небольшом рынке, личная и инженерная харизма Николая (Пака — примечание авторов) и наличие франчайзингового бизнес-продукта, который был опробован в нескольких регионах. Конечно, под нашу задачу масштабирования организационные технологии требовали значительной доработки, но основная база, идеи и принципы, полученные от коллег, были бесконечно ценны»*. Основными критериями выбора покупателей франшиз является размер паушального взноса и роялти, срок окупаемости, другие финансовые показатели бизнеса, количество открытых филиалов и их география, известность бренда компании-владельца франшизы. Глубина проработки образовательных программ косвенно связана с известностью бренда.

Участники программ робототехники в дополнительном образовании: характеристики детей и стратегии семей

Данные мониторинга экономики образования, проводимого НИУ «Высшая школа экономики» и Левада-Центром, свидетельствуют, что доля детей школьного и дошкольного возраста, вовлеченных в техническое творчество, на протяжении последних лет медленно растет (в 2013 г. она была равна 5,9%, в 2017 году — 6,8%).

Специальное панельное исследование, проведенное в ноябре — декабре 2018 г., показало, что из всех детей, занимающихся в сфере дополнительного образования, занятия по робототехнике посещают 14,2%, то есть фактически один ребенок из семи.

По популярности эта тематика уступает занятиям спортом, искусством, изучению языков, однако является более востребованной по сравнению с целым рядом направлений дополнительных занятий, включая кружки естественных наук, гуманитарных и социальных наук, туризма.

Занимаются робототехникой чаще всего учащиеся основной школы, то есть дети в возрасте от 10 до 13 лет (18,9%). Доля детей этой возрастной категории в два раза превышает долю дошкольников в возрасте 5–6 лет. Очевидно, это связано с тем, что робототехника, включающая инженерный компонент, разработка сложных роботов требуют специальных навыков, которые формируются у детей ближе к 10-летнему возрасту. Программы для детей младше 8 лет связаны больше с конструированием, а не программированием и робототехникой. Однако после 14-летнего возраста доля детей, посещающих занятия по этому направлению, снова снижается на треть. Школьники старших классов часто перестают заниматься робототехникой в связи с завершением программы, из-за смены интересов, неудовлетворенности педагогом, из-за необходимости готовиться к ЕГЭ и поступлению в вуз.

Выражен гендерный дисбаланс: подавляющее большинство посещающих занятия — мальчики (79%).

Среди учеников общеобразовательных школ занимаются робототехникой 14% детей, в то время как среди учеников школ «продвинутого» уровня (гимназии, лицеи) эта доля достигает 18,3%. Наибольшая доля занимающихся робототехникой, 20,6%, — среди учеников школ с углубленным изучением отдельных предметов.

Вовлеченность в занятия робототехникой связана с уровнем образования родителей, прежде всего матери. Так, в семьях, где мать имеет основное

общее образование, посещают такие занятия лишь 6% детей; при наличии у матери полного среднего образования доля занимающихся составляет 10%. В тех случаях, когда мать имеет среднее профессиональное образование, робототехникой занимается примерно 12% детей. В семьях, где мать имеет высшее образование и ученую степень, доля детей, занимающихся робототехникой, является более высокой, — 14,6% и 18,1% соответственно.

Наибольший процент вовлеченности детей в занятия робототехникой характерен для семей, где мать работает на руководящих должностях, либо является специалистом (служащим) без руководящих функций. Реже всего посещают занятия по данному направлению дети из семей, где родители трудятся на рабочих должностях, либо являются безработными (рис. 2).

Подавляющее большинство детей (82%), посещают кружки по робототехнике от 2 до 24 месяцев, причем примерно треть занимающихся — от 4 до 12 месяцев. Это согласуется с длительностью большинства курсов и

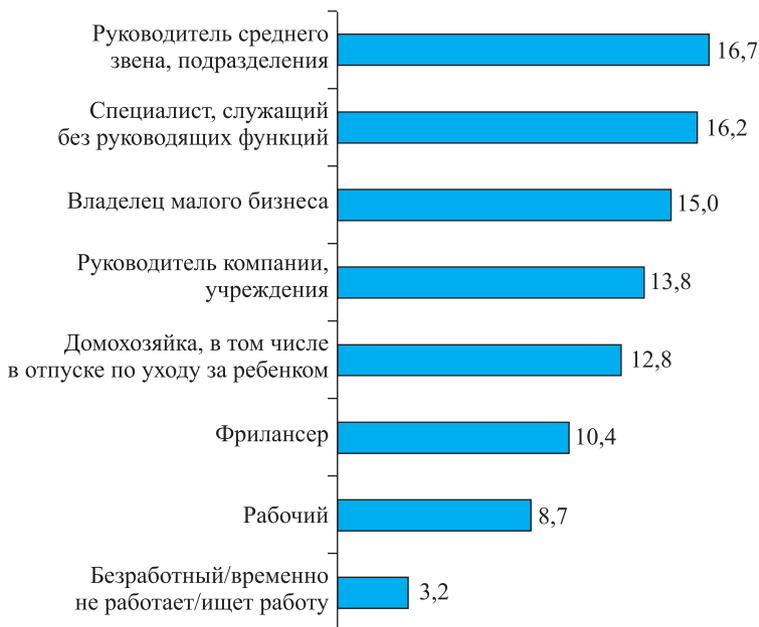


Рис. 2. Доля детей, посещающих занятия робототехникой, в зависимости от рода деятельности матери, %

программ, ориентированных на 1 или на 2 года обучения. Лишь один ребенок из десяти занимается робототехникой более 2 лет. Как правило, это дети, посещающие занятия по программам, предполагающим более углубленную подготовку, ориентирующим школьников на приобретение профессиональных инженерных навыков в выбранном направлении занятий с последующим поступлением в профильные вузы.

Более $\frac{3}{4}$ детей, занимающихся робототехникой, не имели опыта занятий по идентичным или смежным направлениям в других организациях, кроме той, которую посещают в настоящее время. При этом подавляющее большинство родителей (83,7%) отмечают, что их дети и дальше планируют заниматься в той же самой организации.

В большинстве случаев (71,6%) родители оценивают результаты обучения ребенка на основании его собственных отзывов; примерно для половины родителей критерием эффективности являются результаты выполненных ребенком работ, проектов, изделий. Менее четверти родителей судят о результатах его обучения на основании отзывов педагогов, а также исходя из результатов его участия в соревнованиях и конкурсах.

По оценкам подавляющего большинства родителей (85,2%), образование их ребенка по направлению робототехника соответствует их ожиданиям. С одной стороны, это свидетельствует о высокой степени удовлетворенности родительской общественности, но с другой — может косвенным образом говорить о несформированности потребительского запроса. Как уже упоминалось, родители в большинстве случаев довольствуются занятиями в одной-единственной организации, не планируют ее менять и имеют достаточно смутные представления о дальнейшей образовательной траектории ребенка применительно к его занятиям робототехникой и ее связи с профессиональной деятельностью. Поэтому интерес ребенка к занятиям и его удовлетворенность выступают для родителей по сути важнейшим критерием эффективности. Любопытно, что родители, которые имеют техническое образование и планируют связать будущее детей с робототехникой или ИТ-специальностями, часто недовольны имеющимися на рынке предложениями и занимаются с детьми самостоятельно. В Москве, как правило, удается найти предложения, которые их устраивают.

Для 62% детей занятия по робототехнике являются бесплатными. Бесплатные кружки чаще всего работают на базе школ и государственных (муниципальных) организаций дополнительного образования. Наличие бесплатных занятий при выборе организации принимали во внимание 21,1% родителей, а для 16% эта характеристика стала решающей при выборе курса.

Родителям был задан вопрос, при каких условиях они согласились бы платить за занятия своих детей робототехникой больше, чем сейчас, или начать платить, если сейчас занятия бесплатные. Наиболее значимые для родителей условия — это индивидуальный подход к ребенку (34,2%), состояние материальной базы, включая помещения и оборудование (29,5%), и возможность участия в соревнованиях и конкурсах, в том числе за пределами региона проживания (26,3%).

Инициаторами посещения ребенком занятий по робототехнике более чем в половине случаев выступают родители. Лишь треть родителей сообщают, что это было желание ребенка. Соответственно, основные стратегии по привлечению потребителей данных услуг должны быть направлены на информирование и мотивирование родительской общественности.

В основном от дополнительного образования родители ожидают «общего развития» и мотивации к получению знаний, но считают при этом, что оно может дать углубленные, по сравнению с общей школьной программой, знания по интересующим ребенка предметам. Родители старшеклассников также ожидают от занятий профессионального самоопределения школьника.

Наиболее популярный у родителей источник информации при выборе кружка робототехники — отзывы знакомых об обучении их детей в этой организации (так называемое «сарафанное радио»). Этот источник отмечают более половины опрошенных родителей (52,6%). На втором месте по популярности — отзывы в Интернете (40%). Лишь менее четверти родителей (23,2%) использовали при выборе публикации в СМИ об этой организации или курсах. Интересно, что источники информации, к которым прибегают родители при выборе кружка по робототехнике, различаются в зависимости от того, рассматривали ли они при выборе другие организации или курсы. Так, те родители, которые не рассматривали другие организации помимо той, в которой занимается их ребенок, чаще всего выбрали ее по рекомендациям своих знакомых. В то же время родители, выбиравшие из нескольких вариантов, в большинстве случаев искали о них информацию по отзывам в Интернете; однако доля таких родителей не превышает 18%.

При выборе организации и курсов по робототехнике более 60% родителей обращают внимание на удобное расписание и территориальную близость расположения организации, где проходят занятия, к школе/детскому саду или дому. Примечательно, что удобство территориального расположения является для родителей и наиболее значимой характеристикой при выборе организации. Примерно половина родителей обращают внимание так-

же на психологический комфорт, атмосферу в кружке, доброжелательность и вежливость педагогов и других работников по отношению к ребенку, а также материальное и техническое оснащение помещений. Более трети родителей принимали во внимание такие факторы, как стоимость занятий, наличие индивидуального подхода к ребенку и возможность его участия в соревнованиях и конкурсах. Интересно, что лишь один из четырех родителей считал важным возможность общения ребенка с наставниками, имеющими реальный профессиональный опыт и достижения в своей области.

В отличие от множества других направлений, занятия робототехникой, по мнению родителей, формируют широкий комплекс компетенций и междисциплинарных связей. Родители считают, что занятия робототехникой дают не только знания в области математики, физики, механики, информатики, но и развивают эрудицию и мышление. Когда родители записывают ребенка в кружок робототехники, они чаще всего не связывают это с будущей профессией или образованием, а если связывают, то опосредованно — через развитие общих «инженерных» навыков.

При этом четкое видение образовательного и профессионального трека ребенка по этому направлению занятий у родителей во многих случаях не сформировано. Так, почти половина родителей (48,9%) затруднились с ответом на вопрос о планах относительно поступления ребенка в вуз по профилю обучения, связанному с направлением робототехника. Лишь 8,4% родителей твердо уверены в том, что их ребенок будет поступать в профильный вуз; 28,9% родителей склонны рассматривать такую перспективу для ребенка, но не уверены в этом.

Проведенный опрос студентов профильных вузов и наблюдения за отраслью в целом показывают, что занятия робототехникой в кружке и участие в соревнованиях слабо коррелируют с обучением на соответствующих направлениях в вузах. Только треть опрошенных студентов занимались робототехникой до поступления в вуз.

Таким образом, большинством родителей занятия робототехникой рассматриваются прежде всего как хороший вариант содержательного развивающего досуга, «общего образования» для ребенка, нежели как вариант профилизации образовательной траектории с перспективой получения профессионального образования и трудовой деятельности в этой сфере. Соответственно, при выборе организации дополнительного образования и кружка для ребенка на первый план выступают факторы удобства посещения им занятий.

Вовлечение девочек в STEM и робототехнику

Одним из популярных направлений в обсуждении робототехники в Европе и США является активное вовлечение девочек в эту область, а также в STEM и программирование. Как показывает наше исследование, для российского общества эта тема пока не является актуальной (не с точки зрения отсутствия проблемы, а с точки зрения готовности к ее обсуждению).

