

ISSN 2500-0608



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ: ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ

Часть 1

Современная аналитика образования

№ 6(27)

2019



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ОБРАЗОВАНИЯ

**РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ:
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ**

Часть 1

Серия
Современная аналитика
образования

№ 6 (27)



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, А.С. Гагарин

Под редакцией:

Д.А. Гагариной, С.Г. Косарецкого

Г 12 **Робототехника** в России: образовательный ландшафт. Часть 1 / Д. А. Гагарина, А. С. Гагарин; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. — М.: НИУ ВШЭ, 2019. — 108 с. — 200 экз. — (Современная аналитика образования. № 6 (27)).

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: Georgjjevic

Содержание

Введение	5
1. Робототехника в образовании: вводные замечания и понятийный аппарат.	9
Термин «робот»	9
Термин «образовательная робототехника»	11
Термины «инженерное мышление» и «инженерное образование»	14
Термины «STEM», «STEAM», «STREAM», «STEMAC»	15
Конференции по образовательной робототехнике	17
2. Развитие образовательной робототехники в России: этапы и драйверы.	20
Становление образовательной робототехники в России	20
1990-е годы: начало	20
2000-е годы: Lego и появление школьной робототехники	21
2008–2014 гг.: программа «Робототехника», WRO в России и массовизация направления	25
Середина 2010-х годов – настоящее время: развитие робототехники в условиях реализации Национальной технологической инициативы	27
Драйверы развития робототехники в образовании	30
Производители оборудования	31
Профессиональные ассоциации и сообщества	33
Государственная политика	35
Технологические компании и бизнес	42
Региональный ландшафт	44
Профильные медиа	50

3. Кадровое и методическое обеспечение образовательной робототехники	57
Портрет педагога робототехники	57
Подготовка преподавателей	63
Учебно-методическая литература	65
4. Соревнования и конкурсы по робототехнике	70
Типы и задачи соревнований. Соревновательная и спортивная робототехника	70
Обзор соревнований	73
Фестиваль «РобоФест»	73
Всероссийская робототехническая олимпиада и World Robot Olympiad	74
Олимпиада НТИ	75
WorldSkills и JuniorSkills	77
Соревнования RoboCup	78
Соревнования EUROBOT	78
Фестиваль «Робофинист»	80
Фестиваль «ДЕТалька»	80
«Роботраффик-Технион»	81
Турнир двух столиц	82
Кубок РТК	82
Балтийский научно-инженерный конкурс	83
Эксперты, упоминаемые в исследовании	83
Эксперты, с которыми проведены интервью в рамках исследования	75
Эксперты, комментарии и интервью с которыми ранее были опубликованы на сайте «Занимательная робототехника» и использованы в исследовании:	76
Литература и источники	79

Введение

Образовательная робототехника пришла в Россию более 20 лет назад. При этом пик интереса к ней обозначился в последние два-три года: мы видим стремительный рост числа кружков и разнообразия направлений, расцвет системы соревнований. Несмотря на острые дискуссии внутри профессионального сообщества о задачах и содержании, достижениях и проблемах робототехники, можно утверждать, что образование в этой области в целом сложилось по своим формам, уровням и направлениям. Поэтому прежде чем двигаться дальше, можно и важно подвести определенную черту.

Предлагаемое издание содержит результаты исследования развития образования в области робототехники в России с середины 90-х годов XX века и до наших дней. Показывая его современное состояние, мы стремились представить как комплексную картину, так и отдельные срезы по наиболее значимым аспектам: уровням образования, направлениям обучения, регионам и др.

Книга стала результатом нескольких лет работы Научно-образовательного портала «Занимательная робототехника». Эта работа включала изучение законодательной базы, стандартов и регламентов, образовательных программ, имеющейся учебно-методической литературы, интервью с лидерами практик и экспертами.

Ценные материалы получены в рамках проводившегося Порталом в течение четырех лет мониторинга кружков робототехники. Он позволил выявить динамику направления в наиболее активный период развития. Конечно, мы не только смотрели со стороны и беседовали, но посетили десятки образовательных центров, участвовали в соревнованиях (как наблюдатели и судьи), организовывали дискуссии (включая специальный трек в рамках ММСО 2018) и даже профильную конференцию. Часть результатов (данные, кейсы), вошедших в издание, были ранее опубликованы на портале «Занимательная робототехника» (в этих случаях текст содержит отсылки на соответствующие расширенные описания).

Завершающая стадия исследования прилась на вторую половину 2018 — начало 2019 года и реализована в сотрудничестве с Институтом образования Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». На этом этапе проведены три волны опросов. Первая

волна была направлена на изучение отношения сообщества к введению робототехники в школьную программу и охватила 446 человек. Вторая волна имела целью оценку состояния образовательной робототехники с точки зрения содержания, методик и форм обучения. В ней приняли участие 230 человек, в том числе педагоги робототехники, студенты и школьники, изучающие робототехнику, их родители. Третья волна включала опрос 80 руководителей организаций дополнительного образования в области программирования, робототехники, работы с цифровыми медиа и более 500 родителей, чьи дети посещают занятия по этим направлениям; а также примерно 30 интервью с родителями, педагогами и экспертами из разных регионов. В рамках опроса руководителей изучались различные аспекты работы организаций неформального образования, в том числе целевая аудитория, реализуемые образовательные программы, бизнес-модели, конкуренция на рынке, государственная поддержка. Материалы опроса и интервью с родителями позволили описать запросы, стратегии, связанные с занятиями робототехникой, составить портрет участников программ (возраст, гендер и др.).

Исследование публикуется в двух частях и содержит восемь глав.

В первой главе рассмотрен понятийный аппарат и специфика его использования разными представителями сообщества. Вторая глава посвящена 25-летней истории образовательной робототехники в России. Эта глава не могла бы состояться без Максима Васильева, Андрея Гурьева и Алексея Корнилова, которые были активными участниками событий, поделились воспоминаниями и дали оценку происходящему. В этой главе мы последовательно рассказали о тех, кто в наибольшей степени влиял и влияет на развитие отрасли — о производителях, профессиональных ассоциациях, образовательных учреждениях. Здесь же проанализирована государственная политика и представлен региональный срез образовательной робототехники, особо ценными для анализа которого стали мнения Галины Брусницыной, Артема Зерминова, Сергея Косаченко, Павла Кренделя, Валентины Любимовой, Сергея Муна, Дмитрия Овсяницкого, Марины Шейной и других преподавателей из регионов России.

В третьей главе мы остановились на кадровом и методическом обеспечении образовательной робототехники. Здесь приведены результаты опросов преподавателей робототехники, затрагивающие вопросы подготовки и переподготовки, рассмотрены существующие учебно-методические материалы.

Четвертая глава посвящена робототехническим соревнованиям. В ней выделены их типы и дана характеристика существующих олимпиад, конкурсов и фестивалей. Эта глава не могла бы состояться без экспертного знания Альберта Ефимова, Александра Колотова, Ивана Лихоперского, Евгения Шандарова.

Во второй части исследования рассматриваются разные уровни и направления обучения робототехнике.

В пятой и шестой главах показаны организационные и методические особенности обучения робототехнике в дошкольном образовании, школе и дополнительном образовании; специальное внимание уделено вопросам выбора семьями занятий робототехникой и особенностям занимающихся детей. Седьмая глава посвящена реабилитационной робототехнике; описан опыт ее использования в работе с детьми, находящимися на длительном стационарном лечении, и детьми с ограниченными возможностями здоровья (в том числе с ментальными нарушениями, нарушениями зрения); рассмотрены возможности социализации, профориентации, мотивации через робототехнику. Содержание этих глав в значительной мере определилось, помимо результатов анкетирования, нашими разговорами и наблюдениями за работой Павла Баскира, Татьяны Дубоенко, Владимира Колпакова, Елены Кузнецовой, Юлии Нацкевич, Андрея Рожкова, Александра Старикова, Сергея Филиппова.

Восьмая глава рассматривает профессиональное образование по робототехнике и включает анализ соответствующих направлений обучения в учреждениях высшего и среднего профессионального образования, в числе кейсы ИТМО и Казанского федерального университета. Мы благодарны Евгению Магиду, Антону Пыркину и Роману Усатову-Ширяеву за экспертное мнение, имеющее особое значение для содержания этой главы.

Мы благодарны всем тем, кто на протяжении более 20 лет развивали робототехническое образование в России — разрабатывали и адаптировали методики, открывали центры, писали учебные пособия, организовывали соревнования, форумы и конкурсы, учили и учились. Без вас это исследование не имело бы смысла.

Мы благодарны всем тем, кто делились с нами информацией, рассказывали о достижениях и проблемах, отвечали на вопросы анкет. Каждое ваше мнение было важно, и благодаря вам это исследование состоялось. Далеко не полный список экспертов приведен в Приложении.

Мы благодарны Институту образования и Центру внутреннего мониторинга Высшей школы экономики и лично Ивану Груздеву, Лидии Камаль-

диновой, участвовавшим в организации опроса, а также редакции портала «Занимательная робототехника» и лично Ульяне Тресковой за помощь в проведении исследования.

Мы благодарны нашим рецензентам — Илье Коршунову, Сергею Косаченко, а также Роману Усатову-Ширяеву за внимательное прочтение первого варианта рукописи, ценные замечания и рекомендации, которые мы постарались учесть в итоговом тексте.

1. Робототехника в образовании: вводные замечания и понятийный аппарат

Образовательная робототехника — относительно новая и активно развивающаяся область. Поэтому определения понятий «робот», «робототехника» и других, границы их использования являются предметом дискуссий. Остро стоит вопрос и в части самоопределения «образовательной робототехники» относительно близких по целям и подходам областей практики, например, «инженерного образования» и STEM.

Дискуссии о том, что такое робот и есть ли разница между робототехническим образованием и образовательной робототехникой, являются традиционными для профильных онлайн- и оффлайн-площадок. Ситуация осложняется тем, что и робототехника, и образование одновременно и стремительно меняются.

Термин «робот»

Определение робота и связанных с ним понятий дается в стандартах ГОСТ Р ИСО 8373-2014 «Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения»¹ и в соответствующем международном стандарте ISO 8373:2012 «Robots and robotic devices — Vocabulary»²: «Робот (robot) — приводной механизм, программируемый по двум и более осям, имеющий некоторую степень автономности, движущийся внутри своей рабочей среды и выполняющий задачи по предназначению», где «Автономность — способность выполнять задачи по предназначению, основанная на текущем состоянии изделия и особенностях считывания данных без вмешательства человека». Там же дается определение робототехники: «Робототехника (robotics) — наука и практика разработки, производства и применения роботов».

Есть и другие определения роботов. Так, Лаборатория робототехники Сбербанка предлагает³ функциональное определение робота как устройства, объединенного тремя одновременно выполняемыми свойствами:

¹ ГОСТ Р ИСО 8373-2014 «Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения».

² ISO 8373:2012 Robots and robotic devices. <<https://www.iso.org/standard/55890.html>>.

³ Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанка, 2018.

- sense: устройство чувствует окружающий мир или его элементы, используя сенсоры;
- think: устройство понимает, обрабатывает информацию о внешнем мире, создавая и адаптируя модель окружающего мира и своего поведения;
- act: устройство действует, изменяя окружающий мир в соответствии с моделью своего поведения.

По предназначению роботы делятся на промышленных и обслуживающих (сервисных) роботов, которые дальше разделяются на роботов для персонального и профессионального использования. Образовательные роботы относятся, как правило, к сервисным персональным роботам. Эта классификация прописана в указанном ранее стандарте, но более детально проработана и активно используется Международной федерацией робототехники (IFR).

Несмотря на наличие разработанного (пусть и не устоявшегося) понятийного аппарата и классификаций, ни один из изученных нами регламентов робототехнических соревнований или программ обучения робототехнике не ссылается на указанные стандарты или документы профильных ассоциаций и федераций. Организаторы соревнований и составители регламентов обычно вообще уходят от определения робота, задавая задачу, которую робот должен выполнить, и фиксируя ограничения на конструкцию: размеры, используемые механические элементы, двигатели, контроллеры и т. д.

Так, в регламенте международных соревнований FIRST Tech Challenge указано⁴: «Робот — любой механизм, прошедший проверку и выставленный командой на игровое поле до начала матча. Чтобы быть легитимным, робот должен соблюдать правила...».

Редким и даже уникальным примером регламента, в котором дается определение робота, является одна из категорий международного фестиваля «РобоФинист», проходящего ежегодно в Санкт-Петербурге и организуемого Благотворительным фондом «Финист» и ФМЛ № 239⁵: «Робот — это автоматическое устройство с обратной связью, действующее по заложенной в него программе. Робот способен самостоятельно взаимодействовать с окружающей средой и обладает искусственным интеллектом или его зачатками. Робот обладает тремя основными составляющими: механической,

⁴ FIRST Tech Challenge Game. Manual. Part 1. 2018–2019. <<https://goo.gl/hV5DXz>>.

⁵ РобоФинист. Регламент соревнований «Свободная творческая категория». Версия 1.5 от 4 октября 2018 г.: <<https://goo.gl/jH1sJ3>>.

электронной, программной, каждая из которых играет существенную роль в его работе».

В целом использование терминов *робот* и *робототехника* в обучении или на соревнованиях основывается сегодня на интуитивном понимании.