Несмотря на достаточно большое количество девочек в кружках и на соревнованиях по робототехнике, миф об «особой» роли женщин в нашем остающемся патриархальном обществе весьма распространен. Вот достаточно типичный комментарий в социальных сетях к опубликованному нами интервью о раздельном обучении⁵⁷: *«Каждая девочка — будущая женщина. Возможность для женщины стать успешной — это возможность создания крепкой здоровой семьи. Если целью обучения является неудовлетворенная одинокая эмансипированная женщина, истерящая в окружении гаек и болтов, таки да — надо с рождения вручить ей гаечный ключ. Успех для женщины — это совершенно другое, нежели для мужчины».*

Анализ доли девушек на некоторых специальностях в США за период 1960 — 2010 гг. показывает, что в течение нескольких десятилетий число девушек, изучающих информатику, устойчиво росло. Но в 1984 г. что-то изменилось. Доля девушек в информатике начала снижаться, в то время как в других профессиональных областях продолжала расти. Среди сегодняшних студентов-медиков почти половина женщин, а среди информатиков их менее 20%. Одно из возможных объяснений — доля женщин в Computer Science начала падать примерно в то же время, когда в домах в США в значительных количествах начали появляться персональные компьютеры. И эти первые компьютеры позиционировались и продавались почти полностью как товары для мальчиков и мужчин. Это привело к тому, что при поступлении в колледж на ИТ-специальности уровень девушек уступал уровню юношей, соответственно они были в худших условиях. До этого времени все приходили одинаково неподготовленными. Появляющиеся в это время художественные фильмы также способствовали продвижению идеи «компьютеры для мальчиков»⁵⁸.

⁵⁷ Гагарина Д.А. Программирование и робототехника для девочек: уравнивать нельзя разделять // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/03/programmirovanie-i-robototexnika-dlya-devochek>>.

⁵⁸ Henn S. When Women Stopped Coding // NPR. <<https://www.npr.org/sections/money/2014/10/21/357629765/when-women-stopped-coding>>; Гагарина Д.А. Робототехника для де-

Сегодня в мире достаточно много STEM-программ для девочек. Так, американский проект «National Girls Collaborative Project» содействует сотрудничеству 36 400 организаций, в программы которых вовлечены более 20 миллионов девочек⁵⁹.

В России подобные программы только начинают появляться. Мы проводили опрос о робототехнике для девочек⁶⁰. Он показал, что в существование мифа, что роботы — это для мальчиков, и в необходимость мотивировать девочек и их родителей верят 27% опрошенных женщин и 20% мужчин; 25% респондентов посчитали саму постановку вопроса о «девчочковой» робототехнике некорректной и сексистской. Важная деталь: из 2844 человек, пожелавших принять участие в опросе, 2255 женщин и всего 589 мужчин (при том, что опрос проводился в основном в профильной группе Вконтакте, где примерно 60% мужчины). Это косвенно свидетельствует о том, что проблема «девчочковых» ИТ-программ значительно больше волнует женскую половину населения, мужчины скорее отрицают ее существование. Вариант «А какая разница — девочка или мальчик? Учиться могут одинаково те и другие» выбрали 44% респондентов. Интересно, что этот показатель уменьшается при увеличении возраста: так, среди респондентов старше 35 лет его выбрали только 40%.

В этом аспекте интересно также исследование, проведенное платформой онлайн-образования Coursera, которое показало, что женщины — преподаватели STEM-дисциплин увеличивают на четверть число женщин — учащихся таких курсов⁶¹.

* * *

Образовательная робототехника наиболее активно представлена сегодня в дополнительном образовании. Занятия ведутся как в государственном секторе — в школах, организациях дополнительного образования (центрах творчества, станциях юных техников, технопарках «Кванториум» и др., колледжах и вузах), так и в частном секторе. Значительную долю на

вочек: результаты опроса и немного размышлений // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/03/robototexnika-dlya-devochek-opros>>.

⁵⁹ National Girls Collaborative Project. <<https://ngcproject.org/about-ngcp>>.

⁶⁰ Гагарина Д.А. Там же.

⁶¹ Role models matter: Female instructors can help close the gender gap in STEM // Coursera Blog. <<https://blog.coursera.org/role-models-matter-female-instructors-can-help-close-gender-gap-stem>>.

рынке имеют сети ЦМИТ и сетевые кружки, развивающиеся по модели франчайзинга. Последняя эффективно обеспечивает трансляцию методик и базовую подготовку кадров.

Динамика развития частного сектора высока. Сдерживающим фактором являются трудности кооперации со школами (для выхода на целевые аудитории и свободные помещения) и отдельные аспекты лицензирования (нормы СанПин, требования к кадрам).

Предлагаемые государственными и коммерческими кружками программы дополнительного образования отличаются по продолжительности (от нескольких месяцев до нескольких лет), сложности (от игровых форм до реальной проектной деятельности), качеству используемого оборудования и квалификации кадров.

Наиболее распространенные направления дополнительного образования в сфере робототехники — конструирование (из конструкторов Lego), программирование, знакомство с платой Arduino, основы аддитивного производства. Развитие технологий и укрепление материально-технической базы центров дополнительного образования стимулировало распространение программ в области летательной робототехники, машинного зрения и др.

Предложений по направлению робототехники сегодня очень много, они позволяют удовлетворить самые разные интересы семей. При этом преемственность между программами разного уровня, обеспечивающая длительность и максимальную эффективность траекторий на уровне территориальных систем, не выстроена. Поиск имеющихся возможностей и ответственность за планирование становится заботой семей.

Родители связывают занятия робототехникой скорее с «общим» интеллектуальным развитием ребенка, поддержкой освоения им школьных предметов (математики и физики), а не с профилизацией для дальнейшего образования в вузе и выбора профессии. Поэтому основным критерием выбора кружка является удобство территориального расположения. Привлекательным моментом робототехники для детей и части семей является возможность участия в соревнованиях. Бесплатные занятия преобладают над платными. Пик охвата детей образовательной робототехникой приходится на возраст 10–13 лет. По числу занимающихся доминируют дети из семей с высоким уровнем образования.

7. Реабилитационная робототехника

Практика работы ряда педагогов и учреждений для детей с заболеваниями различных нозологий показывает, что робототехника является эффективным инструментом реабилитации, социализации и обучения детей различного возраста с ограниченными возможностями здоровья и детей, находящихся на длительном стационарном лечении. Занятия для детей с инвалидностью могут проводиться в группах и индивидуально, есть примеры дистанционных уроков по робототехнике с такими детьми.

По мнению врача восстановительной медицины Альбины Нурдиновой, занятия робототехникой помогают решать задачи развития моторики (мелкой и крупной), речевых навыков, умственного развития, а тактильный контакт с предметами разной формы способствует формированию нейронных связей между зрительным и двигательным анализаторами⁶².

Пожалуй, наибольший в России практический опыт в этой области накоплен в Национальном научно-практическом центре детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Димы Рогачева, где реабилитационная робототехника системно применяется уже несколько лет. Учитель математики, информатики и робототехники этого центра Елена Кузнецова так раскрывает возможности реабилитационной робототехники: *«Занятия робототехникой — это та активность, на которую ребята готовы выходить (или выезжать — если на колясках) из палат и собираться в холле отделения. В этом заложен огромный реабилитационный эффект. В этот момент они общаются друг с другом, выполняют групповой проект и вообще вместе что-то делают. Ведь в больничной палате не сильно разбежишься с точки зрения разнообразия занятий и увлечений»*⁶³.

Она отмечает также профориентационный эффект робототехники для подростков, считая, что это самый тяжелый возраст в детской онкологии: *«Представьте себе человека 15–17 лет, который профессионально занимается спортом (можно читать: танцами, музыкой, да много чем еще), но болезнь ставит на всем этом жирный крест. К примеру, саркома с ампута-*

⁶² Гагарина Д.А. Робототехника для детей с особенностями развития: мнения экспертов // Занимательная робототехника. <<https://goo.gl/gc49TV>>.

⁶³ Гагарина Д.А. Робототехника дает новую цель в жизни. Как проводятся занятия в центре им. Димы Рогачева // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/01/robototexnika-v-bolnice>>.

цией. И все... Жить? Непонятно зачем? Учиться? Чему? Как? И тут наша робототехника — как один из возможных способов ввода в профессию»⁶⁴.

Одним из инструментов профориентации и раннего профессионального образования является Национальный чемпионат по профессиональному мастерству среди инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья «Абилимпикс». В списке компетенций (направлений) «Абилимпикса» есть «Робототехника», «Интернет вещей», «Промышленная робототехника».

Выбор аппаратной платформы и направления реабилитационной робототехники во многих случаях ограничен и (или) обусловлен спецификой нозологии. Занятия в центре им. Димы Рогачева проводятся, например, с использованием конструкторов Lego Education. Как комментирует Елена Кузнецова⁶⁵, с точки зрения методики они не отличаются от занятий, которые проводятся в кружках дополнительного образования, но есть «онкологические особенности»: когда деталь конструктора упала на пол, ее нужно сначала обработать антисептиком и только после этого снова класть в коробку. Перед каждым занятием детали конструкторов обрабатывают асептическим раствором. Использование робототехники не на основе конструкторов, например, микроконтроллеров, в таких условиях затруднено.

Александр Масленников, учитель информатики школы № 1499 Москвы, видит следующие особенности организации занятий робототехникой детей с нарушением зрения: *«У нас есть Лего, и это действительно инструмент, который помогает нам не только заниматься робототехникой и конструированием, но имеет какие-то межпредметные связи — та же самая физика [...] У каждого ребенка должна развиваться моторика. В нашем случае это еще и ориентировка в пространстве. Ко мне уже с первого класса начинают ходить дети и интересоваться. Они ходят, ждут этого дня, когда же они смогут прийти и начать творить, познавать мир. Для человека, у которого проблемы со зрением, первый вопрос и цель — это познание мира. В робототехнике кроме познания мира идет еще и познание своих способностей. Сначала ребенок думает: это невозможно. Потом говорит: нет, наверное, все-таки это возможно. А потом в конце они понимают, что «если очень захотеть, можно в космос полететь»... Дети с нозологией, с которой я работаю, тянутся к деталям, но не всегда их видят. Более мелкие детали для них сложны, поэтому дети сложнее*

⁶⁴ Там же.

⁶⁵ Там же.

переходят на робототехнику. Но как правило, я прикладывал усилия для того, чтобы они оставались»⁶⁶.

Андрей Рожков, учитель школы «Технологии обучения», основатель проекта ArduMakers, приводит следующий яркий пример из опыта занятий робототехникой с детьми с ментальными нарушениями в специализированной московской школе: «У нас был ребенок, который пришел к нам в шестом классе, и он практически не разговаривал. Общаться с ним было проблематично. Если вы хотели у него что-то спросить, то нужно было составить вопрос так, чтобы ответ был да или нет, развернутых ответов он не давал. В 2016 году нам предложили участвовать в «РоботСАМ». Надо было сделать робота, мои дети на тот момент уже научились паять, но там ничего нельзя было изменить, так как все это было собрано на аналоговых схемах. Робот был несовершенен. Когда все было сделано, нужно было ждать месяца результата. Дети решили сделать для него еще и корпус. А в результате, когда мы вышли на соревнования, получилось так, что детям вручили грамоту за лучшее конструкторское решение. Это был хороший толчок для детей. Журналистов с Московского телевидения, которые там присутствовали, заинтересовал проект, и они начали приставать к детям с интервью. И тот самый парень согласился его дать, было довольно сложно. Он дал односложные ответы, интервью получилось коротким, но было хорошо, что он согласился беседовать. На следующем этапе мы должны были поехать в Петербург. И он захотел! А вечером мне позвонила его мать и сказала: «Что вы сделали с ребенком? Я не могу его вывезти ни в один город, всегда сидит в Москве, а сейчас пришел и сказал, что поеду в Питер». Естественно, его мать согласилась сопровождать детей, мы съездили. Очень удачно. Там соревнования проходят по хорошему сценарию: детей забирают на день, в это время вы можете заниматься чем угодно, а дети создают проекты, которые предлагают. Им дают пользоваться интернетом, но задание строится так, что просто найти ответ невозможно. На следующие соревнования он взял на себя роль руководителя и рассказывал о разработке на стенде»⁶⁷.

Элементы реабилитационной робототехники используются в обучении разным дисциплинам, в частности, биологии. Вот как описывает такого рода опыт Лариса Будан, учитель биологии Центра им. Димы Рогачева: «Ро-

⁶⁶ Трескова У.В., Гагарина Д.А. Реабилитационная робототехника: разбор кейсов // Занимательная робототехника. 04.06.2018. <<http://edurobots.ru/2018/06/reabilitacionnaya-robototexnika>>.

⁶⁷ Там же.

бототехнику я связываю с биологией, потому что есть такие модели, как лягушки,двигающиеся животные, пчелы, которые цветы опыляют. Такая технология подходит для разного уровня детей. Потому я вхожу в палату к ребенку, который лежит. Перед ним набор, мы с ним вместе собираем и обучаем друг друга, идет сборка, и модель оживает. И тут я выхожу на первый план со своей биологией — почему эта пчела должна кружиться вокруг цветка, пестики, тычинки, как привлекают цветы насекомых и так далее. Ребенку это нравится, он это запоминает»⁶⁸.

Робототехника используется и в инклюзивном образовании. Так, в Школе-гимназия № 1540 (Московская технологическая школа ОПТ) робототехника, программирование, конструирование изучаются с первого класса. Софья Розенблюм, руководитель психологической службы, координатор инклюзивного образования в этой школе, так описывает эту историю: «Зная такую особенность нашей учебной программы, родители детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) старались приводить своих детей в нашу школу, справедливо полагая, что знание программирования и робототехники могут дать их детям дополнительный шанс в жизни, возможность профессиональной самореализации. Десять лет назад мы попробовали перестроить нашу работу так, чтобы оказывать таким детям помощь и профессионально сопровождать их в учебном процессе. Сейчас у нас кроме детей с РАС учатся дети с ДЦП, слабовидящие, слабослышащие, есть те, кто уже закончили школу, институт и выбрали профессию именно в этой области»⁶⁹.

Есть опыт включения робототехники в обучении детей с ограниченными возможностями в дистанционном режиме. Так, в Школе-интерната № 28 Ростова-на-Дону элементы индивидуального дистанционного обучения робототехнике введены в 2011 г. (автор спецкурса и учитель Алексей Подройкин)⁷⁰.

* * *

На сегодняшний день накоплен значительный опыт использования робототехники как инструмента обучения, реабилитации и социализации детей с ОВЗ.

⁶⁸ Там же.

⁶⁹ Гагарина Д.А. Робототехника для детей с особенностями развития: мнения экспертов // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/robototexnika-dlya-detej-s-ogranichennymi-vozmozhnostyami>>.

⁷⁰ Там же.

В целом врачи и педагоги сходятся во мнении, что робототехника помогает восстанавливать утраченные во время болезни функции и приспособиться к новой действительности. При этом неотъемлемая часть робототехники — программирование — является мощным инструментом восстановления когнитивной функции, а конструирование и сборка восстанавливают утраченные навыки четкой координации глаз-рука, развития мелкой моторики, что в свою очередь стимулирует речевой центр мозга. При том что занятия робототехникой могут расширить возможности профессиональной самореализации детей с ОВЗ, основной их эффект заключается в создании среды развития и социализации, поддерживающей мотивацию и интерес к образованию.

8. Профессиональное робототехническое образование

Наряду со стремительным включением робототехники в основное общее и дополнительное образование формируется и профессиональное робототехническое образование. Его специфика в России определяется уровнем развития промышленной и сервисной робототехники, сложившейся системой направлений бакалавриата и магистратуры, наличием у коллегий и вузов необходимых аппаратных и кадровых ресурсов.

Роботизация, дефицит кадров и востребованность выпускников

По уровню развития робототехнической отрасли Россия отстает пока от стран-конкурентов⁷¹. С одной стороны, это связано с дефицитом квалифицированных специалистов «в области разработки, изготовления, внедрения и применения промышленных роботов». Об этом свидетельствуют, в частности, отчет Сбербанка⁷², исследование Института статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики⁷³. Так, согласно данным проведенного в 2016 г. ИСИЭЗ НИУ ВШЭ исследования девяноста крупных организаций — работодателей в области робототехники, 61% из них испытывает недостаток кадров и ни один — их избытка.

Однако, с другой стороны, в условиях ограниченных рынков сбыта и слаборазвитого промышленного роботизированного производства, для имеющихся в организации кадров нет достаточного объема работы по их уровню квалификации⁷⁴.

⁷¹ Вопросы развития робототехники рассмотрены на заседании Межведомственной комиссии Совета Безопасности РФ по безопасности в экономической и социальной сфере // Совет Безопасности Российской Федерации. <<http://www.scrf.gov.ru/news/allnews/2524>>.

⁷² Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанка. Апрель 2018.

⁷³ Шматко Н.А., Волкова Г.Л. Востребованные и перспективные компетенции в области робототехники // Наука, технологии, инновации. 2017. № 63. <<https://issek.hse.ru/news/208042519.html>>.

⁷⁴ Там же.

С точки зрения образования, эта проблема означает еще и вопрос востребованности выпускников робототехнического направления. Не окажутся ли студенты современных программ на выходе из вуза *overqualified* («переквалифицированными»)?

Вот как отвечает на этот вопрос Антон Пыркин, декан факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО — одного из лидеров робототехнического образования в России: *«Российская промышленность, в самом деле, потеряла былые позиции за последние 25 лет. Однако мы стараемся делать упор не на российскую промышленность как строгого заказчика для образования, а на подготовку эрудированных и универсальных специалистов, способных демонстрировать полученные навыки и умения независимо от занимаемой должности. Спустя еще 10–15 лет рынок труда снова изменится до неузнаваемости, и то, к чему теоретически стоило бы готовить сегодня, отталкиваясь от запроса работодателей, может оказаться тупиковой ветвью»⁷⁵*. Сергей Филиппов, учитель робототехники Президентского физико-математического лицея № 239, менее оптимистичен: *«...рабочих мест нет, где этих инженеров устроить. То есть сейчас рискованно осваивать новую специальность. Многие, с одной стороны, не знают, а с другой — не рискуют окунуться в эту область и предпочитают зарабатывать себе на жизнь стабильно: менеджментом, торговлей, юриспруденцией»⁷⁶*.

Вместе с тем, эксперты отмечают, что программы вузов, готовящих кадры в области робототехники, сильно устарели, *«особенно это касается прикладного применения новых технологий искусственного интеллекта (нейронные сети глубокого обучения, прежде всего)»⁷⁷*.

«Наиболее перспективные направления в робототехнике сейчас лежат на пересечении виртуальных и физических миров, связаны со сближением математического моделирования и физических экспериментов, подтверждающих или опровергающих правильность математических моделей», — считает Роман Усатов-Ширяев, генеральный директор груп-

⁷⁵ Гагарина Д.А. Как стать робототехником? Интервью с Антоном Пыркиным, деканом факультета систем управления и робототехники ИТМО // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/06/itmo-robototexnika>>.

⁷⁶ Гагарин А.С. Игра в слова, роботов и творчество. Интервью с Сергеем Филипповым // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/sergej-philipov-robototexnika>>.

⁷⁷ Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанка. Апрель 2018.

пы Robotikum, разрабатывающей робототехническое оборудование. По его мнению, «...отечественные образовательные программы служат индустрии прошлого — созданию уникальных и дорогостоящих инженерных решений. Но не меняя их, трудно будет угнаться за мировым технологическим фронтиром, ориентированным на быстрые и масштабируемые решения в роботизации производства, медицины, транспорта, добычи полезных ископаемых и прочих сферах, где участие человека критично»⁷⁸.

Устаревание программ вузов проявляется даже с точки зрения «продвинутой» школьной подготовки. Сергей Филиппов, работающий со школьниками — победителями Всемирной олимпиады роботов, констатирует, что «вузы не вполне готовы обучать компетентных школьников, которые знают больше, чем в вузовскую программу заложено, и требуют больше. Робототехника очагами по стране развивается. Конечно, есть вузы, которые готовы, но таких мало пока»⁷⁹.

В условиях, когда образовательные программы быстро устаревают, существенный эффект могут дать различные программы взаимодействия между вузами. Примером такой практики является Сколковский институт науки и технологий (Сколтех). Вуз для прочтения лекций практикует привлечение профессоров с мировыми именами из Массачусетского технологического института, университета электрокоммуникаций в Токио и других. Институт развивает и программы обмена студентами; рассказывает руководитель лаборатории робототехники Сколтеха Дмитрий Тетерюков: «Мы активно развиваем программы с ведущими европейскими университетами — в этом году мы отправляем одного из аспирантов в Немецкий аэрокосмический центр (DLR) под Мюнхеном — там находится одна из лучших в мире лабораторий робототехники. Программа международной академической мобильности студентов развивается вполне успешно»⁸⁰.

Косвенным подтверждением эффективности выбранного Сколтехом пути является то, что команда института заняла второе место на международном соревновании Eurobot в 2019 г. «Так высоко Россия еще не поднималась ни в одном крупном робототехническом соревновании», — про-

⁷⁸ Интервью с Романом Усатовым-Ширяевым в рамках настоящего исследования.

⁷⁹ Гагарин А.С. Там же.

⁸⁰ «Страна с малой плотностью населения и огромной территорией должна быть максимально автоматизирована». Интервью с руководителем лаборатории робототехники «Сколтеха» Дмитрием Тетерюковым // vc.ru. <<https://vc.ru/flood/23145-skoltech-robotics>>.

комментировал победу руководитель лаборатории Сбербанка Альберт Ефимов⁸¹. Сколтех также неоднократно занимал первое место на российских этапах Eurobot.

Оборудование и кадры

Евгений Магид, руководитель Лаборатории интеллектуальных робототехнических систем Казанского федерального университета, видит основные проблемы вузовского образования по этому направлению в дефиците оборудования и кадров: *«Нужно оборудование и кадры. Многие вузы хотят заниматься робототехникой, но не понимают, что без кадров это невозможно. Ко мне часто обращаются, просят прочитать лекции [...] Но одноразовый курс лекций не поможет получить достаточно компетенций, чтобы затем вуз смог самостоятельно заниматься робототехникой. Конечно, на короткий момент такой курс приоткроет перед студентами «горизонты международной науки». Однако они схлопнутся сразу после моего отъезда, если кто-то на месте, хотя бы с минимально необходимыми компетенциями, не будет ежедневно маленькими шажочками вести студентов дальше, к этому самому горизонту»⁸².*

Обучая студентов в магистратуре в рамках направления «Программная инженерия» с профилем по робототехнике, Евгений Магид делает ставку на выращивание кадров в самом вузе: *«Чтобы полностью закрыть качественными преподавателями полную программу, а не профиль, мне нужно больше специалистов. Я понял, что единственное, что могу сделать — воспитать своих специалистов. Со стороны брать не получается, потому что действительно стоящие специалисты-робототехники в России нарасхват, у большинства из них уже и так все замечательно — свои институты, кафедры и лаборатории или робототехнические компании-стартапы, а иногда и то и другое. Да и переучивать состоявшегося ученого, пытаюсь привить ему свои взгляды на образование и научную этику, чаще всего оказывается сложнее, чем воспитать нового молодого специалиста».*

С точки зрения робототехнического оборудования, ситуация в российских вузах не выглядит благополучной по очевидным финансовым при-

⁸¹ Альберт Ефимов. Личная страница в Facebook, запись от 02.06.2019. <<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10156324861246914&set=a.95925761913&type=3&theater>>.

⁸² Гагарина Д.А. Как построить лучшую лабораторию робототехники. Версия Евгения Магида // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/magid>>.

чинам. В ряде университетов робототехника до сих пор изучается на базе школьных технологий и платформ уровня Lego и Arduino⁸³. Только в топ-вузах для обучения робототехнике доступен широкий спектр оборудования — от конструкторов до дорогостоящих промышленных роботов.

Примером специализированного российского оборудования является лабораторно-исследовательский комплекс «Робот Бабочка», используемый для изучения стабилизации движения объекта манипуляции в динамике с точностью выше 100 микрон⁸⁴. *«Создание подобных «цифровых двойников движений» манипуляторов, исходя из решаемых задач до того, как манипулятор будет создан, выгоднее по средствам и доступнее для распространения»,* — считает Роман Усатов-Ширяев. На базе робота можно проводить и учебные лабораторные работы, и полноценные исследования. Сейчас комплекс «Робот Бабочка» установлен в Санкт-Петербургском политехническом университете, Томском политехническом университете, но более популярен среди зарубежных технических вузов. Лабораторная установка имеет модификации с упрощенными задачами и может быть использована в физико-математических школах.

«Мы учим основам робототехники на фундаментальном уровне, мы также даем возможность работать с реальными установками промышленных роботов во время обучения. В Университете ИТМО «можно поработать с роботизированными макетами надводного судна, летательного аппарата, можно решать задачи управления роботом-манипулятором по силе взаимодействия с обрабатываемым объектом. А можно также спроектировать, изготовить и запрограммировать своего собственного робота, будь то манипулятор или колесный робот», — говорит Антон Пыркин, декан факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО⁸⁵.

Когда открывалась Лаборатория интеллектуальных робототехнических систем КФУ, по списку Евгения Магида было закуплено роботов на 17 миллионов рублей. Все оборудование активно используется в обучении.

⁸³ Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанка. Апрель 2018.

⁸⁴ Робот-бабочка — образовательная платформа для подготовки инженеров // Roboticum. <<http://robotics-spb.ru/education>>.

⁸⁵ Гагарина Д.А. Как стать робототехником? Интервью с Антоном Пыркиным, деканом факультета систем управления и робототехники ИТМО // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/06/itmo-robototexnika>>.