Робототехника становится не только инструментом и целью обучения, но и важным инструментом социализации и решения некоторых социальных проблем в обществе. В западной научной и педагогической литературе наряду с обучением робототехнике традиционно рассматривается использование социальных роботов для лекций и вовлечения детей в обучающие игры. Так, в Германии описан опыт применения человекоподобного робота Pepper с его возможностями синтеза речи для презентации дошкольникам лекции по робототехнике. После лекции была организована викторина, для реализации интерактивного сценария использованы дополнительные роботы из конструкторов Lego Mindstorms EV3. Это одна из немногих попыток использования такого робота как Pepper для обучения детей дошкольного возраста⁶. Похожий проект представлен в Италии, где человекоподобного робота NAO, рассказывающего сказки, использовали в качестве интерактивного учителя для дошкольников. Исследование показало, что в некоторых случаях эффективность робота сопоставима с эффективностью рассказчика-человека⁷.

В России использование социальных роботов в образовании на сегодняшний день практически не представлено. Однако обучение робототехнике может способствовать решению ряда социальных проблем, например, вовлекать девочек в занятия инженерией и математикой (подробнее — в главе 6 второй части книги), или иметь выраженный эффект социализации и реабилитации (глава 7).

Термин «образовательная робототехника»

В отличие от других областей, за образованием в области робототехники закрепилось словосочетание *образовательная робототехника*. По-

⁶ Schiffer S., Ferrein A. ERIKA — Early Robotics Introduction at Kindergarten Age // RWTH Aachen University, 2018. <<https://www.mdpi.com/2414-4088/2/4/64>>.

⁷ 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>.

сколько мы не используем словосочетания *образовательная физика*, *образовательное рисование* или *образовательная литература*, то возникает закономерный вопрос о причинах устоявшегося употребления термина и его отличии от словосочетания *робототехническое образование*. Интервью с преподавателями и экспертами и наш личный опыт позволяют выделить три причины:

1) «образовательность» в названии направления имеет целью его отделение от робототехники как отрасли науки и производства;

2) образовательная робототехника использует робототехнику преимущественно как инструмент, а не как цель обучения;

3) образовательная робототехника ориентирована на дошкольный и школьный возраст, робототехническое образование — на профессиональное образование в колледжах и вузах.

Приведем для иллюстрации несколько ответов из взятых нами интервью.

Ольга Ефимова, эксперт-практик в области робототехнических образовательных наборов для младшего возраста: *«Образовательная робототехника — это про «образование с помощью роботов», и это может быть все, что угодно: чтение, английский, математика, логика, алгоритмы, физика, механика или конструирование»*⁸.

Николай Колегов, преподаватель робототехники для детей школьного возраста, считает, что образовательную робототехнику стоит отделять от хобби и развлечения: *«Даже с учетом игровой формы для нас важен результат, развитие определенных навыков, которые в дальнейшем пригодятся ребенку в жизни»*⁹.

Роман Шин, представитель сферы разработки программного обеспечения: *«Думаю, что образовательная робототехника больше всего направлена на развитие интереса к робототехнической отрасли у обучаемого, а робототехническое образование направлено на подготовку квалифицированных кадров для робототехнической отрасли»*¹⁰.

Иван Кречетов, сооснователь компании Kleiber bionics, занимающейся разработкой multifunctional бионических протезов, полагает, что образовательная робототехника и робототехническое образование отличаются

⁸ Занимательная робототехника. Страница в Facebook. Запись от 05.11.2018. <<https://goo.gl/5Ei9Kr>>.

⁹ Там же.

¹⁰ Занимательная робототехника. Страница ВКонтакте. Запись от 05.11.2018. <https://vk.com/edurobots?w=wall-68151800_10300>.

ся «возрастом и опытом обучающихся», считая, что «термин образовательная робототехника больше для хайпа и завлечения масс» и правильнее его называть чем-то вроде «конструктор с элементами программирования»¹¹.

В качестве контрпримера к большинству объяснений разницы терминов можно привести практически любой школьный предмет. Так, образование по математике отличается от математической науки, целью изучения математики в школе не является подготовка профессионального математика, а школьная математика помимо формирования знаний по математике является и инструментом формирования ряда личных и метапредметных компетенций, — тем не менее мы не используем словосочетание *образовательная математика*. Таким образом, использование термина *образовательная робототехника* во многом вызвано историческими причинами («так сложилось»).

Термин *educational robotics*, буквальным переводом которого является *образовательная робототехника*, активно используется и в англоязычной литературе. Его трактовка в целом совпадает с русскоязычным аналогом. Так, англоязычная Википедия определяет образовательную робототехнику как «обучение проектированию, анализу, применению и эксплуатации роботов», а также использование робототехники, чтобы «мотивировать и облегчить обучение другим, часто фундаментальным, темам, таким как программирование, искусственный интеллект или инженерное проектирование»¹².

В 2015–2018 гг. Технический университет Вены координировал крупномасштабный проект «Educational Robotics for STEM» («Образовательная робототехника для STEM»), поддержанный программой «Горизонт 2020» (Horizon 2020) — Восьмой рамочной программой Европейского Союза по развитию научных исследований и технологий. Анализируя работы по данной теме за 20 лет, участники проекта «Educational Robotics for STEM» показывают, что четкого определения «образовательной робототехники» нет, при этом робототехника упоминается многими исследователями как технология со значительным потенциалом для образования, что слова «робототехника» и «образование» все чаще встречаются в публикациях рядом, частота упоминаний словосочетания «образовательная робототехни-

¹¹ Занимательная робототехника. Страница в Facebook. Запись от 05.11.2018. <<https://goo.gl/5Ei9Kr>>.

¹² Educational robotics // Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Educational_robotics>.

ка» также увеличивается¹³. Одним из результатов проекта стал созданный репозиторий учебно-методических материалов, программ, тематических планов и т. п.¹⁴

Термины «инженерное мышление» и «инженерное образование»

Поскольку робототехника включает инженерный компонент, востребуя инженерные знания при разработке робототехнических устройств, то еще одной парой активно используемых терминов является *инженерное мышление* и *инженерное образование*.

Анатолий Шперх, учитель-исследователь, руководитель Школы инженерного мышления Лаборатории непрерывного математического образования (Санкт-Петербург), так определяет инженерное мышление: *«Под инженерным мышлением я понимаю то, что позволяет решать инженерные задачи. Для меня инженерия — это возможность сделать что-то из ничего. Если мы научим ребенка делать что-то из разрозненных деталей, из разных вещей, которые не предназначены для того, чтобы из них что-то делать, то вдруг получается что-то, что можно назвать инженерной конструкцией. То, что требуется, чтобы это сделать, и есть инженерное мышление»*¹⁵.

Юлия Шевченко, психолог, директор Центра развития одаренности (Пермь), в свою очередь считает, что правомерность понятия «инженерное мышление» *«не так очевидна, хотя это понятие введено и в научное поле, и в прикладные контексты. [...] Необходимость в нем возникла, когда не получилось объяснить работой других аспектов мышления возможность решения задач определенного типа — инженерных задач. Возьмем банальную: нужно вытащить маленький шарик, закатившийся в очень узкую щель между диваном и полом. Если у нас есть предмет, похожий на палку, — это задаст один уровень задачи. А если нет швабры, но есть только листы*

¹³ 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.

¹⁴ ER4STEM. The Educational Robotics Repository. <<https://repository.er4stem.com>>.

¹⁵ 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>>.

бумаги, или только пластиковая бутылка, или, допустим, только банан? Опираясь лишь на логическое, математическое или художественное мышление, решить такую задачу нельзя»¹⁶.

Словосочетания *инженерное мышление, раннее инженерное образование* часто употребляются по отношению к робототехнике, конструированию в дошкольном обучении и начальной школе. Анатолий Шперх считает, что начинать развивать инженерное мышление у ребенка можно с 4,5–5 лет, *«до этого дети стремятся повторять, а это все-таки не создательное мышление»¹⁷.*

Если говорить, о профессиональном образовании, то обучение робототехнике в большинстве случаев ведется на инженерных направлениях вузов, хотя и не ограничивается ими. Более подробно этот вопрос будет рассмотрен в главе 8 издания.

В целом терминология и методы инженерного образования вполне соответствуют робототехническому образованию на разных уровнях. На инженерную модель, в частности, была ориентирована на начальных этапах программа «Робототехника: инженерные кадры инновационной России», деятельность которой описана в главе 2 книги.

Термины «STEM», «STEAM», «STREAM», «STEMAC»

Другой набор терминов, смежных с робототехническим образованием, пришел из США — это подход STEM¹⁸ и его развитие в виде STEAM, STREAM¹⁹, STEMAC²⁰, где S — Science (наука), T — Technology (технология), R — Reading (чтение), E — Engineering (инженерия), A — Arts (искусство), M — Math (математика), C — Culture (культура).

Акроним STEM был придуман в 2001 г. Джудит А. Рамалей, биологом, президентом нескольких университетов и заместителем директора Национального научного фонда США. Сегодня STEM является своего рода «торговой маркой» для описания интеграции науки, техники и математики в

¹⁶ Шевченко Ю. Что такое инженерное мышление // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/10/as-engineer>>.

¹⁷ Трескова У.В. Там же.

¹⁸ Ramaley J.A. The national perspective: Fostering the enhancement of STEM undergraduate education // *New Directions for Teaching and Learning*. 2009. № 117. P. 69–81. doi:10.1002/tl.345.

¹⁹ 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.

²⁰ 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.

учебных планах. Рамалей определила STEM как образовательный запрос, где обучение поставлено в реальный контекст, а учащиеся решают приближенные к реальным проблемы. Концепция задумывалась как ответ на относительно невысокие результаты американских учащихся в стандартизованных экзаменах по математике и естественным наукам²¹.

STEM (со всеми вариациями) и образовательная робототехника схожи с точки зрения междисциплинарности и предполагают интеграцию учебных дисциплин и метапредметность. С одной стороны, этот подход позволяет сделать преподавание отдельных курсов более эффективным за счет стирания границ между ними, с другой — такая междисциплинарность в робототехнических и STEM-проектах позволяет привлекать детей, имеющих склонности к тому или иному предмету, к другим составляющим системы.

Эти возможности еще больше усиливаются при переходе к STEAM, когда школьники и студенты, которым, например, интересно творчество, могут через этот интерес углубить свои знания в области технологий и программирования. По этой причине ряд исследователей и практиков считают, что STEM и STEAM должны быть расширены до области STEMAC, которая включает искусство, культуру, гуманитарные науки, а значит, может более эффективно реализовывать междисциплинарные связи в содержании и контексте между естественными и гуманитарными науками²².

Ярким примером такой интеграции в российской образовательной робототехнике является фестиваль РобоАрт, который с 2015 г. проводится в Воронеже. Акцент здесь делается на «развитии творческих способностей и интереса к научной деятельности»²³.

В рамках РобоАрта среди прочих присутствуют творческие номинации:

- Рисующий робот: художник, копировщик, чертежник — любой робот, создающий изображение на бумаге
- Анимационный фильм: небольшой ролик, рассказывающий о взаимоотношениях человека и машины
- Развлечения: роботы, призванные нести людям радость, развлекая их своими умениями: поющие и танцующие животные, интерактивные игрушки, дистанционно управляемые механизмы и т. п.
- Кибернетическое искусство: живые картины, кинетические скульптуры и инсталляции, интерактивная анимация, лайв-кодинг, сенсоры и электроприводы в качестве музыкальных инструментов

²¹ Ramaley J.A. Там же.

²² Liritzis I. Там же.

²³ РобоАрт 2019. <<http://roboart.umi.ru>>.

В русле STEM-подхода реализован упоминаемый выше проект «Educational Robotics for STEM». В целом, образовательная робототехника хорошо вписывается в STEM-подход. Мы полагаем, что робототехника на сегодня является единственным в России примером его массовой реализации на практике.

Конференции по образовательной робототехнике

Образовательная робототехника становится темой исследований, научных статей и специализированных конференций. Так, регулярно проводятся международные конференции и семинары «Teaching Robotics and Teaching With Robotics (TRTWR)» — «Обучение робототехнике и обучение с робототехникой». Мероприятия этой серии прошли в Венеции (2008 г.), Дармштадте (2010 г.), Рива-дель-Гарде (2012 г.)²⁴, Падуе (2014 г.). Далее название было изменено на «Educational Robotics — EduRobotics», такие конференции прошли в Афинах (2016 г.)²⁵ и Риме (2018 г.)²⁶.

Из-за постоянно растущего интереса к образовательной робототехнике в Европе и во всем мире Институт практической робототехники в Австрии совместно со Словацким техническим университетом в Братиславе с 2010 г. организуют конференцию «Robotics in Education» («Робототехника в образовании»). Она прошла уже десять раз: в Братиславе (2010 г.), Вене (2011 г.), Праге (2012 г.), Лодзи (2013 г.), Падуе (2014 г.), Ивердон-ле-Бене (2015 г.), Вене (2016 г.)²⁷, Софии (2017 г.)²⁸, Мальте (2018 г.)²⁹, Вене (2019 г.)³⁰.

²⁴ 3rd International Workshop Teaching Robotics Teaching with Robotics Integrating Robotics in School Curriculum. <<http://www.terecop.eu/TRTWR2012.htm>>.

²⁵ EduRobotics 2016. International Conference Educational Robotics in the Makers Era. <<http://edurobotics2016.edumotiva.eu>>.

²⁶ EduRobotics 2018. International Conference Educational Robotics in the Makers Era. <<http://edurobotics2018.edumotiva.eu>>.