По словам ученого, такого оборудования, доступного студентам, пока еще нет ни в одном вузе России, *«возможно где-то и стоят такие же роботы, но никто не допускает к ним студентов»*⁸⁶. Роботы в Лаборатории разнообразны — от массовых Mindstorms до экземпляров за 4 миллиона рублей, среди них открытые и закрытые коптеры, беспилотный автомобиль Аврора, мобильный робот «Инженер» компании Сервосила, робот PMB 2 PAL Robotics, полноразмерный антропоморфный робот AR601 от Андроидной техники, два манипулятора KUKA. При этом Евгений Магид и его лаборатория не занимаются «железом», механикой, оборудование необходимо только для разработки и тестирования алгоритмов.

Направления и программы

Профессиональное робототехническое образование реализуется в России по нескольким направлениям среднего профессионального и высшего (бакалавриат и магистратура) образования.

Антон Пыркин рассматривает робототехнику как широкую область знаний — такую же, как, например, геометрия или термодинамика. Поэтому на возглавляемом им факультете есть несколько кафедр, ориентированных на различные аспекты робототехники и опирающихся на свою парадигму, и отдельно взятые образовательные программы. При этом заметно выделяются три образовательные программы, которые позволяют решать такие задачи, как:

- управление роботами (алгоритмы, принятие решений, искусственный интеллект);
- проектирование роботов и их элементов (механика, мехатроника, биомехатроника);
- интеграция роботов на производстве (интегрированные в единую систему роботы-манипуляторы и мобильные роботы на цифровом производстве)⁸⁷.

С учетом неоднозначного понимания робототехники, разнообразия и междисциплинарного характера робототехнических проектов подсчет и учет организаций и программ профессионального обучения робототехни-

⁸⁶ Гагарина Д.А. Как построить лучшую лабораторию робототехники. Версия Евгения Магида. Там же.

⁸⁷ Гагарина Д.А. Как стать робототехником? Интервью с Антоном Пыркиным, деканом факультета систем управления и робототехники ИТМО. Там же.

ке затруднителен. По специфике будущей работы программы условно можно разделить на *интеллектуальную робототехнику*, ориентированную в большей степени на разработку алгоритмов и программ, и *мехатронику*, включающую разработку аппаратной части роботов. И если значительная специфика последних позволяет такие образовательные программы подчитать, то по интеллектуальной робототехнике это сделать сложнее.

Так, портал «Поступи Онлайн» содержит информацию о пятидесяти трех действующих программах профессионального образования, дающих профессию «робототехник», в том числе о сорока программах бакалавриата и специалитета, двенадцати — магистратуры, одной — СПО. Здесь же указаны пятьдесят пять вузов, реализующих такие программы⁸⁸. НАУРР (Национальная ассоциация участников рынка робототехники) говорит о деятельности шестидесяти шести кафедр робототехники и мехатроники в университетах России, которые выпускают примерно тысячу инженеров-робототехников в год⁸⁹.

Абсолютное большинство бакалаврских программ по робототехнике реализуется по направлению 2.15.03.06 «Мехатроника и робототехника», входящему в укрупненную группу «Автоматика и управление» (см. табл. 3).

Таблица 3. Примеры программ бакалавриата по направлению 2.15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

	Программа	Примеры вузов, реализующих программу
1	Автономные и дистанционные мобильные роботы и космические манипуляторы	МГТУ им. Н.Э. Баумана
2	Автономные роботы	РТУ МИРЭА, СПбПУ им. Петра Великого
3	Интеллектуальная робототехника	Университет ИТМО, Саратовский ГТУ
4	Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы	Томский политехнический университет
5	Информационно-сенсорные системы в мехатронике	Тамбовский ГТУ
6	Компьютерные технологии управления в робототехнике и мехатронике	МЭИ, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

⁸⁸ Профессия Робототехник (роботехник) // Поступи Онлайн. <<https://postupi.online/professiya/robototehnik-robotehnik>>.

⁸⁹ Мухамедзянова Д. В робототехнике Россия отстает от развитых стран на 7–10 лет // Хайтек. <<https://hightech.fm/2017/03/21/robots-8>>.

	Программа	Примеры вузов, реализующих программу
7	Мехатроника	ЮУрГУ, СПбПУ им. Петра Великого, БГТУ ВОЕНМЕХ им. Д.Ф. Устинова, СибГУ им. М.Ф. Решетнева, ДГТУ, БГТУ, Пензенский ГУ
8	Мехатроника и компьютерное управление	МГТУ «СТАНКИН»
9	Мехатроника и робототехника	ДВФУ, УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Тюменский ГУ, СФУ, Белгородский ГУ, Белгородский ГТУ им. В.Г. Шухова, Омский государственный университет путей сообщения, СевГУ, РГРТУ
10	Мехатроника и робототехника в атомной отрасли	НИЯУ МИФИ
11	Мехатронные системы в автоматизированном производстве	Уфимский ГАТУ, ИжГТУ им. М.Т. Калашникова
12	Наладка, программирование и эксплуатация мехатронных робототехнических систем	Иркутский технический университет
13	Подводные робототехнические комплексы и аппараты	МГТУ им. Н.Э. Баумана
14	Приводы робототехнических и мехатронных систем	Липецкий ГТУ, Вятский ГУ, Дагестанский ГТУ
15	Проектирование и конструирование мехатронных модулей и механизмов роботов	СПбПУ им. Петра Великого
16	Промышленная и специальная робототехника	Кабардино-Балкарский ГУ им. Х.М. Бербекова, Томский ГУ, Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева, МГТУ им. Н.Э. Баумана
17	Распределенные робототехнические системы	МГТУ им. Н.Э. Баумана
18	Робототехника	ГУАП, Новосибирский ГТУ
19	Робототехника и робототехнические системы: разработка и применение	МГТУ «СТАНКИН», ДГТУ, Белорусско-Российский университет
20	Транспортные мехатронные и робототехнические комплексы	Самарский государственный университет путей сообщения, Уральский государственный университет путей сообщения
21	Управление в мехатронных системах	МГТУ им. Н.Э. Баумана
22	Управление робототехническими системами	МГТУ им. Н.Э. Баумана, УГАТУ

Едиличные программы реализуются в рамках направлений (см. табл. 4):
 2.09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,
 2.11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»,
 2.12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»,
 2.13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
 2.15.03.01 «Машиностроение»,
 2.15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
 2.15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»,
 2.24.05.05 «Интегрированные системы летательных аппаратов»,
 2.27.03.02 «Управление качеством»,
 2.27.03.04 «Управление в технических системах»,
 2.28.03.02 «Наноинженерия».

Ряд программ носят отраслевой характер и действуют, например, в транспортных, морских или авиационных университетах.

Таблица 4. Примеры других программ бакалавриата по робототехнике

	Программа	Направление	Примеры вузов, реализующих программу
1	Информатика и вычислительная техника	2.09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»	Университет Иннополис
2	Электроника и робототехника	2.11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»	Тольяттинский ГУ
3	Биотехнические и робототехнические системы	2.12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»	Новосибирский ГТУ
4	Мехатронные модули робототехнических комплексов	2.13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»	Новосибирский ГТУ
5	Роботы и робототехнические системы	2.15.03.01 «Машиностроение»	Российский университет транспорта (МИИТ)
6	Роботизированные комплексы	2.15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»	Московский Политех
7	Мехатронные и робототехнические комплексы	2.15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»	Самарский ГУ

	Программа	Направление	Примеры вузов, реализующих программу
8	Робототехника и гибкие производственные модули	2.15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»	Тюменский индустриальный университет
9	Робототехнические системы авиационного вооружения	2.24.05.05 «Интегрированные системы летательных аппаратов»	МАИ
10	Управление роботизированными производственными системами	2.27.03.02 «Управление качеством»	КФУ
11	Автоматика и робототехнические системы	2.27.03.04 «Управление в технических системах»	СПбГЭТУ ЛЭТИ, ТУСУР, Сургутский ГУ
12	Системы управления движением	2.27.03.04 «Управление в технических системах»	СПбПУ им. Петра Великого
13	Проектирование электронных приборов и робототехнических комплексов	2.28.03.02 «Наноинженерия»	РУДН
14	Конструирование нанороботов и искусственных органов	2.28.03.02 «Наноинженерия»	РУДН

Среди программ магистратуры в российских вузах преобладает направление 2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника» (см. табл. 5).

Таблица 5. Примеры программы магистратуры по робототехнике

	Программа	Направление	Примеры вузов, реализующих программу
1	Высокопроизводительные облачные вычисления и программное обеспечение роботов	1.02.04.01 «Математика и компьютерные науки»	СПбПУ им. Петра Великого
2	Организация управления суперкомпьютерными системами	1.02.04.01 «Математика и компьютерные науки»	СПбПУ им. Петра Великого
3	Робототехника	2.09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»	Университет Иннополис

	Программа	Направление	Примеры вузов, реализующих программу
4	Активное зрение роботов	2.11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»	ТУСУР
5	Интеллектуальные мобильные роботы	2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника»	РТУ МИРЭА
6	Мехатроника	2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника»	ЮУрГУ
7	Мехатроника и робототехника	2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника»	ДВФУ
8	Мехатронные системы автоматизации в машиностроении	2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника»	СПбПУ им. Петра Великого, КБГУ им. Х.М. Бербекова
9	Моделирование робототехнических систем	2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника»	Томский ГУ
10	Робототехника	2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника»	СПбПУ им. Петра Великого, ЮУрГУ
11	Управление разработками робототехнических комплексов	2.15.04.06 «Мехатроника и робототехника»	ТУСУР
12	Управление в робототехнических системах	2.27.04.04 «Управление в технических системах»	Московский Политех

Обучение робототехнике в ссузах ведется, как правило, по направлениям 2.15.02.10 «Мехатроника и мобильная робототехника», 2.15.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание роботизированного производства».

Одна из проблем российского робототехнического образования — трудность адаптации образовательных программ к современному мировому уровню развития робототехники из-за слабого владения студентами и профессорско-преподавательским составом английским языком. Евгений Магид и сотрудники его лаборатории принципиально читают все спецпредметы по робототехнике (их в программе двенадцать) на английском. *«Я даже не знаю современных хороших учебников на русском языке, с которых можно было бы начать погружение в робототехнику. Самое значимое — на английском. Пока оно переведется на русский и опубликуется — отстанет лет на 10»,* — говорит Магид⁹⁰. Тем не менее, очевидно, что в

⁹⁰ Гагарина Д.А. Как построить лучшую лабораторию робототехники. Версия Евгения Магида // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/magid>>.

массовом сегменте обучение на английском языке в текущих условиях невозможно.

Еще одна проблема — слабый характер взаимодействия для обмена практиками и программами между университетами и низкая масштабируемость разработок. Низкая культура методического сопровождения программ высшего образования часто приводит к тому, что даже при доступе к образовательной программе (вузы выкладывают их на сайтах) их содержание не становится ясным и тем более допускающим повторное использование и внедрение в других вузах.

Направления зарубежных вузов

Робототехнические программы бакалавриата и магистратуры появляются в середине 2000-х годов. До этого примерно с 1960-х годов обучение робототехнике в высших учебных заведениях проходило на факультативных курсах факультетов машиностроения, электротехники, промышленного инжиниринга или информатики⁹¹. Принятая в 2013 г. Дорожная карта США по робототехнике предусматривала создание в США не менее десяти аккредитованных бакалаврских программ и не менее десяти PhD-программ по робототехнике к 2028 г.⁹² Кроме того, к 2023 г. все 4-летние колледжи и университеты должны включить обзорные курсы по робототехнике в ряд программ бакалавриата и магистратуры⁹³.

Проведенный в период 2015–2017 гг. анализ программ по робототехнике в вузах США показывает⁹⁴, что их можно разделить на три типа: классическое инженерное образование с обзорными курсами по робототехнике (например, в Университете Аризоны); программы, представляющие последовательность обязательных унифицированных курсов по робототехнике (например, в Политехническом университете Ворчестера); программы, в основном состоящие из факультативов по структурированному набору категорий (например, в Университете Карнеги-Меллона). При этом магистерские и аспирантские программы относятся, как правило, к третьему

⁹¹ Esposito J.M. The State of Robotics Education: Proposed Goals for Positively Transforming Robotics Education at Postsecondary Institutions // IEEE Robotics & Automation Magazine. 2017. Vol. 24, № 3. P. 157–164. doi: 10.1109/MRA.2016.2636375.

⁹² A Roadmap for U.S. Robotics. From Internet to Robotics. 2013 Edition.

⁹³ Там же.

⁹⁴ Esposito J.M. Там же.

типу. Общее количество специализированных программ по робототехнике в университетах США относительно невелико — их список приводится в указанном обзоре и в обновляемом виде на странице Educational Robotics в Википедии⁹⁵.

Китай, Южная Корея, Япония и Индия вкладывают значительные средства в высшее образование и исследования по робототехнике. Индия и Китай, активно отправляя студентов за границу (в Европу и США), стимулируют их возвращение обратно, программы обучения за рубежом сочетаются со стратегическими инвестициями в национальную научно-техническую инфраструктуру⁹⁶.