²⁷ 7th International Conference on Robotics in Education (RIE). <<http://rie2016.info>>.

²⁸ 8th International Conference on Robotics in Education (RIE). <<http://rie2017.info>>; 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.

²⁹ 9th International Conference on Robotics in Education (RIE). <<http://rie2018.info>>; 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.

³⁰ 10th International Conference on Robotics in Education (RIE). <<http://rie2019.info>>.

Тематическое поле материалов названных конференций в целом совпадает с тем, что обсуждается в России. С 2011 г. Президентский физико-математический лицей № 239 ежегодно организует конференцию «Современное технологическое обучение: от компьютера к роботу», на которой обсуждаются вопросы инженерного начального образования, связи робототехники с различными школьными дисциплинами, совершенствование педагогических кадров. В 2019 г. конференция состоялась в рамках Петербургского международного образовательного форума³¹. Симпозиум по образовательной робототехнике ежегодного проходит в рамках фестиваля РобоФинист в Санкт-Петербурге³². В рамках ежегодного форума Skolkovo Robotics в Москве в 2017 и 2018 гг. были организованы секции «Образовательная робототехника»³³. Семинар «Образовательная робототехника» был проведен на площадке 30-й Международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника» в Санкт-Петербурге в 2019 г.³⁴. В рамках Всероссийской робототехнической олимпиады в Университете Иннополис в 2019 г. впервые организована деловая программа «Недетская робототехника. Индустриальный прорыв через изменения в образовательной робототехнике»³⁵. Конференция «Робототехника и образование: школа, университет, производство» прошла в 2018 г. в Перми³⁶. Таким образом, количество проводимых в России мероприятий в этой области достаточно велико.

* * *

Как и в любой динамично развивающейся практике, понятийный аппарат образовательной робототехники не является устоявшимся. Большая

³¹ Конференция «Современное технологическое обучение: от компьютера к роботу». <<http://www.239.ru/robot/konferenciya-sovremennoe-tehnologicheskoe-obuchenie-ot-kompyutera-k-robotu>>.

³² Симпозиум по образовательной робототехнике. <<https://robofinist.ru/event/info/pages/page/45/id/213>>.

³³ Образовательная робототехника на Skolkovo Robotics Forum VI, 24 апреля 2018, Москва. <<http://edurobots.ru/event/edu-robotics-skolkovo-2018>>.

³⁴ Семинар «Образовательная робототехника» в рамках 30-й Международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника» (ЭР-2019). <<http://er.rtc.ru/educational-robotics>>.

³⁵ Деловая программа Всероссийской робототехнической олимпиады. <<http://team-project.university.innopolis.ru/Robotics>>.

³⁶ Конференция «Робототехника и образование: школа, университет, производство» 2018. <<http://edurobots.ru/event/konf-2018-perm>>.

часть терминов не имеет строгих, разделяемых всем сообществом определений.

Целевые ориентиры, методология и терминология образовательной робототехники обнаруживают ее близость с инженерным образованием в России и STEM за рубежом.

2. Развитие образовательной робототехники в России: этапы и драйверы

Становление образовательной робототехники в России

Несмотря на то, что образовательная робототехника является относительно новой областью практики, история ее развития весьма насыщена событиями, и в ней уже можно выделить несколько отличающихся этапов.

1990-е годы: начало

Робототехникой и образованием в этой области начали заниматься задолго до ее сегодняшней популярности — первые учебные программы и соревнования появляются в 1990-е годы. Так, международные соревнования по футболу роботов RoboCup, которые проводятся до сих пор, были запущены в 1993 г. EuroBot существует с 1998 г. При этом в Россию и та, и другая программа пришли значительно позже и даже сейчас не являются очень популярными.

Первые российские робототехнические соревнования появились в конце 1990-х годов и были ориентированы на студентов. Алексей Корнилов, эксперт в области робототехники и интернета вещей, в качестве примеров этого периода называет соответствующие программы в Институте механики МГУ и в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН³⁷.

В 1998 г. в МГУ прошел первый научно-исследовательский фестиваль «Мобильные роботы», инициатором которого стал профессор кафедры прикладной механики, прикладной механики и управления МГУ Евгений Андреевич Девянин. С 2003 г. фестивалю присвоено имя Е.А. Девянина³⁸. В фестивале участвовали студенты и аспиранты российских вузов, фестиваль стал международным, его финал проводился во Франции. Председатель оргкомитета фестиваля — заведующий кафедрой теоретической механики и мехатроники МГУ, академик РАН Д.Е. Охочимский, директор — заведующий лабораторией Института механики МГУ А.В. Ленский. фести-

³⁷ Интервью с Алексеем Корниловым в рамках настоящего исследования.

³⁸ Девянин Евгений Андреевич // Летопись Московского университета. <<http://letopis.msu.ru/peoples/2252>>.

валь стал традиционным, в его рамках проводились научная конференция «Мобильные роботы и мехатронные системы», соревнования колесных роботов, соревнования по виртуальному футболу. Фестиваль «Мобильные роботы» просуществовал более 10 лет вплоть до 2012 г., в настоящее время не проводится.

В целом начальный период характеризуется тем, что программы и мероприятия были организованы представителями академического сообщества. Алексей Корнилов отмечает, что таким образом ситуация развивалась до начала 2000-х, а далее мероприятиями и программами начали заниматься люди не из профессиональной робототехнической сферы, а представители образования.

2000-е годы: Lego и появление школьной робототехники

Появление и развитие детской робототехники (в том числе в России) во многом связано с именем датской компании Lego. В 1990-е годы в компании, которая несколько лет подряд несла убытки, появилась идея добавить к стандартным деталям Lego электронный программируемый блок, датчики и электродвигатели, сделать программирование простым и понятным детям. Впервые робототехнический конструктор Lego Mindstorms был представлен в 1998 г. Первую версию комплектовали микрокомпьютером RCX. В 2006 г. вышла вторая версия конструктора — NXT, в начале 2013 г. появился EV3 (сокращение от Evolution 3). Разработка специального конструктора для создания роботов «оживила» не только Lego-конструкции, но и всю компанию — робототехническое направление спасло компанию от убытков. Именно после выхода образовательного набора Lego Mindstorms в начале 2000-х годов стала развиваться робототехника для детей школьного возраста.

По свидетельству Андрея Гурьева, педагога и эксперта в области образовательной робототехники³⁹, уже в 1998 г. первые наборы Lego Mindstorms RCX появились в нескольких московских пилотных школах, а примерно через два года Департамент образования Москвы начал закупки для школ. Первыми, кто начали предлагать использовать образовательные конструкторы Lego в российских школах и по сути запустили первую волну образовательной робототехники в России, стал Институт новых технологий (официальное наименование сегодня Научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Институт новых

³⁹ Интервью с Андреем Гурьевым в рамках настоящего исследования.

технологий»), Павел Якушкин (в настоящее время директор московской школы № 179) и его команда. Ими были разработаны учебно-методические комплекты на базе Lego Mindstorms RCX⁴⁰, в том числе книга учителя и книга для ученика.

Значимую роль в развитии образовательной робототехники в России сыграл Максим Васильев, в настоящее время президент Международной ассоциации спортивной и образовательной робототехники (МАСОР), ранее — президент Российской ассоциации образовательной робототехники (РАОР). В 2002 г. компания Lego пригласила его вести курсы для педагогов по использованию их оборудования в школах. Чтобы продемонстрировать возможности и результаты использования оборудования, было решено участвовать в соревнованиях: *«Были попытки участвовать с конструкторами Lego в тех соревнованиях, которые к этому моменту существовали. Так, школьная секция была организована и на фестивале «Мобильные роботы» имени профессора Е.А. Девянина»*⁴¹. С 2005 г. в фестивале «Мобильные роботы» появились уже школьные соревнования (а не просто демонстрации, как в прежние годы) Lego-роботов и школьная сессия конференции.

В 2002 г. впервые в Москве прошли соревнования с робототехническими конструкторами Lego, которые называли «Международными состязаниями роботов». Регламенты были разработаны на основе корейских соревнований I-Rock. По словам Максима Васильева, в тех соревнованиях участвовали 16 школ: 15 из Москвы и одна из Санкт-Петербурга. В 2003 г. из числа победителей этих соревнований была сформирована сборная, которая выступила на соревнованиях I-Rock в Корее и в одной из категорий заняла 5 место. «Международные состязания роботов» проводились в Москве 12 лет.

В это же время было принято решение о создании World Robot Olympiad (WRO). Первая олимпиада WRO прошла в 2004 г. в Сингапуре. В этом же году к движению WRO подключилась Россия. Российский финал WRO первые десять лет проводился в Москве, национальным оператором выступала Российская ассоциация образовательной робототехники. С 2014 г. контракт на организацию олимпиады в России заключил Университет Иннополис.

В этот период школы все более активно оснащались конструкторами Lego Mindstorms. Больше всего наборов появлялось в Москве, где дей-

⁴⁰ Чехлова А.В., Якушкин П.А. Конструкторы LEGO DAKTA в курсе информационных технологий. Введение в робототехнику. М.: ИНТ, 2001.

⁴¹ Интервью с Максимом Васильевым в рамках настоящего исследования.

ствовала программа «Об оснащении образовательных учреждений г. Москвы учебным оборудованием, техническими средствами и компьютерной техникой»⁴². В списке минимального оснащения среди прочего было указано: «конструкторы, в том числе управляемые компьютером, для изучения основ моделирования, проектирования, технологии управления, дизайна и конструирования».

В 2004 г. состоялись вторые соревнования по робототехнике для школьников. В этом же году прошла выставка «Робототехника» на ВДНХ, на которой была организована школьная секция.

Во второй половине 2000-х годов стало проводиться еще больше соревнований и, что следует особенно отметить, в процесс начали включаться регионы. Там начало появляться оборудование Lego Education, хотя и не так массово и централизованно, как в Москве. Первыми региональными лидерами стали Красноярский край и Челябинская область. В 2007 г. частично сформировались региональные туры соревнований.

Среди лидеров образовательной робототехники второй половины 2000-х годов в Москве, помимо Максима Васильева, можно назвать Галину Максимову (учитель физики Школы № 1436), Виктора Буланова (педагог дополнительного образования Школы № 1270), Юрия Разумова (методист Городского методического центра), Сергея Мустафина (учитель информатики и технологии Школы № 2017). Так, Галина Максимова создала школьную команду «Мехатроник», которая была неоднократным абсолютным победителем «Международных состязаний роботов в Москве», участницей Международных состязаний в Сингапуре, Таиланде и Южной Корее⁴³.

В 2007 г. образовательной робототехникой в Санкт-Петербурге начал заниматься Сергей Филиппов, а с 2008 г. в Президентском физико-математическом лицее № 239 им было открыто направление робототехники⁴⁴. В Лицее действуют кружки, элементы робототехники введены в курс технологии, работает городской ресурсный центр дополнительного образования. Сергей Филиппов, учитель информатики и робототехники, тренер команд-победителей международных соревнований, по-прежнему воз-

⁴² «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>>.

⁴³ Максимова Галина Юрьевна // Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы «Школа № 1436». <<https://goo.gl/gJcKdk>>.

⁴⁴ Робототехника // ФМЛ 239. <<http://www.239.ru/robot>>.

главляет робототехническое направление в Лицее, среди преподавателей робототехники — Игорь Лосицкий, руководитель Лаборатории молодежной робототехники Университета ИТМО, также многократный тренер команд-победителей Всемирной олимпиады роботов; Илья Широколов, научный сотрудник кафедры теоретической кибернетики СПбГУ, и другие. Лицеем выпускается литература, разработаны поурочные планирования, программы дисциплин и курсов повышения квалификации. Методические разработки ведутся более чем по десяти направлениям: от основ робототехники на базе конструкторов Lego Mindstorms до радиоэлектронных систем управления и автономных летательных аппаратов. Разработанные методики опубликованы в свободном доступе на сайте Лицея⁴⁵. Кроме того, ФМЛ № 239 проводит ежегодные конференции и симпозиумы по образовательной робототехнике и международный фестиваль «Робофинист».

Одновременно с бурным развитием образовательной робототехники на основе конструкторов Lego продолжают развиваться ранее существовавшие направления, не предполагающие использование готовых конструкторов. Так, в 2007 г. в Политехническом музее (г. Москва) работала творческая научно-техническая лаборатория робототехники и интеллектуальных систем. Здесь проводили соревнования «Каникулы роботов»⁴⁶, а также Открытый робототехнический турнир на кубок Политехнического музея.

В 2007 г. в Москве была проведена Российская олимпиада роботов⁴⁷. На Открытом робототехническом турнире на кубок Политехнического музея 2010, где ранее в основном были представлены только самодельные роботы, появились направления с конструкторами Lego⁴⁸. Такие регламенты этих соревнований, как «Гонки по линии» и «Кегельринг», стали классикой образовательной робототехники и присутствуют в модифицированном виде во множестве соревнований по сей день. На фоне массового распространения конструкторов Lego и популяризации образовательной робототехники занятия с самодельными роботами стали менее заметны. Однако

⁴⁵ Городской ресурсный центр дополнительного образования // ФМЛ 239. <<http://www.239.ru/robot/recentr>>.

⁴⁶ Каникулы роботов в Политехническом музее // Музеи России. <<http://www.museum.ru/N30545>>.

⁴⁷ Российская олимпиада роботов 2017 // Мой робот. <http://myrobot.ru/articles/sport_ror2007.php>.

⁴⁸ Открытый робототехнический турнир на кубок Политехнического музея // Мой робот. <http://myrobot.ru/articles/sport_open_robotics_tournament_2010.php>.

на соревнованиях, где регламенты не ограничивали оборудование, среди чемпионов зачастую были школьники с самодельными роботами⁴⁹.

2008–2014 гг.: программа «Робототехника», WRO в России и массовизация направления

Осенью 2008 г. запускается программа «Робототехника: инженерно-технические кадры инновационной России». Деятельность программы в значительной степени изменила ландшафт образовательной робототехники в России — и с точки зрения включения в него регионов, и с точки зрения интеграции в международный контекст.

Программа была инициирована Фондом поддержки социальных инноваций Олега Дерипаски «Вольное Дело», ее официально поддержали Министерство образования и науки РФ, Агентство стратегических инициатив. Генеральными партнерами стали Группа ГАЗ и En+, а среди партнеров — Минпромторг РФ, Российские космические системы, Autodesk, National Instruments, FESTO, Lego, Союз машиностроителей России и др.⁵⁰.

В запуске программы «Робототехника» значимое участие принимал Алексей Корнилов, до этого занимавшийся коммерческими робототехническими решениями.

Одной из задач программы стало вовлечение детей и молодежи в научно-техническое творчество и обеспечение равного доступа к освоению передовых технологий вне зависимости от места проживания, получению практических навыков их применения. Программа охватила достаточно широкий возрастной диапазон — от 7 до 30 лет.

Для развития робототехники в регионах программа «Робототехника: инженерно-технические кадры инновационной России» стала сотрудничать с заинтересованными некоммерческими учреждениями и организациями. Каждое такое учреждение могло получить статус участника программы, доступ к современным программам обучения робототехнике, помощь в оснащении техникой, повышении квалификации педагогов. Также программа проводила аттестацию региональных и федеральных судей.

⁴⁹ Роботы-рекордсмены FASTO-2, FASTO-3 и i-DRAGO на Втором всероссийском робототехническом фестивале // Мой робот. <http://myrobot.ru/articles/sport_robotfest_2010_record.php>.

⁵⁰ О программе // Робототехника: инженерно-технические кадры инновационной России. <<http://russianrobotics.ru/about-the-program/general-information>>.

Важным элементом Программы стали общероссийские робототехнические соревнования. В каждом регионе на базе одного из участников начали проводиться местные и региональные соревнования — отборочные туры. Финал соревнований проходит в Москве в рамках Всероссийского робототехнического фестиваля «РобоФест». Фестиваль проводится с 2009 г., в 2018 г. он был переименован в «ПроФест».

В разные годы «РобоФест» становился национальным финалом для международных робототехнических состязаний FIRST, ABU ROBOCON, ELROB, WorldSkills. К моменту старта реализации Программы в России уже не первый год существовало движение WRO. В конце 2009 г. между Программой и российским оргкомитетом олимпиады WRO было заключено соглашение о совместном развитии и проведении Всероссийского этапа WRO в рамках фестиваля «Робофест». Так происходило до 2013 г. С 2010 г. проводятся студенческие соревнования автомобилей-роботов «РобоКросс». Хотя изначально программа была ориентирована скорее на студентов и категорию FIRST FTC, сейчас в нее вовлечены примерно 15 000 человек разного возраста и почти 60 регионов.

С начала 2010-х годов робототехническое образование в России набирает популярность и расширяет географию. Изменения этого периода характеризуются по нескольким направлениям:

- количественный рост кружков робототехники, вовлеченных в занятия робототехникой детей, онлайн-ресурсов и литературы;
- внимание к образовательной робототехнике со стороны государственных и муниципальных органов власти (будет подробно рассмотрено далее);
- появление российских производителей оборудования для занятий робототехникой

На фоне растущего запроса от родителей и признания важности робототехнического образования чиновниками всех уровней в ноябре 2014 г в Сочи впервые в России проходит Международный финал Всемирной олимпиады роботов (WRO). На олимпиаду приехали примерно 1000 участников из 47 стран мира. За соревнованиями наблюдали несколько тысяч зрителей⁵¹. Представителей робототехнического сообщества, РАОР, Университета Иннополиса и других экспертов образовательной робототехники среди

⁵¹ 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>>.

организаторов практически не оказалось, что, возможно, обусловило целый ряд проблем, в том числе замену площадки проведения за несколько дней до открытия, претензии по судейству, информационному обеспечению и др. Несмотря на то, что многими экспертами олимпиада в Сочи была названа худшим WRO в истории, тем не менее ее проведение привлекло внимание широкой аудитории и, вероятно, способствовало дальнейшему росту популярности робототехники в России.

В определенном смысле на этом этапе робототехника становится модным направлением дополнительного образования, что не могло не вызвать «болезнь роста». Алексей Корнилов так комментирует этот этап: *«Достаточно быстро организаторы от системы образования поняли, что технология организационно простая, что ничего специального знать не надо, методология уже была отработана — все методики были на руках. И они стали все меньше и меньше привязываться к реальным задачам, стали все меньше и меньше звать специалистов. Кончилось тем, что они стали этим заниматься как отдельным видом деятельности».*

Середина 2010-х годов — настоящее время: развитие робототехники в условиях реализации Национальной технологической инициативы

Фактором влияния на развитие технического творчества молодежи и рынок образовательной робототехники в России в последние годы стала Национальная технологическая инициатива (НТИ).

История НТИ началась с 4 декабря 2014 года. В этот день в Послании Федеральному собранию⁵² Президент России Владимир Путин поручил Правительству разработать Национальную технологическую инициативу (НТИ): «... предлагаю реализовать национальную технологическую инициативу. На основе долгосрочного прогнозирования необходимо понять, с какими задачами столкнется Россия через 10–15 лет, какие передовые решения потребуются для того, чтобы обеспечить национальную безопасность, высокое качество жизни людей, развитие отраслей нового технологического уклада. Нужно объединить усилия проектных, творческих команд и динамично развивающихся компаний, которые готовы впитывать передовые разработки, подключить ведущие университеты, исследовательские цен-

⁵² Послание Президента Федеральному собранию 4 декабря 2014 г. <<http://kremlin.ru/events/president/news/47173>>.

тры, Российскую академию наук, крупные деловые объединения страны». НТИ стала одним из приоритетов государственной политики, программой комплексных мер, направленных на развитие в стране перспективных отраслей. Общей идеей НТИ стало то, что стране необходимо сосредоточить усилия на становлении новых, еще не развитых в мире рынков, на которых благодаря раннему эффективному входу Россия может стать лидером. Такие рынки НТИ были определены, для каждого из них были созданы рабочие группы, разработаны или разрабатываются планы мероприятий — дорожные карты. Общий горизонт программ НТИ — 2035 год.

Результатом запуска НТИ и одновременно важным субъектом ее реализации стало Кружковое движение Национальной технологической инициативы — всероссийское сообщество энтузиастов технического творчества.

Цель Кружкового движения определяется как «формирование в России следующего поколения предпринимателей, инженеров, ученых, управленцев, ядром которого должны стать выходцы из кружков — энтузиасты, обладающие высоким уровнем профессионализма, способные задумывать и реализовывать проекты, доводить их до результата, создавать новые организационные решения и технологические компании, направленные на развитие России и всего мира»⁵³.

В декабре 2016 г. указом Президента Российской Федерации утвержден План мероприятий (дорожная карта) «Кружковое движение». Летом 2017 г. произошла институционализация сообщества — была учреждена Ассоциация участников технологических кружков (Кружковое движение НТИ⁵⁴), деятельность которого сосредоточивается на поддержке и развитии российских технологических кружков и других организаций дополнительного образования в технической сфере.

Дорожная карта «Кружковое движение» предусматривает формирование к 2025 г. сообщества из 500 000 талантов, технологических энтузиастов, предпринимателей нового типа. Идеологические и методологические установки «Кружкового движения» представлены в работе «Кружки 2.0 Научно-технические кружки в экосистеме практики будущего. Инструкция по сборке»⁵⁵.

⁵³ Кружковое движение НТИ. <<http://www.nti2035.ru/talents/circles>>.

⁵⁴ Кружковое движение. <<http://kruzok.org>>.

⁵⁵ 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.

Движением реализуются целый ряд инициатив: Олимпиада НТИ, Академия наставников, Проектные школы «Практики будущего», фестивали мейкеров и другие.

Развиваемая рабочей группой Кружкового движения НТИ Олимпиада НТИ разделена на несколько профилей (направлений), среди которых присутствуют робототехнические (более подробно Олимпиада НТИ рассматривается в главе 4 издания).

Летом 2018 г. в Университете Иннополис (Татарстан) открыли Национальный центр компетенций НТИ в области робототехники и мехатроники⁵⁶. ИТ-вуз победил в грантовом конкурсе на создание и развитие этого центра. В консорциум центра вошли 16 вузов, 5 прикладных академических институтов, 7 иностранных партнеров из Франции, Китая, Дании, Швеции, Германии и Норвегии и 16 промышленных партнеров. Среди них МФТИ, ИТМО, ВШЭ, ДВФУ, ИППИ РАН, ИМАШ РАН, Газпром, Сбербанк, Аэрофлот, IMT Atlantique (Франция) и Shenzhen Institutes of Advanced Technology (Китай). Образовательное направление работы центра включает внедрение программ по робототехнике и мехатронике для бакалавров, магистров и аспирантов, создание онлайн-платформы. В начале 2019 г. семью вузами из разных регионов и национальной Ассоциацией участников рынка робототехники (НАУРП) подписано соглашение о создании федерального Центра робототехники на базе компании-производителя сервисных роботов «Промобот»⁵⁷. Планируется, что центр будет функционировать на базе онлайн-платформы для обмена опытом. На текущий момент платформа еще не представлена.

В мае 2019 г. на конференции «Цифровая индустрия промышленной России» Университет Иннополис презентовал разработанную им дорожную карту НТИ по направлению развития компонентов робототехники и сенсорики. В конце июня 2019 г. рабочая группа по цифровым технологиям при АНО «Цифровая экономика» одобрила⁵⁸ проект дорожной карты по робототехнике и сенсорики. Фокус развития технологий значительно сме-

⁵⁶ В Университете Иннополис открыли Национальный центр компетенций НТИ в области робототехники и мехатроники // Университет Иннополис. <<https://university.innopolis.ru/news/center-nti-iu>>.

⁵⁷ Семь вузов страны создадут Центр робототехники на базе пермского «Промобота» // ТАСС. <<https://tass.ru/obschestvo/6038881>>.

⁵⁸ Бизнес одобрил две дорожные карты по цифровым сквозным технологиям // АНО «Цифровая экономика». <<https://data-economy.ru/21062019>>.

стился в сторону технологий управления роботами и развития решений в области сенсорики.

Как мы видим, в рамках Национальной технологической инициативы предпринимаются попытки выстраивания системы координации, стратегического развития и методологического обеспечения технического творчества детей и молодежи, в том числе образовательной робототехники. При этом на сегодняшний день различные сегменты сектора образовательной робототехники оказались в разной степени вовлечены в орбиту ее влияния (как идеологического, так и ресурсного): в большей степени университеты, в меньшей — массовая школа.

Драйверы развития робототехники в образовании

Этапы развития образовательной робототехники отличаются не только масштабом развития области (количество кружков, охват детей, охват регионов), но и различием основных акторов и драйверов этого процесса, полнотой элементов экосистемы (соревнования, профессиональные сообщества, профильные медиа).

Европейские исследователи выделяют ряд стейкхолдеров — заинтересованных сторон, определяющих содержание и развитие образовательной робототехники⁵⁹:

- учащиеся — те, кто непосредственно обучается робототехнике или участвует в мероприятиях, связанных с образовательной робототехникой;
- родители как мотиваторы занятия детей робототехникой;
- школы как места, где происходит обучение, включая:
 - учителей, проводящих обучение;
 - администрацию, принимающую решение об обучении, бюджете и программах;
- коммерческие и некоммерческие организации дополнительного и неформального образования (клубы, кружки, центры и т. п.), предлагающие программы по робототехнике;
- университеты, разрабатывающие и предоставляющие технологии и методы для робототехники и образования;

⁵⁹ 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.

- промышленность как будущий работодатель;
- правительственные и другие организации, определяющие политику в области образования.

Российский список стейкхолдеров, на наш взгляд, практически совпадает с европейским, кроме того, что значимым участником процесса становятся производители оборудования и конструкторов для обучения робототехнике.

Производители оборудования

С конца 90-х годов образовательная робототехника была представлена только конструкторами Lego Education, других решений на рынке практически не было. Эта компания по сути определяла развитие отрасли в то время. Максим Васильев комментирует ситуацию: *«Так как это коммерческая компания, то она безусловно была заинтересована в продаже и развитии программ обучения на основе их решений. Каналы распространения Lego Education были ориентированы только на образовательные учреждения, на розницу они не работали»*⁶⁰. Андрей Гурьев согласен, что оборудование является основным локомотивом внедрения робототехники, считая, однако, что *«Lego получили большее распространение, потому что у этого производителя вопрос с методическими материалами был решен лучше, чем у других»*⁶¹.

Примечательно, что выделенные выше этапы волны развития образовательной робототехники совпадают с выходом на рынок и распространением конструкторов Lego Education Mindstorms (1998 г. — первая версия RCX, 2006 г. — вторая версия NXT, 2009 г. — незначительно измененная версия NXT 2.0, 2013 г. — третья версия EV3).