Достаточно типичным для Европы, Азии и США становится создание центров развития робототехники, технологических кластеров (хабов), объединяющих технологические компании, университеты, профильные сообщества⁹⁷. Ряд из них действуют на базе университетов. Примером крупного робототехнического кластера является Odense Robotics, расположенный в городе Оденсе, Дания. Кластер включает 130 компаний, 3600 сотрудников, занимающихся инновациями в области робототехники и автоматизации, инкубатор, несколько университетов и исследовательских институтов, которые реализуют более 40 образовательных программ⁹⁸. Во входящем в кластер Университете Южной Дании действует центр SDU Robotics, который проводит исследования в области когнитивной и прикладной робототехники, в том числе в сотрудничестве с промышленностью. На образовательных программах магистратуры SDU Robotics обучаются примерно 100 студентов в год⁹⁹.

* * *

Профессиональное робототехническое образование в России реализуется по нескольким направлениям среднего и высшего образования. Несмотря на большое внимание к отрасли со стороны образовательных орга-

⁹⁵ Educational robotics // Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Educational_robotics>.

⁹⁶ Rising Above The Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future. National Academy of Engineering, 2007.

⁹⁷ Обзор кластеров на русском языке можно найти в Аналитическом обзоре мирового рынка робототехники 2019, подготовленном Сбербанком.

⁹⁸ Odense Robotics. <<https://www.odenserobotics.dk>>.

⁹⁹ SDU Robotics // SDU. <https://www.sdu.dk/en/om_sdu/institutter_centre/sdurobotics>.

низаций и увеличение числа учреждений, предлагающих соответствующие программы, уровень робототехнического образования в России можно оценить как невысокий: программы вузов, готовящих кадры в области робототехники, сильно устарели. Робототехника в мире последние 10–15 лет динамично развивается, но в России высшее профильное образование довольно инертно реагирует на изменения. Основные причины — дефицит квалифицированных специалистов, недостаток методических материалов на русском языке, проблемы с материально-технической базой, низкий уровень взаимодействия и обмена образовательными практиками и программами среди участников. Широкий спектр оборудования, дорогостоящие промышленные роботы недоступны большинству вузов. Основным драйвером для разработки сквозных образовательных программ должны стать технологические компании со своей повесткой на разработку решений.

Уровень развития промышленной и сервисной робототехники в России, низкий спрос на коммерческие решения привели к тому, что образование в этой области в последние 10–15 лет зачастую развивается в изолированной от реального сектора экономики среде. Коммерческий успех масштабируемых решений создаст спрос на исследователей и разработку новых образовательных программ и модулей. Сетевой характер взаимодействия для обмена лучшими практиками, образовательными программами и модулями может стать эффективным способом достижения цели — обеспечение предприятий кадровым потенциалом для создания новых технологий и продуктов в робототехнике.

Заключение

В последние годы мы пережили настоящий бум образовательной робототехники, сопровождаемый массовым открытием кружков, повышенным вниманием со стороны родителей, СМИ и общества в целом. Его предпосылками стали робототехническая революция и смена технологического уклада, основными драйверами — производители оборудования и энтузиасты (инженеры, программисты, инициативные преподаватели вузов и школ).

За двадцать лет своего развития в России образовательная робототехника и робототехническое образование прошли путь от локальных инициативных проектов до масштабных программ с государственной поддержкой.

Точка пикового интереса пройдена, и сегодня сектор находится в состоянии стабильного функционирования: робототехнические кружки созданы в большей части регионов, их сеть продолжает расширяться, став для крупных городов уже массовым явлением.

Образовательная робототехника продемонстрировала возможности решать широкий круг педагогических задач, включая формирование предметных и метапредметных компетенций (hardskills и softskills). Робототехника стала не только предметом изучения, но и средством обучения в информатике, физике, математике, способом интеграции школьных дисциплин, инструментом мотивации и профориентации, в том числе для детей с ограниченными возможностями здоровья.

Сформировался набор направлений образовательной робототехники с соответствующим содержанием, методиками и соревнованиями.

Можно констатировать, что произошла дифференциация сектора по направлениям обучения и сегментация на робототехнику как «досу́г» и «серьезную» робототехнику. В досуговом сегменте занятия робототехникой стали массовым явлением для детей дошкольного и школьного возраста, его обслуживают сотни кружков, в том числе сетевых. Растет количество кружков, появляются новые производители оборудования и новые соревнования. Хотя в этом сегменте успешно решаются многие перечисленные ранее образовательные задачи, его массовость не обеспечивает одинаково высокое качество образовательных программ и не способствует глубине и устойчивости эффектов.

Сегмент «серьезной» робототехники заметно меньше по количеству участников. В нем работают несколько крупных игроков, часто в альянсе с университетами или на их базе. Образование здесь носит индивидуальный характер, в его соревновательной части робототехника становится спортом высоких достижений. Отрыв «серьезной» робототехники от «досуговой» увеличивается.

Открытым остается вопрос об эффективном включении робототехники в программу школьного образования. Компромиссным вариантом решения в настоящее время стали занятия в рамках предметной области «Технология», но потенциал этого варианта пока в массовой школе не реализован — по причине как отсутствия необходимого количества кадров, так и общей неготовности к этому общества (традиционное обучение приготовлению борща и ручному изготовлению табуреток, став мемом в дискуссиях о роли робототехнического образования, по-прежнему востребовано большинством родителями).

Серьезной проблемой текущего этапа является уровень квалификации преподавателей и их подготовка. Абсолютное большинство уже работающих педагогов — самоучки. Большинство новых кадров приходят в направление через краткосрочные курсы или самостоятельное обучение и имеют выраженный дефицит необходимых теоретических и методических знаний. И хотя возможности для самообразования сегодня в принципе безграничны, на практике во многих случаях можно наблюдать низкую эффективность такой бессистемной подготовки, изолированность от современной литературы и апробированных методик. Рост количества кружков и рост запроса на обучение робототехнике со стороны родителей приводит к значительному спросу на преподавателей. Во многих случаях этот спрос покрывается кадрами, не владеющими либо методиками (например, студентами технических вузов), либо необходимыми техническими знаниями (например, учителями математики, учителями начальных классов). Наблюдение за значимыми соревнованиями и конкурсами показывает, что круг тренеров практически не меняется. Неизменными на протяжении десяти и более лет остаются тренеры победителей и призеров российских и международных конкурсов. В условиях стремительного роста кружков и преподавателей порог входа на соревнования значительно увеличивается и для учащихся, и для педагогов. Таким образом, уровень лидеров растет, а уровень кадров в массовом сегменте падает, что приводит к еще большему разрыву между досуговой и «серьезной» образовательной робототехникой.

По уровню развития робототехнической отрасли Россия пока отстает от стран-конкурентов, несмотря на всеобщее внимание к проблеме. Это связано не только с экономическими причинами, но и с кадровыми: соответствующие программы российских вузов отстали от мирового уровня; кроме того, многие вузы не имеют необходимого для обучения робототехнике оборудования. Проблемой являются также слабые связи и отсутствие преемственности между школьной и вузовской робототехникой. Преодолеть инертность к изменениям в профильном образовании и недостаток методических материалов может помочь развитие взаимодействия с международными вузами в виде программ академической мобильности и обмена студентами.

Основным драйвером развития отрасли образовательной робототехники на протяжении ее 20-летней истории были производители и продавцы программируемых конструкторов. Они создавали обучающие материалы, проводили курсы для преподавателей, организовывали и спонсировали соревнования и фестивали.

Сегодня при сохранении существенного влияния производителей роль главного драйвера переходит к государству. Действуют федеральные программы поддержки детских технопарков, ЦМИТов, региональные проекты и инициативы. В условиях государственного регулирования растет массовость конкурсов и олимпиад. Роль координатора и регулятора для всей отрасли начинает играть Национальная технологическая инициатива (НТИ), выстраивая взаимосвязи между государственными и частными предприятиями в сфере образования и промышленности и формируя долгосрочные стратегии развития. Насколько эти стратегии окажутся эффективными, зависит и от того, насколько они будут учитывать сложившуюся экосистему образовательной робототехники, ее проблемы и запросы. К сожалению, процессы, которые наблюдаются на текущем этапе развития образовательной робототехники, относятся скорее к перераспределению влияния в отрасли, формированию новых «правил игры», появлению новых либо изменению операторов существующих соревнований. При этом системные шаги по изменению ситуации с дефицитом кадров и методик обучения представляются неуверенными и недостаточными. Сфера качественных курсов подготовки кадров и разработки методик по-прежнему во многом остается уделом либо небольшого круга энтузиастов, либо заинтересованных производителей оборудования.

Уникальные возможности образовательной робототехники наряду с бумом общественного интереса к ней в целом не могли не сформировать

завышенных ожиданий, как это часто бывает с новыми областями и технологиями. При этом робототехника, не успев состояться как направление образования в масштабах страны (а не отдельных учреждений), не сформировав устойчивой методической системы и содержания обучения, перешла в этап регулирования отрасли. В ближайшие годы отрасли придется доказать свою состоятельность, пройдя через «пропасть разочарования», чтобы через несколько лет выйти на «плато продуктивности».

Эксперты, упоминаемые в исследовании

Эксперты, с которыми проведены интервью в рамках исследования

Павел Баскир, основатель федеральной сети кружков дополнительного образования ФОДО «Образ» («Лига роботов — Москва»)

Галина Брусницына, директор Центра «ОРТ-карьера», соучредитель Ассоциации кружков НТИ, руководитель проекта «Инкубатор ПРОФИ», Екатеринбург

Максим Васильев, президент МАСОР — Международной ассоциации спортивной и образовательной робототехники, Москва

Олег Гайсин, руководитель проекта «МастерОК», Туймазы, Башкортостан

Олег Грязнов, директор детского технопарка «BelRobot» и основатель детского клуба «ЯСАМ», Белгород

Андрей Гурьев, педагог и эксперт в области образовательной робототехники

Гур Епископян, основатель и преподаватель студии технического творчества Tembot, Тимашевск, Краснодарский край

Артем Зерминов, директор и основатель «Лаборатории робототехники и промышленного дизайна», Казань

Владимир Колпаков, преподаватель и сооснователь центра «Юный техник», Псков

Сергей Косаченко, заместитель директора, учитель Томского физико-технического лицея

Алексей Корнилов, эксперт в области робототехники и интернета вещей, в прошлом национальный эксперт WorldSkills по компетенции «Мобильная робототехника» и научный руководитель программы «Робототехника: инженерно-технические кадры инновационной России», Москва

Павел Крендель, директор и основатель «Пермского центра развития робототехники», руководитель детского технопарка «Кванториум-Фотоника», Пермь

Айбулат Кумысбаев, методист IT-школы «Орбита», Уфа

Никита Луизи, основатель детского клуба «Роботрек», Абинск, Краснодарский край

Юлия Нацкевич, директор и основатель центров дополнительного образования «Снейл» и «Робополигон», Омск

Дмитрий Овсяницкий, автор книг и учебных пособий по робототехнике, тренер, Челябинск

Дмитрий Польский, программист, тренер, Пятигорск, Ставропольский край

Роман Усатов-Ширяев, генеральный директор группы компаний «Robotikit», производителя лабораторной установки «Робот Бабочка», Санкт-Петербург

Павел Фролов, руководитель проектов «РОББО» и «Scratchduino», Санкт-Петербург

Марина Шеина, индивидуальный предприниматель и преподаватель кружка робототехники, Оса, Пермский край

Екатерина Экало, директор по франчайзингу федеральной сети кружков «РОББО», Санкт-Петербург

Эксперты, комментарии и интервью с которыми ранее были опубликованы на сайте «Занимательная робототехника» и использованы в исследовании:

Лидия Белиовская, учитель информатики лицея № 1557, автор книг и учебных курсов по робототехнике и машинному зрению, Москва

Дмитрий Алексеев, генеральный директор компании DNS и основатель Центра развития робототехники, г. Владивосток

Лариса Будан, учитель биологии Национального исследовательского центра детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва

Татьяна Дубоенко, заведующая детским садом «Легополис», Пермь

Альберт Ефимов, руководитель лаборатории робототехники Сбербанка России, Москва

Тимур Идиатуллин, руководитель образовательной программы «Киберфизические системы», Московский политехнический университет

Александр Колотов, ведущий специалист STEM-программ Университета Иннополис, Татарстан

Дмитрий Краснихин, руководитель отдела привлечения студентов Университета Иннополис, Татарстан

Елена Кузнецова, учитель математики, информатики и робототехники Национального исследовательского центра детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва

Иван Лихоперский, член Национального организационного комитета ЕВРОБОТ и директор по развитию Лаборатории образовательных проектов, Москва

Роман Лучин, генеральный директор ООО «КиберТех», производителя кибернетического конструктора ТРИК, Санкт-Петербург

Валентина Любимова, методист, педагог дополнительного образования Академии цифровых технологий, Санкт-Петербург

Евгений Магид, руководитель Лаборатории интеллектуальных робототехнических систем Казанского федерального университета

Василий Максимов, руководитель Малой компьютерной академии Северо-Восточного федерального университета (СВФУ), Якутск

Александр Масленников, учитель информатики школы № 1499, Москва

Сергей Мун, директор «Центра развития робототехники», Владивосток

Сергей Мустафин, учитель школы № 2017, методист Центра педагогического мастерства, Москва

Вячеслав Нефедов, проект Goodlancer.com, Долгопрудный, Московская область

Альбина Нурдинова, врач-кинезитерапевт, журналист, Пермь

Николай Пак, основатель и руководитель федеральной сети организаций «Лига Роботов», Новосибирск

Алексей Подройкин, преподаватель Центра дистанционного образования на базе санаторной школы-интерната № 28, Ростов-на-Дону

Антон Пыркин, декан факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО, Санкт-Петербург

Андрей Рожков, учитель школы «Технологии обучения», основатель проекта «ArduMakers», Москва

Мария Салмина, председатель НОК ЕВРОБОТ, Москва

Александр Стариков, учитель технологии и педагог дополнительного образования школы № 1950, Москва

Сергей Филиппов, учитель информатики и робототехники Президентского физико-математического лицея № 239, Санкт-Петербург

Евгений Шандаров, заведующий Лабораторией робототехники и искусственного интеллекта Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники

Юлия Шевченко, Генеральный директор Центра развития одаренности, Пермь

Анатолий Шперх, руководитель Школы инженерного мышления в Лаборатории непрерывного математического образования, Санкт-Петербург

Литература и источники

- «Интернет вещей» для «чайников» или как подготовить ребенка к JuniorSkills (JS) // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/01/iot-dlya-chajnikov>>.
- «Об оснащении образовательных учреждений г. Москвы учебным оборудованием, техническими средствами и компьютерной техникой». Постановление Правительства Москвы № 449-ПП от 13 июня 2000 г. <<https://www.mos.ru/authority/documents/doc/28979220>>.
- «Страна с малой плотностью населения и огромной территорией должна быть максимально автоматизирована». Интервью с руководителем лаборатории робототехники «Сколтеха» Дмитрием Тетерюковым // vc.ru. <<https://vc.ru/flood/23145-skoltech-robotics>>.
- 10 ужасов Всемирной олимпиады роботов в Сочи или итоги с другой стороны // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2014/11/10-uzhasov-vsemirnoj-olimpiady-robotov-v-sochi-ili-itogi-s-drugoj-storony>>.
- XI Всероссийский технологический фестиваль «PROFEST». <<http://www.russianrobotfest.ru/o-festivale>>.
- Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанк. 2018.
- Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанк, 2019.
- Андреев К.* Как получить образовательную лицензию для кружка робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/04/kak-poluchit-licenziyu-dlya-kruzhka-robototexniki>>.
- Ассоциация спортивной робототехники. <<http://rus-robots.ru>>.
- Базовый курс по робототехнике на языке Robolab // Лекториум. <<https://www.lektorium.tv/mooc2/27788>>.
- Банк документов Министерства просвещения. <<https://docs.edu.gov.ru/document/c4d7feb359d9563f114aea8106c9a2aa/>>.

- Бейктал Дж.* Конструируем роботов на Arduino. Первые шаги / пер. с англ. О.А. Трефиловой. 2-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2019.
- Бейктал Дж.* Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих. М.: Лаборатория знаний, 2018.
- Белиовская Л.Г., Белиовский Н.А.* Использование LEGO-роботов в инженерных проектах школьников. Отраслевой подход. М.: ДМК-Пресс, 2016.
- Белиовская Л.Г., Белиовский Н.А.* Основы машинного зрения в среде LabVIEW. М.: ДМК-Пресс, 2017.
- Бизнес одобрил две дорожные карты по цифровым сквозным технологиям // АНО «Цифровая экономика». <<https://data-economy.ru/21062019>>.
- Блог Семена Гридина. <<http://kip-world.ru>>.
- В Университете Иннополис открыли Национальный центр компетенций НТИ в области робототехники и мехатроники // Университет Иннополис. <<https://university.innopolis.ru/news/center-nti-iu>>.
- Винницкий Ю.А., Поляков К.Ю.* Конструируем роботов на ScratchDuino. Первые шаги. 2-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2018.
- Водные робототехнические системы // Олимпиада НТИ. <<http://nti-contest.ru/profiles/wrs>>.
- Волкова Т.* Будет в худшем случае профанация, а в лучшем — популяризация. Татьяна Волкова о новой концепции урока технологии // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/07/urok-texnologii-2035-forum-asi-tatyana-volkova>>.
- Вопросы развития робототехники рассмотрены на заседании Межведомственной комиссии Совета Безопасности РФ по безопасности в экономической и социальной сфере // Совет Безопасности Российской Федерации. <<http://www.scrf.gov.ru/news/allnews/2524>>.
- Вопросы-ответы о проекте Кванториум. <<https://www.roskvantorium.ru/faq>>.
- Всероссийская робототехническая олимпиада. <<http://robolymp.ru/season-2019/about-us/about-the-olympics>>.
- Всероссийская спартакиада роботов. <<http://vsr.rus-robots.ru>>.
- Гагарин А.С.* Борщ или робототехника: что станет с уроком технологии в школе? // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/07/borshh-ili-robototexnika-chto-stanet-s-urokom-texnologii-v-shkole>>.

- Гагарин А.С.* Взрослый и детский WorldSkills: хайтек-штрихи к портрету // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/11/worldskills-hi-tech-2017/>>.
- Гагарин А.С.* Игра в слова, роботов и творчество. Интервью с Сергеем Филипповым // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/sergej-filippov-robototexnika>>.
- Гагарин А.С.* Как изменился Робофинист за 5 лет: рассказывают участники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/10/robofnist-5>>.
- Гагарина Д.А.* Ангел образовательной робототехники. Интервью с Павлом Баскиром // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/12/angel-obrazovatelnoj-robototexniki-intervyu-s-pavlom-baskirom/>>.
- Гагарина Д.А.* Всероссийские олимпиады роботов в Татарстане. Итоги трех лет // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/06/vse-rossijskie-olimpiady-robotov-v-tatarstane-itogi-trex-let>>.
- Гагарина Д.А.* Глобальный разрыв. О робототехнике и не только по мотивам EdCrunch 2016 // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/09/globalnyj-razryv-edcrunch-2016>>.
- Гагарина Д.А.* Если в школьной робототехнике сдвиги хорошие, то в студенческой — все печально. В Иннополисе прошло третье заседание общества образовательной робототехники // Занимательная робототехника. 14. <<http://edurobots.ru/2017/07/oor-3>>.
- Гагарина Д.А.* Как изменилась робототехника с LEGO® Education за 20 лет // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/11/20years>>.
- Гагарина Д.А.* Как построить лучшую лабораторию робототехники. Версия Евгения Магида // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/magid/>>.
- Гагарина Д.А.* Как стать робототехником? Интервью с Антоном Пыркиным, деканом факультета систем управления и робототехники ИТМО // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/06/itmo-robototexnika>>.
- Гагарина Д.А.* Конструкторы ТРИК стали частью инновационного проекта «Инженерная МетаЛаборатория» // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/03/konstruktory-trik-inzhenernaya-metalaboratoriya>>.

- Гагарина Д.А.* Одна Россия — две сборных. Постскрипtum про JuniorSkills в Абу-Даби // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/10/odna-rossiya-dve-sbornyx-postskriptum-pro-juniorskills-v-abu-dabi>>.
- Гагарина Д.А.* Первые под водой. Интервью с Сергеем Муном, директором единственного в России центра, обучающего школьников подводной робототехнике // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/11/sergej-mun-robototexnika>>.
- Гагарина Д.А.* Программирование и робототехника для девочек: уравнивать нельзя разделять // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/03/programmirovanie-i-robototexnika-dlya-devochek>>.
- Гагарина Д.А.* Робототехника в детском саду: зачем, сколько стоит и как проходят занятия // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/10/robototexnika-v-detskom-sadu>>.
- Гагарина Д.А.* Робототехника дает новую цель в жизни. Как проводятся занятия в центре им. Димы Рогачева // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/01/robototexnika-v-bolnice>>.
- Гагарина Д.А.* Робототехника для девочек: результаты опроса и немного размышлений // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/03/robototexnika-dlya-devochek-opros>>.
- Гагарина Д.А.* Робототехника для детей с особенностями развития: мнения экспертов // Занимательная робототехника. <<https://goo.gl/gc49TV>>.
- Гагарина Д.А.* Робототехника как побег в пионерское прошлое. Интервью с Дмитрием Алексеевым // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/11/robototexnika-dmitrii-alekseev>>.
- Гагарина Д.А.* Сверху или снизу? Домоводство, блокчейн или легороботы? Про уроки технологии на EdCrunch и Робофинисте // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/10/domovodstvo-blokchejn-ili-lego-roboty>>.
- Гагарина Д.А.* Что будет с ВРО? Чье будет WRO? // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/bitva-za-wro>>.
- Голодец предложила обсудить вопрос о включении робототехники в школьную программу // ТАСС. <<https://tass.ru/obschestvo/4662008>>.

Городской ресурсный центр дополнительного образования // ФМЛ № 239.
<<http://www.239.ru/robot/recentr>>.

ГОСТ Р ИСО 8373-2014 «Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения».

Девянин Евгений Андреевич // Летопись Московского университета.
<<http://letopis.msu.ru/peoples/2252>>.

Деловая программа Всероссийской робототехнической олимпиады. <<http://team-project.university.innopolis.ru/Robotics>>.

Дмитрий Ливанов поучаствовал в Кубке РТК // Занимательная робототехника.
<<http://edurobots.ru/2016/04/dmitrij-livanov-pouchastvoval-v-kubke-rtk>>.

Дни робототехники в Сочи: российский экзоскелет и другие новости первого дня // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2014/11/dni-robototexniki-v-sochi-rossijskij-ekzoskelet-i-drugie-novosti-pervogo-dnya>>.

За все хорошее и против всего плохого. В Иннополисе состоялось заседание общества образовательной робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/07/zasedanie-obshhestva-obrazovatelnoj-robototexniki>>.

Интеллектуальные робототехнические системы // Олимпиада НТИ. <<http://nti-contest.ru/profiles/irs>>.

Каталог кружков робототехники и ЦМИТ // Занимательная робототехника.
<<http://edurobots.ru/katalog-kruzhkov-robototexniki-search>>.

Кванториум г. Набережные Челны. <<http://kvantorium.ru/tehnopark/kvantorium>>.

Киселев М.М. Робототехника в примерах и задачах. Курс программирования механизмов и роботов. М.: Солон-пресс, 2019.

Конкурс проектных идей «Школьный урок технологии — 2035». <<https://leader-id.ru/specials/Technology2035>>.

Конференция «Робототехника и образование: школа, университет, производство» 2018. <<http://edurobots.ru/event/konf-2018-perm/>>.

Конференция «Современное технологическое обучение: от компьютера к роботу». <<http://www.239.ru/robot/konferenciya-sovremennoe-tehnologicheskoe-obuchenie-ot-kompyutera-k-robotu>>.

Концепция развития дополнительного образования детей. Распоряжение № 1726-р Правительства Российской Федерации от 4 сентября 2014 г. <<https://rg.ru/2014/09/08/obrazovanie-site-dok.html>>.

Кружки 2.0 Научно-технические кружки в экосистеме практики будущего. Инструкция по сборке / Авторы-составители: А. Федосеев, А. Андрюшков, Ю. Молодых, М. Рачинская, А. Коноваленко. М., 2018.

Летательные ИРС: автономные роботы-дроны на ВРО 2018 // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/drones-wro>>.

Ливанов потренировался в управлении роботом на конкурсе робототехники в Петербурге // ТАСС. <<https://tass.ru/nauka/3189268>>.

Лига Роботов — 100 секций робототехники в Москве и Московской области // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/kruzhok/liga-robotov-moskva>>.

Максимов В.В. Простые состязания тоже нужны детям. Василий Максимов об IYRC-2016 — международных соревнованиях по робототехнике // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/08/iyrc-robotics-2016-koreya>>.

МАСОР. <<https://masor.ru>>.

Международная ассоциация спортивной и образовательной робототехники. <<https://masor.ru>>.

Мухамедзянова Д. В робототехнике Россия отстает от развитых стран на 7–10 лет // Хайтек. <<https://hightech.fm/2017/03/21/robots-8>>.

Научно-популярный портал «Занимательная робототехника». <<http://edurobots.ru>>.