Одним из способов продвижения робототехники для производителей оборудования стала организация соревнований. Так, популярная линейка соревнований WRO поддерживается Lego, другие платформы использовать нельзя. В соревнованиях VEX Robotics Competition можно участвовать только с роботами на VEX. Фестиваль «ДЕТалька» проводится компанией Brain Development — производителем конструкторов Роботрек и дистрибьютером наборов Huna MRT. Компания ROBOTIS хотя и не проводит отдельных соревнований, но ее платформа используется в отдельных категориях в рамках других соревнований.

⁶⁰ Интервью с Максимом Васильевым в рамках настоящего исследования.

⁶¹ Интервью с Андреем Гурьевым, то же.

В этом плане особняком стояла программа «Робототехника». Как отмечает Алексей Корнилов, «...она не была привязаны к какому-либо конкретному поставщику, оборудованию, технологиям. Людей учили решать задачи, а целью программы было продвижение талантливой молодежи»⁶². Программа ориентировалась на модель инжиниринговой компании, когда при получении технического задания нужно, в условиях ограниченных ресурсов, за срок, например, шесть недель, сдать проект. Главным с точки зрения программы был образовательный процесс, соревнования являлись только демонстрацией результатов обучения.

В 2005 г. в Италии появился проект Arduino. Изначально он вырос как ответ на проблему «как быстро научить студентов разрабатывать электронные устройства». Впоследствии плата с микроконтроллером Atmel AVR, разработанная при взаимодействии проектного института Иврея (IDII — Interaction Design Institute Ivrea), произвела в мире любительской электроники и образования настоящую революцию. Разработчикам удалось реализовать принцип plug-and-play при работе с микроконтроллерами: достаточно подключить плату к компьютеру и немедленно приступить к работе. К Arduino подключаются датчики, исполнительные механизмы, специализированные платы расширения и другие устройства. Плата имеет невысокую цену. Аппаратные схемы и исходный код доступны бесплатно в рамках открытых лицензий, поэтому по всему миру на основе этой платформы появляются образовательные конструкторы. При этом наборы, выпускаемые разными компаниями, совместимы за счет единой платформы.

Оказалось, что возрастной порог для знакомства школьников с основами микроэлектроники и прототипирования схемотехники может быть существенно снижен. Arduino становится второй по популярности после Lego образовательной платформой. При этом платформы не сильно конкурируют друг с другом, поскольку имеют разное назначение: в то время как Lego предоставляет широкие возможности для изучения механики и закрытый контроллер, Arduino обеспечила доступный инструмент для изучения электронных устройств.

В 2015 г. **Центр педагогического мастерства** (ЦПМ, Москва) провел масштабный сравнительный анализ и обзор робототехнических конструкторов и платформ. В сравнении участвовали наиболее популярные платформы и робототехнические конструкторы, ориентированные на 1–11 классы школы, распределенные по нескольким уровням: наборы от таких

⁶² Здесь и далее интервью с Алексеем Корниловым в рамках настоящего исследования.

производителей как Lego, Fischertechnik, VEX, ТРИК, ScratchDuino, Huna-MRT, RoboRobo и Амперка. Исследование проводилось независимой рабочей группой, в которую вошли Андрей Гурьев, Игорь Петров, Алексей Грудин, Сергей Мустафин, Ярослав Кондратьев⁶³.

Хотя со временем появилось больше альтернативного оборудования и собственно образовательных решений, ведущим механизмом внедрения робототехники в образовании до сих пор остается продажа оборудования в образовательные учреждения, обучение, демонстрация достижений на соревнованиях. Вместе с этим во внешкольном (дополнительном, неформальном образовании) появились новые механизмы развития, например, коммерческие кружки и франшиза (более подробно рассматриваются в главе 6).

Профессиональные ассоциации и сообщества

Поскольку государство включилось в развитие робототехники относительно поздно, то ключевую роль в развитии сектора, трансляции знаний и методических решений, организации соревнований играли и продолжают играть профессиональные ассоциации и сообщества. Рассмотрим наиболее заметные.

Российская ассоциация образовательной робототехники (РАОР) определяет своей целью «содействие становлению и развитию отечественной и мировой образовательной робототехники во всех ее проявлениях, относящихся к учебному, научному и технологическому направлениям, включая процессы преподавания, консультирования, исследования, оказания широкого спектра образовательных услуг, обеспечения связей с общественностью, производством и наукой»⁶⁴. Андрей Гурьев отмечает, что до 2014–2015 гг. РАОР играла значимую роль для сплочения сообщества, совместного решения проблем, привлечения экспертов. До 2013 г. включительно РАОР являлась национальным оператором и организовывала региональные, муниципальные, окружные этапы World Robot Olympiad.

В рамках РАОР действует **Учебно-методический центр РАОР**⁶⁵ который в 2014 г. был выделен в отдельную Ассоциацию и организовал соревнования

⁶³ Lego, Fischertechnik, ТРИК или Амперка: сравнение и обзор робототехнических конструкторов // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/09/lego-fischertechnik-trik-ili-ampverka-sravnenie-robototexnicheskix-platform>>.

⁶⁴ Российская ассоциация образовательной робототехники. <<http://raor.ru>>.

⁶⁵ РАОР Учебно-методический центр. <<http://фрос-игра.рф>>.

«ИКаР» и «ИКаРенок». Центр взаимодействует с организациями дошкольного образования, создавая на их базе ресурсные региональные центры.

Из-за разногласий между РАОР и Учебно-методическим центром РАОР, а также путаницы, возникающей в связи с использованием разными организациями одного наименования, в 2016 г. была создана **Международная ассоциация спортивной и образовательной робототехники (МАСОР)**⁶⁶. Фактически не поменялся ни состав участников, ни цели, ни деятельность, изменилось только наименование. Президентом МАСОР (и ранее президентом РАОР) является Максим Васильев. Членство в МАСОР бесплатное.

Национальная ассоциация участников рынка робототехники (НАУРР), созданная в 2015 г., объединила отечественных и зарубежных производителей и интеграторов промышленной и сервисной робототехники, исследовательские и образовательные организации, разработчиков подсистем и программного обеспечения для роботов⁶⁷. Наиболее широко в ассоциации представлены производители промышленных роботов. НАУРР занимается сбором статистики и аналитикой российского рынка робототехники, в том числе для Международной федерации робототехники (International Federation of Robotics, IFR). Кроме того, НАУРР выполняет коммерческие аналитические исследования. НАУРР практически не занимается образовательной робототехникой, среди ее участников только две организации предлагают образовательные решения — компания РОББО и производственное объединение Зарница. Членство в НАУРР стоит от 35 000 до 150 000 рублей в год⁶⁸.

Ассоциация спортивной робототехники (Россия) заявляет своей миссией «создание благоприятной среды для робототехников, тренеров, судей и так далее, путем проведения различных мероприятий, привлечения волонтеров, а также поощрения образования и развития робототехников и других участников ассоциации»⁶⁹. Ассоциация проводит Всероссийскую спартакиаду роботов⁷⁰, RoboPicnic, российский этап RobotChallenge и другие соревнования. Членство в ассоциации бесплатное, участникам предлагается информационная поддержка. В российском масштабе деятельность ассоциации не сильно заметна.

⁶⁶ МАСОР. <<https://masor.ru/>>.

⁶⁷ Национальная ассоциация участников рынка робототехники. <<http://www.robotunion.ru>>.

⁶⁸ Условия членства // Национальная ассоциация участников рынка робототехники <<http://www.robotunion.ru/ru/assotsiatsiya/usloviya-chlenstva>>.

⁶⁹ Ассоциация спортивной робототехники. <<http://rus-robots.ru>>.

⁷⁰ Всероссийская спартакиада роботов. <<http://vsr.rus-robots.ru>>.

В апреле 2016 г. создано **Открытое общество образовательной робототехники**. Инициатива его создания стала своего рода ответом на создание Координационного совета по робототехнике (см. следующий раздел). Первая встреча прошла в рамках ММСО 2016, вторая — в рамках ВРО 2016⁷¹, третья — в рамках EdCrunch 2016⁷², четвертая и последняя — в рамках ВРО 2017⁷³.

Роль организатора заседаний взял на себя Роман Лучин, директор ООО «КиберТех» — производителя конструктора ТРИК (Санкт-Петербург). Он сформулировал задачу сообщества так: *«Выявление наиболее частых запросов, потребностей, наиболее острых проблем для того, чтобы донести их до соответствующих структур»*⁷⁴. В ходе заседаний неоднократно подчеркивалось, что создаваемая структура должна быть открытой и вовлекать всех заинтересованных участников, не имея выделенного центра управления.

Следует признать, что ни одна из ассоциаций и сообществ на сегодняшний день не определяет развитие сектора. В свою очередь объединить их общей идеей также не получается в силу наблюдаемых расхождений в содержательных и нередко коммерческих интересах. Андрей Гурьев, отмечая разрозненность существующих организаций и их узкопрофильную специализацию, констатирует: *«Самая большая проблема в том, что нет единой структуры, которая могла бы комплексно оценить всех игроков и выстроить общую схему их взаимодействия, отрегулировать их работу»*.

Государственная политика

В 2014 г. президент Владимир Путин по итогам встречи с участниками форума «Интернет-предпринимательство в России» подписал⁷⁵ перечень

⁷¹ 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>>.

⁷² Гагарина Д. А. Глобальный разрыв. О робототехнике и не только по мотивам EdCrunch 2016 // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/09/globalnyj-razryv-ed-crunch-2016>>.

⁷³ Гагарина Д. А. Если в школьной робототехнике сдвиги хорошие, то в студенческой — все печально. В Иннополисе прошло третье заседание общества образовательной робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/07/ooo-3>>.

⁷⁴ За все хорошее и против всего плохого. В Иннополисе состоялось заседание общества образовательной робототехники. Там же.

⁷⁵ Перечень поручений правительству по итогам встречи с участниками форума «Интернет-предпринимательство в России». <<http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/46152>>.

поручений Правительству Пр-1566 от 03.07.2014. Согласно документу, необходимо было разработать комплекс мер, направленных на создание условий для развития дополнительного образования детей в сфере научно-технического творчества, в том числе в области робототехники. В ответ на это поручение премьер-министр Дмитрий Медведев издал распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 апреля 2015 г. N 729-р⁷⁶ об утверждении плана мероприятий на 2015–2020 гг. по реализации концепции развития дополнительного образования детей. Этим планом предусматривалась разработка и реализация региональных и муниципальных программ по научно-техническому творчеству и освоению инженерно-технических компетенций, в том числе робототехнике. Это привело к тому, что каждый субъект РФ разработал свою дорожную карту, в которой упоминалась робототехника.

В 2014–2016 гг. к робототехнике было привлечено беспрецедентное внимание государства в лице чиновников самого высокого уровня.

Так, Министр образования и науки РФ Дмитрий Ливанов открывал ВРО (и национальный финал WRO) в 2014 и 2015 гг., присутствовал на Кубке РТК в Центральном научно-исследовательском и опытно-конструкторском институте робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК) в Санкт-Петербурге.

Министр связи и массовых коммуникаций РФ Николай Никифоров трижды, а Президент Татарстана Рустам Минниханов дважды посещали ВРО. В 2015 г. ВРО посетил премьер-министр РФ Дмитрий Медведев (что повлияло даже на изменение объявленного срока олимпиады). Такое внимание со стороны власти имело большое значение для развития робототехники и шире — научно-технического творчества. Присутствие первых лиц на мероприятиях широко освещалось в СМИ, что, в свою очередь, повысило интерес к теме в регионах.

Отрадно, что внимание государства не свелось к представительству на мероприятиях. В 2015 г. при Минобрнауки был создан Координационный совет по робототехнике. Совет должен был координировать развитие отрасли и разрабатывать механизмы подготовки кадров, формировать предложения по совершенствованию нормативной правовой базы и научно-методического обеспечения. В состав Совета под председательством Дмитрия Ливанова вошли ректоры ведущих технических вузов России,

⁷⁶ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.04.2015 г. № 729-р. <<http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102371210&intelsearch=729-%F0>>.

руководители Фонда перспективных исследований, Главного научно-исследовательского испытательного центра робототехники Минобороны России, Федерального института развития образования, Федерального космического агентства, Центрального научно-исследовательского и опытно-конструкторского института робототехники и технической кибернетики, Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук и другие.

Первое заседание Координационного совета Минобрнауки по робототехнике прошло в ноябре 2015 г., второе — в апреле 2016 г. в рамках упомянутого ранее Кубка РТК. На втором заседании Дмитрий Ливанов поручил Альберту Ефимову, в то время руководителю робототехнического центра «Сколково», разработать план развития и координации создания отрасли робототехники в России⁷⁷. Со стороны Минобрнауки работу координационного совета предположительно вели замглавы Вениамин Каганов и глава Департамента науки и технологий Сергей Салихов. В августе 2016 г. произошла отставка Дмитрия Ливанова с поста главы Минобрнауки, в декабре 2016 г. уволился Сергей Салихов, в сентябре 2017 г. пост замглавы Минобрнауки покинул Вениамин Каганов. Кроме того, в 2018 г. Минобрнауки было разделено на два ведомства. Фактически созданный Координационный совет не вел никакой деятельности, его работа прекращена.