Научно-технический фестиваль молодежи «Мобильные роботы — 2005» // МГУ. Новости. <https://www.msu.ru/news/nauchno_tekhnicheskij_festival_molodezhi_mobilnye_roboty_2005.html>.

Национальная ассоциация участников рынка робототехники. <<http://www.robotunion.ru>>.

Начала инженерного образования в школе. <<http://nio.robostem.ru>>.

Нефедов В. Как настроить ПИД-регулятор для гоночного робота? // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2019/01/pid>>.

- О «Турнире двух столиц». <[т2с.рф/2018_autumn](http://t2c.pf/2018_autumn)>.
- О Балтийском научно-инженерном конкурсе. <<https://baltkonkurs.ru/features/features>>.
- О бизнес-проектах в сфере образования и подготовки квалифицированных кадров // Правительство Российской Федерации. <<http://government.ru/news/16553>>.
- О программе // Робототехника: инженерно-технические кадры инновационной России. <<http://russianrobotics.ru/about-the-program/general-information>>.
- О программе JuniorSkills <<https://worldskills.ru/final/nacziionalnyij-final/juniorskills.html>>.
- О программе ЮниорПрофи (JuniorSkills). <<http://юниор-профи.рф>>.
- О проекте Кванториум. <<https://www.roskvantorium.ru/kvantorium>>.
- О соревнованиях «Кубок РТК». <<http://cup.rtc.ru/index.php/o-kubke>>.
- О соревнованиях EUROBOT. <<http://www.eurobot-russia.org/main/eurobot-org>>.
- О фестивале Робофинист 2018. <<https://robofinist.ru/event/info/short/id/213>>.
- Об академии LEGO. <<http://legoacademy.ru/academy>>.
- Образовательная робототехника на Skolkovo Robotics Forum VI, 24 апреля 2018, Москва. <<http://edurobots.ru/event/edu-robotics-skolkovo-2018>>.
- Образовательный технопарк как новый формат обучения робототехнике // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/03/obrazovatelnyj-texnopark-kak-novyy-format-obucheniya-robototexnike>>.
- Овсяницкая Л.Ю., Овсяницкий Д.Н., Овсяницкий А.Д.* Алгоритмы и программы движения по линии робота Lego Mindstorms EV3. М.: Перо, 2015.
- Овсяницкая Л.Ю., Овсяницкий Д.Н., Овсяницкий А.Д.* Курс программирования робота Lego Mindstorms EV3 в среде EV3: основные подходы, практические примеры, секреты мастерства. Челябинск, 2014.
- Онлайн-курс «Основы робототехники» // Лекториум. <<https://www.lektoarium.tv/mooc2/26302>>.

- Онлайн-курс «Первый шаг в робототехнику» // Stepik. <<https://stepik.org/course/462/>>.
- Онлайн-курс «Строим роботов и другие устройства на Arduino. От светового до 3D-принтера» // Coursera. <<https://www.coursera.org/learn/roboty-arduino>>.
- Онлайн-курс «Управление мехатронными и робототехническими системами» // Открытое образование. <<https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/ROBCTR>>.
- Перечень олимпиад // Российский совет олимпиад школьников. <<http://rsr-olymp.ru>>.
- Подводная робототехника // Центр развития робототехники, Владивосток. <<https://robocenter.org/module/underwater>>.
- Поручения по итогам встречи с предпринимателями в сфере образования и подготовки квалифицированных кадров // Правительство Российской Федерации. <<http://government.ru/orders/selection/401/16608>>.
- Преподавание робототехники в кружке для детей 8-13 лет // Фоксфорд. <<https://foxford.ru/courses/672/landing>>.
- Приказ от 9 ноября 2018 года № 197 «Об утверждении перечня олимпиад и иных интеллектуальных и (или) творческих конкурсов, мероприятий, направленных на развитие интеллектуальных и творческих способностей, способностей к занятиям физической культурой и спортом, интереса к научной (научно-исследовательской), инженерно-технической, изобретательской, творческой, физкультурно-спортивной деятельности, а также на пропаганду научных знаний, творческих и спортивных достижений, на 2018/19 учебный год». <<https://docs.edu.gov.ru/document/1af5bb9e081755a62e3dd29125a54889>>.
- Программа «Вовлечение школьников в инновационную деятельность» // Фонд содействия инновациям. <<http://fasie.ru/programs/vovlechenie-molodezhi-v-innovatsionnuyu-deyatelnost.php>>.
- Профессия Робототехник (роботехник) // Поступи Онлайн. <<https://postupi-online/professiya/robototehnik-robotehnik>>.
- Профиль «Беспилотные авиационные системы» // Олимпиада НТИ. <<http://nti-contest.ru/profiles/aero/>>.

- РАОР Учебно-методический центр. <<http://фгос-игра.рф>>.
- Региональные этапы фестиваля «Робофинист». <<https://robofinist.ru/news/183>>.
- РобоАрт 2019. <<http://roboart.umi.ru>>.
- Робогик. <<http://www.robogeek.ru>>.
- Робот-бабочка — образовательная платформа для подготовки инженеров // Roboticum. <<http://robotics-spb.ru/education>>.
- Роботовед. <<http://robotoved.ru>>.
- Робототехника // ФМЛ 239. <<http://www.239.ru/robot>>.
- РобоФинист. <<https://robofinist.ru>>.
- Робофорум. <<http://roboforum.ru>>.
- Российская ассоциация образовательной робототехники. <<http://raor.ru>>.
- Российский этап международных соревнований Роботраффик и Роботраффик с техническим зрением. <<http://robot.tom.ru/traffic/news.html>>.
- Сбербанк поддержал чемпионат ЕВРОБОТ // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/03/sberbank-podderzhal-chempionat-evrobot>>.
- Семинар «Образовательная робототехника» в рамках 30-й Международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника» (ЭР-2019). <<http://er.rtc.ru/educational-robotics>>.
- Семь вузов страны создадут Центр робототехники на базе пермского «Промобота» // ТАСС. <<https://tass.ru/obschestvo/6038881>>.
- Серводроид. <<http://www.servodroid.ru>>.
- Симпозиум по образовательной робототехнике. <<https://robofinist.ru/event/info/pages/page/45/id/213>>.
- Статья 91 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ <http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/dda3cee5868d1739eb34ccd9e8a98085fa2c76e2>.
- Становимся преподавателями робототехники // GlobalLab. Глобальная школьная лаборатория. <https://globallab.org/ru/course/cover/robototekhnika_dlja_pedagogov.html#.XIOELsgzaUk>.

- Структура компетенций WorldSkills International // Агентство стратегических инициатив. <<https://asi.ru/staffing/worldskills>>.
- Тараната В.В., Салахова А.А., Красных А.В.* Конструируем роботов на LEGO MINDSTORMS Education EV3. Волшебная палочка: учебное пособие. М.: Лаборатория знаний, 2017.
- Трескова У.В.* «RoboCup — это познание, исследование, развитие». Евгений Шандаров об авторитетных соревнованиях, начинающих путь в России // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/03/robocup-shandarov>>.
- Трескова У.В.* Анатолий Шперх: «У меня не получается развивать инженерное мышление у ребенка 4-х лет» // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2019/01/shperh>>.
- Трескова У.В.* ВРО 2019 снова пройдет в Иннополисе // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/10/rro>>.
- Трескова У.В.* Обзор франшиз по открытию клубов робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/08/robofranchise>>.
- Трескова У.В.* Сергей Косаченко рассказал о пирамиде достижений школьников в образовательной робототехнике // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/03/school-robotics-progress>>.
- Трескова У.В., Гагарина Д.А.* Есть ли робототехника за МКАДом, и чем отличается Кванториум от Дома пионеров? // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/mmco-mkad>>.
- Трескова У.В., Гагарина Д.А.* Лицей, откуда учеников приходится выгонять по вечерам. Как живут и учатся в ТФТЛ // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/12/tftl-robotics>>.
- Трескова У.В., Гагарина Д.А.* Мария Салмина: Студенты, показавшие себя на Евробот, уже работают в крупных компаниях // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/12/salmina-eurobot>>.
- Трескова У.В., Гагарина Д.А.* Нужна ли робототехника в школе? Мнение экспертов и читателей // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/robototexnika-v-shkole>>.
- Трескова У.В., Гагарина Д.А.* Реабилитационная робототехника: разбор кейсов // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/06/reabilitacionnaya-robototexnika>>.

- Трескова У.В., Гагарина Д.А.* Элитные или массовые? Олимпиады или конкурсы? Обсуждаем соревновательную робототехнику // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/competitive-robotics>>.
- Турнир молодых профессионалов «ТеМП» // Росатом. <<https://rosatom.ru/career/obrazovanie/turnir-molodykh-professionalov-temp>>.
- Условия членства // Национальная ассоциация участников рынка робототехники. <<http://www.robotunion.ru/ru/assotsiatsiya/usloviya-chlenstva>>.
- Фгос-игра.рф. <<http://Фгос-игра.рф>>.
- Федеральная сеть детских технопарков Кванториум. <<https://www.roskvantorium.ru>>.
- Филиппов С.А.* Робототехника для детей и родителей. Спб.: Наука, 2013.
- Филиппов С.А.* Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лаборатория знаний, 2018.
- ФОДО «Образ», федеральная сеть Лига роботов. <<http://obraz.pro>>.
- Христолюбов С.А.* Кружок технического творчества как бизнес: история Академии Робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/12/kruzhok-texnicheskogo-tvorchestva-kak-biznes-istoriya-akademii-robototexniki>>.
- Центр образовательной робототехники «РобоПолигон» в Омске // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/kruzhok/centr-obrazovatelnoj-robototexniki-robopoligon-v-omske>>.
- Чехлова А.В., Якушкин П.А.* Конструкторы LEGO ДАКТА в курсе информационных технологий. Введение в робототехнику. М.: ИНТ, 2001.
- Шевченко Ю.* Что такое инженерное мышление // Занимательная робототехника. 22.10.2018. <<http://edurobots.ru/2018/10/as-engineer>>.
- Шесть новых концепций учебных предметов и предметных областей утвердили члены Коллегии Минпросвещения России. <<https://edu.gov.ru/press/942/shest-novyh-konceptiy-uchebnyh-predmetov-i-predmetnyh-oblastey-utverdili-chleny-kollegii-minprosvescheniya-rossii/>>.
- Школа преподавателей Лиги Роботов в Краснодаре // Лига роботов. <<http://obraz.pro/sk>>.

Школьный урок технологии будет модернизирован под задачи НТИ // АСИ.
<<https://asi.ru/news/56789>>.

Шматко Н.А., Волкова Г.Л. Востребованные и перспективные компетенции в области робототехники // Наука, технологии, инновации. № 63. <<https://issek.hse.ru/news/208042519.html>>.

10th International Conference on Robotics in Education (RiE). <<http://rie2019.info>>.

3rd International Workshop Teaching Robotics Teaching with Robotics Integrating Robotics in School Curriculumю <<http://www.terecop.eu/TRTWR2012.htm>>.

7th International Conference on Robotics in Education (RiE). <<http://rie2016.info>>.

8th International Conference on Robotics in Education (RiE). <<http://rie2017.info>>.

9th International Conference on Robotics in Education (RiE). <<http://rie2018.info>>.

A Roadmap for U.S. Robotics from Internet to Robotics. 2013 Edition.

Angel-Fernandez J. M., Vincze M. Towards a Formal Definition of Educational Robotics // Proceedings of the Austrian Robotics Workshop 2018. Innsbruck university press, 2018. DOI: 10.15203/3187-22-1-08.

Angel-Fernandez J. M., Lammer L., Kynigos C., Gueorguiev I., Varbanov P., Lepuschitz W., Duca A., Pullicino J., Grizioti M., Nikitopoulou S., Girvan C., Vrba P. Best practice and requirements. TU Wien, University of Athens, ESI, Cardiff University, AcrossLimits and Certicos, Deliverable, 2016.

Arduino-проекты. <<http://arduino-projects.ru>>.

Contia D., Cirasab C., Nuovob S. D., Nuovoa A.D. "Robot, tell me a tale!": A Social Robot as tool for Teachers in Kindergarten // Interaction Studies, January, 2019. <https://www.researchgate.net/profile/Daniela_Conti2/publication/330442522_Robot_tell_me_a_tale_A_Social_Robot_as_tool_for_Teachers_in_Kindergarten/links/5c406da0a6fdccd6b5b346c5/Robot-tell-me-a-tale-A-Social-Robot-as-tool-for-Teachers-in-Kindergarten.pdf>.

EduRobotics 2016. International Conference Educational Robotics in the Makers Era. <<http://edurobotics2016.edumotiva.eu>>.

EduRobotics 2018. International Conference Educational Robotics in the Makers Era. <<http://edurobotics2018.edumotiva.eu>>.

- ER4STEM. The Educational Robotics Repository. <<https://repository.er4stem.com>>.
- Esposito J.M.* The State of Robotics Education: Proposed Goals for Positively Transforming Robotics Education at Postsecondary Institutions // IEEE Robotics & Automation Magazine. 2017. Vol. 24. № 3. P. 157–164. doi: 10.1109/MRA.2016.2636375.
- FIRSTTech Challenge Game. Manual. Part 1. 2018-2019. <<https://goo.gl/hv5DXz>>.
- Henn S.* When Women Stopped Coding // NPR. <<https://www.npr.org/sections/money/2014/10/21/357629765/when-women-stopped-coding>>.
- ISO 8373:2012 Robots and robotic devices <<https://www.iso.org/standard/55890.html>>.
- Jung S.E., Won E.* Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children // Sustainability. 2018. № 10(4), 905. <<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/905>>.
- Lego, Fischertechnik, ТРИК или Амперка: сравнение и обзор робототехнических конструкторов // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/lego-fischertechnik-trik-ili-amperka-sravnienie-robototexnicheskix-platfom>>.
- legoteacher.ru <<https://legoteacher.ru>>.
- Liritzis I.* STEMAC (Science, Technology, Engineering, Mathematics for Arts & Culture): The Emergence of a New Pedagogical Discipline // Scientific Culture. 2018. Vol. 4. № 2. P. 73–76.
- MyRobot. <<http://myrobot.ru>>.
- National Girls Collaborative Project <<https://ngcproject.org/about-ngcp>>.
- Odense Robotics. <<https://www.odenserobotics.dk>>.
- Open Computer Vision. <<https://opencv.org>>.
- Ramaley J.A.* The national perspective: Fostering the enhancement of STEM undergraduate education // New Directions for Teaching and Learning. 2009. № 117. Pp. 69–81. doi:10.1002/tl.345.
- Rising Above The Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future. National Academy of Engineering, 2007.

Robocraft. <<http://robocraft.ru>>.

RoboFob. <<http://robofob.ru>>.

Robohunter. <<https://robo-hunter.com>>.

Robotics in Education. Research and Practices for Robotics in STEM Education / Eds. Merdan M., Lepuschitz W., Koppensteiner G., Balogh R. // Advances in Intelligent Systems and Computing book series. Vol. 457. 2017.

Robotics in Education: Methods and Applications for Teaching and Learning / Eds. Lepuschitz W., Merdan M., Koppensteiner G., Balogh R., Obdržálek D. // Advances in Intelligent Systems and Computing book series. Vol. 829. 2019.

Roboting. <<http://roboting.ru>>.

Role models matter: Female instructors can help close the gender gap in STEM // Coursera Blog. 08.03.2017. <<https://blog.coursera.org/role-models-matter-female-instructors-can-help-close-gender-gap-stem>>.

Schiffer S., Ferrein A. ERIKA — Early Robotics Introduction at Kindergarten Age // RWTH Aachen University, 2018. <<https://www.mdpi.com/2414-4088/2/4/64>>.

SDU Robotics // SDU. <https://www.sdu.dk/en/om_sdu/institutter_centre/sdurobotics>.

Sullivan A., Kazakoff E.R., Bers M.U. The Wheels on the Bot go Round and Round: Robotics Curriculum in Pre-Kindergarten // Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice. 2013. № 12. P. 203–219. <<http://www.jite.org/documents/Vol12/JITEv12IIPp203-219Sullivan1257.pdf>>.

Watson A.D., Watson G.H. Transitioning STEM to STEAM: Reformation of Engineering Education // Journal for Quality and Participation. 2013. Vol. 36. № 3. P. 1–5.

РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ: ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ

Гагарина Динара Амировна

кандидат педагогических наук, декан социально-гуманитарного факультета пермского филиала Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Email: dagagarina@hse.ru

Косарецкий Сергей Геннадьевич

директор Центра общего и дополнительного образования им. А.А.Пинского Института образования Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Email: skosaretski@hse.ru

Гагарин Александр Сергеевич

сооснователь и руководитель научно-популярного портала «Занимательная робототехника» (edurobots.ru).

Email: mail@edurobots.ru

Гошин Михаил Евгеньевич

научный сотрудник Центра общего и дополнительного образования им. А.А. Пинского Института образования Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Email: mgoshin@hse.ru

Аннотация. В книге представлен анализ развития образования в области робототехники в России с середины 90-х годов XX века и характеристика его современного состояния.

Обобщаются результаты многолетней работы, включавшей интервью с экспертами, опросы, посещение организаций, соревнований и конференций, изучение нормативной базы, политических документов, образовательных программ.

Собранные материалы охватывают все уровни образования и затрагивают широкий круг вопросов: структуру сектора, политику государства, конкурсы и соревнования, методическое и кадровое обеспечение, доступность для различных категорий детей и др.

В книге даны доказательные оценки развития сектора в масштабе страны, изменений в его ландшафте и политике государства, определены драйверы и барьеры развития. Книга публикуется в двух частях. В первой рассматриваются понятийный аппарат, история направления, кадровое и методическое обеспечение сектора, соревнования и конкурсы по робототехнике. Во второй описываются направления образовательной робототехники на разных уровнях образования.

Книга адресована профессиональному сообществу сектора образовательной робототехники, управленцам, методистам и педагогам всех уровней образования.

Ключевые слова: робототехника, инженерное образование, STEM.

ROBOTICS IN RUSSIA: EDUCATIONAL LANDSCAPE

Gagarina Dinara

candidate of Pedagogical Sciences, Dean of the Faculty of Social Sciences and Humanities at the Perm Campus of National Research University Higher School of Economics.

Email: dagagarina@hse.ru

Kosaretsky Sergey

Director at Pinsky Centre of General and Extracurricular Education, Institute of Education, National Research University Higher School of Economics.

Email: skosaretski@hse.ru

Gagarin Alexander

co-founder and head of the popular science portal “Entertaining Robotics” (edurobots.ru).

Email: mail@edurobots.ru

Goshin Mikhail

researcher at Pinsky Centre of General and Extracurricular Education, Institute of Education, National Research University Higher School of Economics.

Email: mgoshin@hse.ru

Abstract. The book presents the first-of-its-kind analysis focuses on the development of robotics education in in Russia since the mid-90s of the 20th century and its current state’s characteristic.

It also summarizes the results of many years of work included expert interviews, surveys, visits to organizations, competitions and conferences, the study of the regulatory framework, policy documents and educational programs.

The collected materials cover all levels of education and a wide range of issues: the sector’s structure, state policy, contests and competitions, methodological and staffing, accessibility for different categories of children, etc.

There is an evidence-based country assessment of the sector’s development, landscape and state policy changes, it has been also identified the development drivers and barriers and highlighted the features of the situation in different directions.

The current study shows that robotics has become not only the subject of direct learning, but it is also a medium of instruction in teaching other disciplines and

the tool for the high-order skills development, it strongly provides the children and adolescents' motivation and career guidance including disables. At the same time, the sustainable models of content and staffing, coordination mechanisms have not been formed yet despite of the robotics leading positions as a sector of education development, its attracting public interest and involving various stakeholders.

The book is published in two parts. The first one includes the conceptual framework, the sector's history, its staffing and methodological support, competitions in robotics. The second part discusses the levels and directions of educational robotics.

The publication is addressed to professional community of the educational robotics sector, managers and teachers of all education levels.

Keywords: robotics, engineering education, STEM.

Один из сильнейших университетов страны приглашает на бюджетные места

Институт образования НИУ ВШЭ предоставляет уникальную возможность для профессионального развития и карьерного роста. Образовательные программы построены с учетом научных разработок и изменений в законодательстве. Среди преподавателей — ведущие российские и зарубежные ученые, признанные эксперты-практики российского образования.

МАГИСТЕРСКИЕ ПРОГРАММЫ

Для специалистов по образовательной политике:

- **«Доказательная образовательная политика»**
Академический руководитель — П.С. Сорокин

Для специалистов по измерениям:

- **«Измерения в психологии и образовании»**
Научный руководитель — В.А. Болотов
Академический руководитель — И.В. Антипкина

Для учителей-исследователей:

- **«Педагогическое образование»**
Академический руководитель — О.Д. Федоров

Для управленцев и экспертов-аналитиков:

- **«Экономика и управление образованием»**
Академический руководитель — Савелёнок Е.А.

Период обучения: 2 года

Форма обучения: очная

Для учителей, которые хотят обновить предметное знание и стать конструкторами новых учебных материалов:

- **«Современная политическая наука в преподавании обществознания в школе»** — для учителей обществознания и истории
Академический руководитель — И.Б. Орлов
- **«Современная историческая наука в преподавании истории в школе»** — для учителей истории и смежных дисциплин
Академический руководитель — И.Н. Данилевский
- **«Современная филология в преподавании литературы в школе»** — для учителей русского языка и литературы
Академические руководители — К.М. Поливанов, Е.С. Абелюк

Для руководителей образования, которые стремятся понимать, что и как делать, чтобы развивать свой объект управления:

■ **«Управление образованием»** — для директоров и завучей школ, специалистов органов управления образованием

Академический руководитель — А.Г. Каспржак

■ **«Управление в высшем образовании»** — для руководителей и экспертов-аналитиков высшего образования

Академический руководитель — К.В. Зиньковский

Период обучения: 2,5 года

Форма обучения: очно-заочная

Обучение осуществляется как бесплатно на бюджетной основе, так и с оплатой на договорной основе. Работникам государственных и муниципальных бюджетных учреждений социальной сферы предоставляется 50-процентная скидка на обучение.

Департамент образовательных программ Института образования НИУ ВШЭ:

<https://ioe.hse.ru/masters>

Тел.: 8 (495) 772-95-90 (внутренний 22052)

Моб. тел.: 8 (916) 335-15-58

АСПИРАНТСКАЯ ШКОЛА ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Институт образования НИУ ВШЭ приглашает к поступлению в уникальную для России Аспирантскую школу по образованию. Школа объединяет всех, кто хочет заниматься практическими и фундаментальными исследованиями в образовании, не ограничиваясь рамками традиционной педагогики. Поэтому, помимо тех, кто уже получил педагогическое образование, аспирантура ориентирована на выпускников социальных, гуманитарных, экономических и других специальностей.

Преимущества программы:

- ✓ Практика исследований и возможность трудоустройства с первых дней
- ✓ Степень кандидата наук НИУ ВШЭ об образовании / PhD HSE in Education
- ✓ Междисциплинарная подготовка
- ✓ Зарубежные стажировки по теме исследования
- ✓ Участие в совместных проектах с лидерами мировых рейтингов: Бостонским колледжем, Стэнфордским университетом, Гарвардским университетом, Университетским колледжем Лондона и др.
- ✓ Доступ к уникальным данным международных и российских исследований из баз PISA, TIMSS, TALIS, SERU, iPIPS, PIAAC, МЭО
- ✓ Регулярные презентации новых исследований в сфере образования
- ✓ Доступ ко всем образовательным ресурсам Высшей школы экономики

Школа предлагает две формы обучения:

Академическая аспирантура — для тех, кто хочет полностью сфокусироваться на развитии научной карьеры. Это очная аспирантура «полного дня» с обязательным включением в работу профильного для вас центра Института образования и обязательной стажировкой в зарубежном вузе-партнере. Аспиранты получают стипендию и зарплату аналитика или стажера-исследователя в выбранном центре.

Профессиональная аспирантура — для тех, кто уже нашел себя в бизнес- и управленческих структурах сферы образования. Эта очная программа дает возможность совмещать обучение с занятостью вне стен Института.

Как поступить?

По конкурсу портфолио. Набор проходит два раза в год: с декабря по март и с августа по сентябрь. До подачи документов необходимо выбрать будущего научного руководителя и обсудить тему исследования, подготовить и согласовать его план-проект.

Обучение бесплатное — три года. Иногородним предоставляется общежитие.

Аспирантская школа по образованию:

<https://aspirantura.hse.ru/ed>

Тел.: 8 (495) 772-950-90 (внутренний 22714)

Лицензия на осуществление образовательной деятельности № 2593 от 24.05.2017.
Свидетельство о государственной аккредитации № 1820 от 30.03.2016.

На все вопросы о поступлении и обучении ответит академический директор Аспирантской школы Терентьев Евгений Андреевич:

E-mail: eterentev@hse.ru,

моб. тел.: +7(985) 386- 63-49.

Научное издание

Серия
Современная аналитика образования

№ 6 (28)

**РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ:
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ**

Часть 2

Редактор: *И. Гумерова*
Компьютерная верстка: *Н. Пузанова*

Подписано в печать 23.09.2019. Формат 60×84 1/16
Усл.-печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,12. Тираж 200 экз.

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
Тел./факс: (499) 611-15-52

Институт образования
101000, Москва, Потаповский пер., д. 16, стр. 10
Тел./факс: (499) 772-95-90*22235
ioe@hse.ru

ISSN 2500-0608



9 772500 060006



>