В 2014 г. была утверждена «Концепция развития дополнительного образования детей»⁷⁸, подготовленная рабочей группой под руководством А.Г. Асмолова. Среди прочего Концепция предусматривала «создание в системе дополнительного образования детей на федеральном уровне и на уровне субъектов Российской Федерации сети ресурсных центров для обеспечения технологической подготовки обучающихся, организации научно-технического, художественного творчества и спорта».

По мнению многих экспертов, Концепция оказала наибольшее влияние на развитие отрасли, поскольку в ней напрямую была указана робототехника. Именно с 2014 г. уместно говорить об описанном нами третьем этапе развития робототехники, отличающемся наибольшей массовостью и гео-

⁷⁷ Дмитрий Ливанов поучаствовал в Кубке РТК // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/04/dmitrij-livanov-pouchastvoval-v-kubke-rtk>>.

⁷⁸ Концепция развития дополнительного образования детей. Распоряжение № 1726-п Правительства Российской Федерации от 4 сентября 2014 г. <<https://rg.ru/2014/09/08/obrazovanie-site-dok.html>>.

графией распространения. Однако, как нередко бывает, расширение масштаба вошло в противоречие с качеством. Так, по мнению Андрея Гурьева, «все, кому не лень, начали за нее [робототехнику] цепляться. Это дало некоторый скачок в глобальном смысле, но в системном смысле это был полный хаос. Это привело к тому, что сообщество разделилось настолько, что толком никто не понимает, что, где, как, почему».

В 2012 г. в России появился проект по созданию Центров молодежного инновационного творчества (ЦМИТ). Зарубежный аналог ЦМИТ — «фаблабы» (FabLab). Это открытые площадки, которые дают школьникам и студентам возможность «своими руками» на высокотехнологичном оборудовании создавать изделия и устройства.

Проект ЦМИТ был инициирован общероссийской общественной организацией «Молодая инновационная Россия», одобрен Наблюдательным советом Агентства стратегических инициатив и поддержан в рамках Программы государственной поддержки малого и среднего предпринимательства Министерства экономического развития России и программы «Вовлечение» Фонда содействия инновациям.

Малые предприятия, открывающие ЦМИТ, могут претендовать на субсидии федерального бюджета в размере до 7 миллионов рублей. Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям) в этих целях проводил конкурс «Поддержка центров молодежного инновационного творчества (ЦМИТ)»⁷⁹. С 2015 по 2018 гг. были проведены четыре очереди конкурса. По правилам конкурсов получателем субсидии могла быть только коммерческая организация, которая брала на себя обязательства по содержанию такого центра в течение 10 лет.

Субсидии предоставлялись на приобретение высокотехнологичного оборудования, в состав которого входили: 3D-принтер, фрезерный станок, станок лазерной резки, режущий плоттер, 3D-сканер, оргтехника. Список оборудования мог быть изменен и расширен в зависимости от концепции развития и компетенций персонала. В штате компании обязательно должны быть специалисты, умеющие работать и с детьми, и с оборудованием. Как поясняет руководитель нескольких ЦМИТ в Томске Юрий Васильев, «ЦМИТ — это не про оборудование и не про железки, это про людей ... закупить оборудование и расставить его в помещении — большого ума не

⁷⁹ Программа «Вовлечение школьников в инновационную деятельность» // Фонд содействия инновациям. <<http://fasie.ru/programs/vovlechenie-molodezhi-v-innovatsionnuuy-deyatelnost.php>>.

надо, а вот сделать ЦМИТ живой, рабочий и самодостаточный без глубокого понимания «зачем и почему» — не реально»⁸⁰. В более 40 регионах были созданы более 300 ЦМИТ с разнообразной специализацией: кроме робототехники — цифровое производство, аддитивные технологии, моделирование, прототипирование.

Важным этапом в развитии робототехники в образовании, связанным с участием государства, стала программа создания детских технопарков «Кванториум». Она стартовала в рамках Федеральной целевой программы развития образования в 2017 г. и получила продолжение в Приоритетном проекте «Доступное дополнительное образование для детей».

Федеральный оператор сети детских технопарков «Кванториум» — ФГАУ «Фонд новых форм развития образования»⁸¹. Миссия «Кванториумов» — содействовать ускоренному техническому развитию детей и реализации научно-технического потенциала российской молодежи, внедряя эффективные модели образования, доступные для тиражирования во всех регионах страны. Цель — создание и развитие системы современных инновационных площадок интеллектуального развития и досуга для детей и подростков на территории России⁸².

«Кванториумы» реализуют идею государственно-частного партнерства, обязательным условием открытия технопарков является наличие предприятия — индустриального партнера, которое вкладывает собственные средства и заинтересовано в подготовке кадров для отрасли. Среди партнеров проекта ПАО «СИБУР Холдинг», ОАО «РЖД», ПАО «Северсталь», ПАО «Россети», холдинг «Швабе», а также государственные корпорации «Росатом», «Роскомос», «Ростех»⁸³. Например, индустриальным партнером детского технопарка «Кванториум-Фотоника» в Перми выступила Пермская научно-производственная приборостроительная компания. Другой пример: учредителями Кванториума в Набережных Челнах являются Республика Татарстан в лице ГАУ «Технопарк в сфере высоких технологий “ИТ-парк”» и ПАО «КАМАЗ»⁸⁴.

В проект создания «Кванториумов» вовлечено 62 субъекта Российской Федерации, в которых действуют 89 технопарков в 62 регионах страны.

⁸⁰ Василев Ю.С. Какое оборудование нужно для ЦМИТа // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2016/05/kakoe-oborudovanie-nuzhno-dlya-cmita/>>.

⁸¹ Федеральная сеть детских технопарков Кванториум. <<https://www.roskvantorium.ru>>.

⁸² О проекте Кванториум. <<https://www.roskvantorium.ru/kvantorium>>.

⁸³ См. сноску 81.

⁸⁴ Кванториум г. Набережные Челны. <<http://kvantorium.ru/tehnopark/kvantorium>>.

Дети занимаются в Кванториумах бесплатно, расходы оплачиваются по принципу государственно-частного партнерства. На 2017 г. возможность таких занятий получили 45 000 детей⁸⁵. В 2018 г. обучение прошли более 71 000 детей, а в проекты по всей стране вовлечены более 435 000 ребят. В рамках Национального проекта «Образование» до 2024 г. открытие Кванториумов планируется во всех населенных пунктах с населением более 60 000 человек⁸⁶. Кроме того, начата реализация проекта «мобильных технопарков» для сельских и отдаленных территорий.

Одна из проблем образовательной робототехники, где внимание государства оказалось особенно важным, — учет результатов профильных олимпиад при поступлении в вузы. Эта проблема решалась на самом высоком уровне по крайней мере с 2014 г. В 2014 г. в Сочи на WRO Министр образования и науки РФ Дмитрий Ливанов заявил: «Минобрнауки России прорабатывает вопрос о включения робототехники в перечень олимпиад школьников, дающих льготы при поступлении в инженерные вузы»⁸⁷, сайт Минобра сообщил тогда, что «уже в следующем году ожидается появление в перечне целого ряда новых олимпиад по инженерному научно-техническому творчеству, в том числе, и по робототехнике»⁸⁸.

В январе 2015 г. проходила встреча Дмитрия Медведева с предпринимателями в сфере образования и подготовки квалифицированных кадров⁸⁹. По итогам встречи им были даны поручения, в том числе по проведению финального этапа олимпиады по робототехнике на площадке всероссийского робототехнического фестиваля «Робофест⁹⁰». Однако, в 2015–2016 гг. Робофест в перечень не вошел.

На сегодня (на 2019–2020 учебный год) в перечень олимпиад школьников Российского совета олимпиад школьников включены три олимпиады по робототехнике:

⁸⁵ О проекте Кванториум. <<https://www.roskvantorium.ru/kvantorium>>.

⁸⁶ Вопросы-ответы о проекте Кванториум. <<https://www.roskvantorium.ru/faq>>.

⁸⁷ 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>>.

⁸⁸ На момент подготовки издания сайт Минобрнауки уже был не доступен.

⁸⁹ О бизнес-проектах в сфере образования и подготовки квалифицированных кадров // Правительство Российской Федерации. <<http://government.ru/news/16553>>.

⁹⁰ Поручения по итогам встречи с предпринимателями в сфере образования и подготовки квалифицированных кадров // Правительство Российской Федерации. <<http://government.ru/orders/selection/401/16608>>.

- Олимпиада НТИ (Национальной технологической инициативы) по двум профилям:
 - «Интеллектуальные робототехнические системы», 3 уровень;
 - «Водные робототехнические системы», 3 уровень;
- Олимпиада школьников «Ломоносов», профиль «Робототехника», 3 уровень;
- Олимпиада школьников «Робофест», профиль «Физика», 2 уровень.

К сожалению, победы и призовые места на традиционных статусных соревнованиях по робототехнике до сих пор не дают значимых льгот при поступлении в вузы. Так, льгот при поступлении в вузы не дают победы на соревнованиях WRO, RoboCup, Eurobot. На фестивале Профест (бывший Робофест) льготы могут быть получены участниками только одой категории состязаний «Робокарусель». Эксперты отмечают две главные проблемы существующих мероприятий по робототехнике, с точки зрения их включения в перечень: командный характер олимпиад и неоднозначность соответствия школьным дисциплинам.

В условиях сложности создания системы предоставления школьникам льгот при поступлении в вузы по результатам на робототехнических олимпиадах Министерство просвещения России утверждает перечень олимпиад, интеллектуальных и творческих конкурсов, среди победителей которых выбираются претенденты на получение гранта в размере 20 тысяч рублей ежемесячно на период обучения в вузе или колледже. В 2018 г. в него вошли 224 мероприятия⁹¹. По итогам участия в олимпиадах и конкурсах из этого перечня будет сформирован список претендентов на предоставление и выплату грантов Президента Российской Федерации. Получателями гранта становятся 1200 студентов. Однако победы в этих мероприятиях не дают каких-либо льгот при поступлении в вузы. Вот некоторые олимпиады и конкурсы из утвержденного перечня:

- Всероссийский технологический фестиваль PFOFEST-2019;
- Всероссийская робототехническая олимпиада ВРО-2019;
- Олимпиада школьников Робофест-2019;

⁹¹ 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>>.

- Российский этап международных молодежных робототехнических соревнований ЕВРОБОТ;
- Командная инженерная олимпиада школьников «Олимпиада Национальной технологической инициативы»;
- Финал Национального Чемпионата «Молодые профессионалы» (Worldskills Russia);
- Всероссийские конкурсные соревнования по робототехническим, инженерным и интеллектуальным системам среди обучающихся «СКАРТ»;
- Всероссийская научно-практическая конференция «РоботоБУМ — Будущее Умных машин»;
- Всероссийские соревнования по робототехнике «ИКаР» (Инженерные Кадры России).

Технологические компании и бизнес

Еще одним значимым драйвером развития робототехнического образования на определенном этапе становятся технологические компании и бизнес, которые благодаря автоматизации и роботизации производств могут получить экономический эффект, выйти на новые рынки. В конечном итоге именно корпорации, будучи заинтересованными в разработке технологических решений, автоматизации, интеграции в производственные процессы роботов, предъявляют требования к кадрам.

Технологические компании развивают направления школьной и студенческой робототехники самостоятельно или косвенно через участие в качестве партнеров соревнований. Они заинтересованы во влиянии на образовательные программы и подготовке востребованных на их предприятиях кадров, актуальных для них исследовательских работах.

Технологические компании «заходят» в образовательную робототехнику на разных уровнях — от школьного до профессионального. Рассмотрим несколько примеров.

В 2014 г. Пермская научно-производственная компания (ПНППК) открыла кружок школьной робототехники. Для этого компания взяла в партнеры уже состоявшуюся команду педагогов⁹², предложив им совместную работу и возможность демонстрировать ученикам оборудование компании. Позднее

⁹² Христоролюбов С. А. Кружок технического творчества как бизнес: история Академии Робототехники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/12/kruzho-k-texnicheskogo-tvorchestva-kak-biznes-istoriya-akademii-robototexniki>>.

ПНППК выступила индустриальным партнером при открытии детского технопарка Кванториум «Фотоника» (наличие индустриального партнера — обязательное условие государственной программы открытия Кванториумов).

Холдинг «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех запустил⁹³ профориентационную программу для школьников инженерных классов. Эта программа — часть образовательной экосистемы холдинга, предусматривающей работу с молодыми специалистами на всех этапах: школа, вуз, предприятие. В программу включены технические дисциплины, программирование, робототехника, фотоника.

При поддержке компании ДНС создан Центр развития робототехники во Владивостоке. Крупная розничная сеть, специализирующаяся на продаже компьютеров и бытовой техники, а также производстве компьютеров, поддержала развитие дополнительного образования в регионе. При этом генеральный директор компании Дмитрий Алексеев рассматривает⁹⁴ это направление не как прибыльный бизнес, а, скорее, как назревшую необходимость. Руководство считает, что иногда проще вкладывать свои деньги, чем тратить время на «бюрократический маркетинг», взаимодействуя со школами и университетами. Тем не менее Центр сотрудничает с ДВФУ, Морским Университетом и некоторыми школами.

СИБУР с 2017 г. организует образовательные программы «Научная смена». Главная их цель⁹⁵ — привить подрастающему поколению интерес к точным наукам и исследовательской деятельности и, возможно, помочь ребятам сделать выбор в пользу будущей профессии. В 2019 г. темой программы стала робототехника.

Госкорпорация «Росатом» с 2011 г. реализует проект Турнир молодых профессионалов «ТеМП»⁹⁶. Цель турнира — предоставить возможность начать карьеру в корпорации, а также найти новые идеи по актуальным

⁹³ «Росэлектроника» запускает профориентационную программу для школьников инженерных классов. <<https://rostec.ru/news/roselektronika-zapuskaet-proforientatsionnyuyu-programmu-dlya-shkolnikov-inzhenernykh-klassov>>.

⁹⁴ Гагарина Д. А. Робототехника как побег в пионерское прошлое. Интервью с Дмитрием Алексеевым // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2015/11/robototexnika-dmitrii-alekseev>>.

⁹⁵ СИБУР приглашает любознательных и творческих ребят принять участие в образовательной программе «Научная смена». <<https://www.sibur.ru/voronejkauchuk/press-center/news/sibur-priglashaet-lyuboznatelnykh-i-tvorcheskikh-rebyat-prinyat-uchastie-v-obrazovatelnoy-programme->>.

⁹⁶ Турнир молодых профессионалов «ТеМП» // Росатом. <<https://rosatom.ru/career/obrazovanie/turnir-molodykh-professionalov-temp>>.

направлениям бизнеса. Среди направлений турнира присутствуют «Искусственный интеллект и робототехника», «Аддитивные технологии».

Балтийский научно-инженерный конкурс — пример образовательно-исследовательской экосистемы, выстроенной в кооперации с большим количеством технологических компаний. Среди спонсоров конкурса крупные компании: Газпром-Нефть, РусГидро, концерн ЦНИИ Электроприбор Герофарм и другие.

Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК) — ведущий государственный исследовательский центр, среди разработок которого мобильные робототехнические комплексы, транспортно-манипуляционные системы, медицинское и другое оборудование, — выделил образовательную робототехнику в ключевое направление. ЦНИИ РТК разработал собственные регламенты соревнований по робототехнике — Кубок РТК. Исследовательский центр проводит такие соревнования самостоятельно и как отдельные направления других популярных фестивалей робототехники. Также он является организатором ежегодной конференции «Экстремальная робототехника», где в том числе обсуждают вопросы образования.

Таким образом, государственные и частные технологические компании видят потребность в изменениях существующих образовательных программ и взаимодействии с реальными сектором экономики при их формировании.

Региональный ландшафт

Отсутствие единой общефедеральной политики в отношении робототехники в образовании обуславливает заметные различия в характере и масштабах ее развития в регионах.

Для изучения ситуации с развитием робототехники в разрезе регионов нами в рамках настоящего исследования проведены 25 интервью. Опрашивались руководители клубов робототехники и программирования (и их заместителями) и родители детей, занимающихся робототехникой, из Москвы, Санкт-Петербурга, Белгорода, Екатеринбурга, Казани, Омска, Перми, Пскова, Томска, Уфы, Челябинска, а также Абинска и Тимашевска Краснодарского края, Осы Пермского края, Пятигорска Ставропольского края, Туймазы Республики Башкортостан. Интервью проведены как с предста-

вителями крупных сетей секций дополнительного образования, имеющих филиалы в разных городах, так и с руководителями небольших клубов без филиалов. Большинство руководителей кружков, не имеющих крупной филиальной сети, связаны с системой общего образования, работают или работали ранее в школах, колледжах или других образовательных учреждениях. Руководители федеральных сетей, как правило, бизнесмены из ИТ-сферы, не работающие в системе общего образования.

Материалы интервью показывают, что драйверы развития робототехнического образования в регионах разнообразны: это и инициативы педагогов-энтузиастов в организациях общего, дополнительного или высшего образования, и внимание со стороны губернатора или регионального чиновника администрации высокого уровня, и коммерческие стартапы.

Примером региона, где робототехника начала развиваться «снизу», является Свердловская область. Директор Центра «ОРТ-карьера», соучредитель Ассоциации кружков НТИ, руководитель проекта «Инкубатор ПРОФИ» Галина Брусницына так реконструирует ход событий⁹⁷: *«Образовательную робототехнику в регион завели ОРТ и Центр новых информационных технологий (ЦНИТ). Обе организации негосударственные и заход был «снизу». Я как представитель ОРТ в 2011 году договорилась с Максимом Васильевым, а ЦНИТ, который давно занимался Lego, собрал активных педагогов в первую группу для обучения. В этой группе обучались Павел Томшин, Олег Горнов, Иван Шимов, Андрей Мельников. [...] Вовлечение Дворца молодежи и его площадок, а также ИРО произошло значительно позже».* По ее оценкам, на данный момент ситуация с обучением робототехнике в Свердловской области стабильная, ажиотаж прошел, активно развит частный сектор в Екатеринбурге, по области в основном бюджетное финансирование. В регионе создано много площадок на базе школ и дополнительного образования, открыто три Кванториума, проводятся все отборочные международные и российские соревнования, а также ряд «своих» соревнований, есть площадки по подготовке к Олимпиаде НТИ (профиль ИРС), Роботраффикю, WorldSkills. ЦНИТ и действующий при нем ресурсный центр «РоботУрал» и сейчас проводят в области отборочный этап областного Робофеста.

Развитие робототехники в Пермском крае шло по сценарию «сверху». *«Министерство образования Пермского края в добровольно-принудительном порядке обязало директоров пермских школ ввести зоны робототехники. Был период, когда это отражалось на премии директоров. Во*

⁹⁷ Интервью с Галиной Брусницыной в рамках настоящего исследования.

всех школах Перми — а это 200 школ — появились зоны робототехники. Кто-то подошел к этому вопросу формально, кто-то начал им самоотверженно этим заниматься. Сейчас у нас в региональных соревнованиях участвуют 600–700 человек, и было бы больше, но площадка уже больше не вместит»⁹⁸, — комментирует Павел Крендель, директор Пермского центра развития робототехники. Позже в робототехнику были вовлечены детские сады: «В Пермском крае Министерство образования заставило всех участвовать в соревнованиях по робототехнике для дошкольников. В 100% садов Пермского края есть робототехника. Есть учреждения, где есть отдельный педагог, который занимается только робототехникой, и есть учреждения, где воспитатели занимаются этим»⁹⁹.

В Татарстане развитие робототехники также стало во многом результатом политики руководства республики. В 2014 г. вопросы развития робототехники здесь обсуждаются на министерском уровне и вырабатывается концепция развития направления¹⁰⁰. С 2014 г. в Татарстане проводится робототехническая олимпиада WRO. В ее открытии приняли участие Президент республики Рустам Минниханов, Министр связи и массовых коммуникаций Николай Никифоров и Министр образования и науки РФ Дмитрий Ливанов. В 2015 г. олимпиада роботов совпала с открытием города Иннополис, и оба мероприятия посетил Премьер-министр РФ Дмитрий Медведев. Важную роль в развитии робототехнического образования играет Университет Иннополис, который проводит профильные олимпиады, занимается подготовкой команд на международные соревнования, обучает студентов и готовит педагогов. Артем Зерминов, директор Лаборатории робототехники RobotLand, так описывает историю развития робототехники в регионе: «Одновременно с Иннополисом были созданы STEM-центры в нескольких лицеях и колледжах при ведущих вузах Республики, Кванториумы и детские технопарки в Закамском регионе Татарстана (Набережные Челны, Нижнекамск, Елабуга). Большую роль сыграла компания «ICL Техно» (российский производитель вычислительной техники — прим. авт.). [...] Одновременно

⁹⁸ 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>>.

⁹⁹ Трескова У. В., Гагарина Д. А. Там же.

¹⁰⁰ В Министерстве промышленности и торговли РТ обсудили вопросы развития робототехники в Татарстане // Министерство промышленности и торговли РТ. <<http://mpt.tatarstan.ru/rus/index.htm/news/324476.htm>>.

шел процесс развития негосударственных центров, первыми стали «Дом занимательной науки и техники» и «Навигатор кампус», из которого вышла крупнейшая сеть кружков Техно-класс. Завершает список тех, кто отметил вкладом на начальном этапе, «Лаборатория робототехники и промышленного дизайна» и сеть ее клубов RobotLand, прославившаяся победами в творческих категориях олимпиад»¹⁰¹.

Интересен томский опыт привлечения внимания к робототехнике. Здесь четвертый год проводятся соревнования по робототехнике на Кубок губернатора Томской области. В Кубке губернатора участвуют все муниципалитеты, кроме двух-трех самых удаленных, учреждения разных типов, включая детские сады. Сергей Косаченко считает, что «соревнования — действенный стимул, чтобы привлечь и внедрить занятия по робототехнике, причем «недирективными методами».

Свою роль играет географическая и производственная специфика региона. Ярким примером является образовательная подводная робототехника во Владивостоке, где направление подводных роботов развивается с 70-х годов, в 1988 г. создан Институт проблем морских технологий (ИПМТ) ДВО РАН. Как рассказывает директор Центра развития робототехники Сергей Мун, методика разрабатывалась годами на основе разработок ДВГТУ (сейчас ДВФУ) и ИПМТ¹⁰².

Наряду с особенностями конкретных регионов, различия в характере развития робототехники в образовании связаны с масштабом населенных пунктов.

Данные опросов и интервью показывают, что доля детей, посещающих занятия по робототехнике, снижается с уменьшением размера населенного пункта.

В мегаполисах (прежде всего, в Москве и Санкт-Петербурге) предложение существенно больше и разнообразнее, чем в других типах населенных пунктов. Программы предлагают как государственные организации (школы, организации дополнительного образования, вузы), так и большое число частных клубов. Содержание программ, продолжительность и цены варьируются в широком диапазоне. Существенную долю рынка занимают крупные сетевые кружки, такие как Лига роботов, РОББО, StartJunior. Се-

¹⁰¹ Интервью с Артемом Зерминовым в рамках настоящего исследования.

¹⁰² 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>>.

тивные кружки не стремятся занимать доминирующее положение на рынке и полностью вытеснять конкурентов, но хотят занять на территории долю рынка на уровне 20%. Сетевые провайдеры дополнительных образовательных услуг жесткой конкуренции предпочитают кооперацию, а рост и масштабирование осуществляют за счет открытия новых клубов в других городах и регионах, где конкуренция еще не велика. Такая стратегия позволяет ограничивать коммерческие риски и не обострять конкуренцию до предела. Спрос на услуги участники рынка оценивают как устойчивый и высокий. Довольно динамично идет процесс открытия новых направлений.

В крупных городах представлены клубы и секции робототехники разных федеральных сетей; доля у каждой из них на рынке, как правило, небольшая. Они обычно работают по системе франчайзинга и не предпринимают попыток занять доминирующее положение на рынке. По оценкам провайдеров, в городах этой группы стабильный платежеспособный спрос со стороны родителей, конкуренция выражена слабо, главным критерием выбора секции чаще всего является удобное территориальное расположение. Помимо коммерческих провайдеров, предлагают занятия робототехникой в таких городах, как правило, региональный или городской дворец творчества и ведущие школы, причем и вариативность содержания программ, и разброс цен на платные услуги не велики. Новые направления появляются с опозданием на 2–4 года по отношению к столице.

В городах с населением менее 500 тысяч человек рынок практически не развит и конкуренция отсутствует. Зачастую отдельные направления могут быть представлены единственной на рынке организацией. Коммерческие клубы представлены редко, так как платежеспособный спрос заметно ниже и есть конкуренция со стороны бесплатных кружков, открытых в некоторых школах. В малых городах также получили распространение кружки некоммерческих организаций. Их руководители считают, что выполняют важную социальную функцию, вкладывают свои средства, привлекают спонсорские деньги, в редких случаях получают федеральные или региональные гранты.

Основным барьером для развития робототехники в малонаселенных пунктах является дефицит оборудования. Как было отмечено ранее, наиболее часто используемое при обучении робототехнике оборудование Lego Education было поставлено в школы Москвы и Санкт-Петербурга практически с начала его появления в мире (конец 1990-х годов). В школах других регионов эти конструкторы появлялись не так массово и централизованно,

и образовательная робототехника развивалась в регионах «очагами»: иногда таким «очагом» мог стать целый регион, иногда — отдельный город или образовательное учреждение. В бюджетные учреждения оборудование в основном поставляется централизованно. Региональные Министерства образования формируют программы оснащения, инициируют тендеры на поставку оборудования. Самостоятельно закупать оборудование образовательные учреждения могут только в небольших объемах. Коммерческие организации покупают оборудование самостоятельно.

Проблемой для клубов и секций в регионах также становится участие в соревнованиях, оплата билетов и проживания для команд. Большинство соревнований проходят в Москве, далее по популярности места проведения следуют Санкт-Петербург и Татарстан, добираться до которых для участников из регионов оказывается еще сложнее. Ситуация на местах решается по-разному. Где-то билеты оплачиваются родителями, где-то школами или кружками, в некоторых случаях — централизованно администрациями регионов или спонсорами.

Так, в Пермском крае Министерство образования и науки оплачивает поездки достаточно больших делегаций на финал «Робофеста» (74 человека в 2018 г.) и российский этап WRO. В Новосибирской области, по словам Валентины Любимовой, *«поездки субсидируют родители, либо учебные учреждения из попечительских фондов, частично оплачивают спонсоры, Министерство образования и городской Департамент образования»*¹⁰³. Сергей Косаченко (Томск) также отмечает сложности с оплатой поездок на соревнования: *«Не существует такой сметы в школах. Были моменты, когда родители оплачивали. Сейчас Департамент общего образования Томской области утверждает госзадание для Томского физико-технического лицея, по которому мы формируем Сборную Томской области по робототехнике и вывозим детей на соревнования. На Робофест у нас выезжали четыре ребенка, причем все блеснули. На WRO все зависит от квоты, в хорошие времена вывозили до 23 человек»*¹⁰⁴. Основатель «Лиги роботов» Николай Пак (Новосибирск) отмечает, что *«... в нас государство с 2011 года не вложило ни копейки. По крайней мере, с финансированием поездок на соревнования оно могло бы нам помочь, но нет даже этого...»*. Дмитрий Ов-

¹⁰³ 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>>.

¹⁰⁴ Трескова У. В., Гагарина Д. А. Там же.

снницкий, тренер и автор учебных пособий по робототехнике, так описывает ситуацию в Челябинске: «Финансирования нет. Дошли до абсурда, что проведение соревнований за счет бюджета бесплатно только для бюджетников, а дети обязаны выступать только от своих школ. А если они в команде учатся в разных школах?»¹⁰⁵ Отсутствие возможности ездить за счет региона на соревнования снижает интерес к направлению, поскольку участие в соревнованиях играет важную роль в мотивации детей к занятиям робототехникой.

Еще одна проблема, которая отмечается экспертами в регионах, — слабая информированность. Валентина Любимова так комментирует ситуацию в Новосибирской области: «У нас создан координационный совет по робототехнике Новосибирской области, где собираются неравнодушные преподаватели, что-то обсуждают, потом это затухает, координаторами совета являются представители Министерства. Из-за слабой информированности создается впечатление, что у нас ничего не происходит. Но это не так»¹⁰⁶. Отсутствие информации об образовательных мероприятиях, соревнованиях, успешном опыте препятствует входу в робототехнику новых участников, создает видимость «закрытого клуба». Во всех регионах спрос на педагогов робототехники превышает предложение. Подробнее проблемы кадрового и методического обеспечения раскрыты в главе 3.

Профильные медиа

Слабая информированность в отрасли стала импульсом к появлению в 2014 г. блога, позже превратившегося в **Научно-популярный портал «Занимательная робототехника»**¹⁰⁷. На конец 2018 г. посещаемость портала составила 86 тыс. человек, он имеет 350 тыс. просмотров страниц в месяц. Портал включает следующие направления:

- новости мира робототехники, описания оригинальных роботов, научных разработок университетов, ИТ-корпораций и стартапов;
- интервью с учеными, педагогами и разработчиками роботов;
- научно-популярные и методические статьи для родителей и учителей с рекомендациями по занятиям робототехникой, выбору кружков, покупке конструкторов и выстраиванию индивидуальных траекторий обучения детей;

¹⁰⁵ Интервью с Дмитрием Овсянником в рамках настоящего исследования.

¹⁰⁶ Трескова У.В., Гагарина Д.А. Там же.

¹⁰⁷ Научно-популярный портал «Занимательная робототехника». <<http://edurobots.ru>>.

- каталог кружков робототехники России и ближнего зарубежья (Республика Беларусь, Казахстан, Киргизия, Латвия, Украина) с возможностью поиска кружков по карте, регионам, платформам, направлениям робототехники, стоимости обучения. В настоящее время в каталоге около 900 кружков, информация постоянно обновляется и актуализируется;

- календарь робототехнических мероприятий и конкурсов с поиском по региону, датам, робототехническим платформам и типу мероприятия; а также тематические подборки, отчеты, твиттер-трансляции с соревнований, конференций, фестивалей по робототехнике. За три года получили освещение более 1000 региональных, российских и зарубежных научных и образовательных мероприятий по робототехнике;

- каталог DIY-проектов с инструкциями по сборке, фото и видео;

- онлайн-уроки для начинающих, доступны 3 курса: «Arduino для начинающих», «Raspberry Pi: первое знакомство», «Робототехника на VEX IQ». Уроки представлены в смешанной форме (видео, фото, текст);

- обзоры продуктов — от обучающих конструкторов до космических и медицинских роботов, российских и зарубежных;

- «Особенная робототехника» — серия материалов о том, как занятия робототехникой помогают детям с ограниченными возможностями;

- энциклопедия робототехники;

- библиотека научной, учебной и научно-популярной литературы по робототехнике, в том числе со свободным доступом;

- каталог вакансий и резюме преподавателей робототехники.

Портал не аффилирован ни с одним производителем конструкторов или организатором соревнований, информацию о кружках, мероприятиях и проектах могут загружать пользователи.

«Занимательная робототехника» — не единственное медиа в этом секторе, существуют и другие сайты, блоги, порталы, которые пишут о робототехнике и образовании в этой сфере¹⁰⁸.

Сайт **Robohunter**¹⁰⁹ позиционирует себя как сообщество робототехников, на котором регулярно публикуются новости о робототехнике, искусственном интеллекте, беспилотных летательных аппаратах, 3D-печати. Кроме того, есть раздел «Резюме роботов», где выложены данные различных роботов (что он делает, где изобретен, его основные функции и техниче-

¹⁰⁸ Обзор включает ресурсы, информация на некоторых из которых не обновляется, но сформированный контент сохраняет свою ценность.

¹⁰⁹ Robohunter. <<https://robo-hunter.com>>.

ские характеристики). Небольшой раздел «Обучение» содержит информацию, где можно пройти курсы по робототехнике, узнать, как программировать робота самостоятельно и что полезно почитать по теме.

Интернет-журнал про образовательную робототехнику и роботов **Роботовед**¹¹⁰, переставший обновляться в апреле 2018 г., публиковал новости мировой робототехники, аналитические материалы об образовании, интервью с экспертами в этих сферах.

Проект **Робогик**¹¹¹ ориентирован на образовательную и промышленную робототехнику, его лозунг — «Такие разные роботы». Авторы пишут о роботах, используемых в разных сферах деятельности: промышленности, медицине, изучении космоса, воспитании детей. На портале есть каталог робототехнических компаний, специалистов по робототехнике.

Ежегодно осенью в Санкт-Петербурге проходит международный фестиваль «РобоФинист» и одноименный летний лагерь в Ленинградской области. Сайт «**РобоФинист**»¹¹² — это не только новости о лагере и фестивале, но и полезная информация об образовательной робототехнике, конкурсах, исследованиях, российских и международных соревнованиях. В разделе «Обучение» есть информация о робототехнических кружках, которые ведут набор в Санкт-Петербурге.

Образовательной робототехнике посвящен Образовательный портал **Фрос-игра.рф**¹¹³, на котором можно найти информацию, как написать конспекты уроков с использованием робототехники, как организовать кружок по робототехнике и составить конспект занятия.

RoboFob¹¹⁴ — сайт лаборатории «Робототехника», в которой работают студенты и аспиранты МФТИ, МИЭМ НИУ ВШЭ, МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сайт посвящен трем направлениям: научно-техническая деятельность, учебно-исследовательская работа, спортивная робототехника. Здесь размещается информация о робототехнических спортивных мероприятиях, научные статьи о роботах и искусственном интеллекте, информация о семинарах.

Робофорум¹¹⁵ — технический форум по робототехнике, цель которого объединить на площадке любителей и специалистов по робототехнике.

¹¹⁰ Роботовед. <<http://robotoved.ru>>.

¹¹¹ Робогик. <<http://www.robogeek.ru>>.

¹¹² РобоФинист. <<https://robofinist.ru>>.

¹¹³ Фрос-игра.рф. <[Фрос-игра.рф](http://фрос-игра.рф)>.

¹¹⁴ RoboFob. <<http://robofob.ru>>.

¹¹⁵ Робофорум. <<http://roboforum.ru>>.

Темы его материалов: основы роботостроения, микроконтроллеры, описание проектов, Arduino, Lego, BEAM-роботы, кружки и соревнования по робототехнике.

На сайте **Myrobot**¹¹⁶ опубликованы инструкции по сборке простейших роботов на одной микросхеме, даны инструкции по программированию микроконтроллеров.

Legoteacher¹¹⁷ — небольшой блог Германа Боронина об образовательной робототехнике для педагогов. Автор рассказывает, как собирать и программировать простейшие модели роботов на базе набора Lego Mindstorms EV3, приводит интересные факты и модели роботов, публикует отчеты с мероприятий, например, кубка РТК.

Семен Гридин, работающий инженером КИПиА (контрольно-измерительных приборов и автоматики), в своем блоге¹¹⁸ пишет о промышленной автоматике, программировании контроллеров, SCADA (диспетчерское управление и сбор данных), применении прикладных программ и сервисов, полезных мобильных приложениях, интересных примерах автоматизации. Блог обновляется нерегулярно.

Образовательный проект по робототехнике **Серводроид**¹¹⁹ публикует инструкции по сборке любительских моделей роботов, разделенных по уровню сложности на простые, средние, сложные и роботы для соревнований.

Сайт <https://masor.ru> посвящен деятельности **Международной ассоциации спортивной и образовательной робототехники**¹²⁰. На нем публикуется информация о мероприятиях и курсах, оборудовании, соревнованиях.

Arduino-проекты¹²¹ — онлайн-каталог моделей интересных устройств, сделанных на основе популярной платформы Arduino.

Robocraft¹²² — регулярно обновляющийся сайт с новостями мировой робототехники. На сайте есть большой раздел со статьями по работе с Arduino.

¹¹⁶ MyRobot. <<http://myrobot.ru>>.

¹¹⁷ legoteacher.ru. <<https://legoteacher.ru>>.

¹¹⁸ Блог Семена Гридина. <<http://kip-world.ru>>.

¹¹⁹ Серводроид. <<http://www.servodroid.ru>>.

¹²⁰ Международная ассоциация спортивной и образовательной робототехники. <<https://masor.ru/>>.

¹²¹ Arduino-проекты. <<http://arduino-projects.ru>>.

¹²² Robocraft. <<http://robocraft.ru>>.

Roboting¹²³ — новостной портал, рассказывающий о новинках в мире робототехники, искусственного интеллекта и гаджетов. Все новости поделены на разделы: промышленные роботы, домашние роботы, боевые роботы, автороботы, медицинские роботы, космические роботы, научные роботы, самодельные роботы, сервисные роботы, робогаджеты, роботы-игрушки, киборги, андроиды.

Таким образом, с одной стороны, наблюдается значительное количество медиапроектов по робототехнике, с другой — практически все из них носят узконаправленный характер и зачастую перестают поддерживаться и обновляться после одного-двух лет активной работы. Самым комплексным русскоязычным сайтом, содержащим новостные, аналитические, учебно-методические материалы, а также набор сервисов для кружков, родителей, педагогов робототехники, остается «Занимательная робототехника».

* * *

В развитии образовательной робототехники в России можно выделить три этапа:

- 2000–2008 гг. — появление и начало использования наборов Lego Education в школах Москвы и ряда регионах, первые программы подготовки педагогов, первые соревнования;
- 2008–2014 гг. — распространение робототехнического оборудования в регионах, расширение числа конкурсных мероприятий, реализация инициатив крупных компаний, формирование сектора коммерческих кружков, признание важности робототехники на государственном уровне;
- после 2014 г. — дальнейший рост числа кружков робототехники и соревнований, разворачивание государственных программ (проектов) поддержки.

Образовательная робототехника развивается под влиянием ряда факторов, некоторые из которых определяют ее специфику по сравнению с другими направлениями образования.

Важнейшим драйвером развития робототехники выступили производители оборудования. Сформировавшаяся изначально значительная зависимость (в том числе методик обучения) от оборудования, преимущественно дорогостоящего и все более динамично обновляющегося, определяет сохранение сильного влияния производителей на процесс. На определенном этапе большую роль в расширении масштабов области сыграли инициати-

¹²³ Roboting. <<http://roboting.ru>>.

вы крупных частных компаний по организации соревнований (конкурсов), однако в дальнейшем их активность заметно сократилась.

Профессиональное робототехническое сообщество не является единым. Действуют разнообразные группы с отличными интересами и подходами. Единого координирующего развитие отрасли государственного органа или общественного объединения на текущий момент не появилось. Новизна робототехники в целом и стремительное развитие технологий создали ситуацию, при которой учебно-методическая база формировалась стихийно при отсутствии «вертикали» методологического и экспертного сопровождения. Это сформировало запросы участников процесса на информационный обмен и коммуникацию, ответом на которые стало развитие профильных медиа (прежде всего, социальных сетей) и сообществ.

Внимание государства заметно усилилось с 2014 г., когда оно начало оформляться в конкретные инициативы и проекты, реализуемые разными структурами (Министерством экономики, Министерством образования и науки, Министерством промышленности и торговли, Агентством стратегических инициатив, РВК и др.).

Включение государства в процесс развития робототехники в образовании очевидным образом оказало влияние на ускорение темпов ее развития, рост охвата регионов, организаций и детей. При этом на государственном уровне начала складываться система развития и регулирования отрасли. Национальная технологическая инициатива создает систему взаимодействия между государственными и частными школами, вузами и предприятиями, формирует долгосрочные планы развития, оформленные в виде документов — дорожных карт НТИ. И хотя пока фактически единого координационного органа и (или) центра методологической и методической поддержки не возникло, формирование систем масштабирования успешных практик и наставничества находится в фокусе внимания рабочих групп НТИ. На текущий момент нет рекомендованного перечня оборудования и содержания образовательных программ. Параллельно реализуются несколько отличающихся по подходам программ и инициатив со своими центрами координации. В качестве механизма развития сектора используется прежний — оснащение организаций оборудованием в рамках региональных или федеральных программ, нередко без необходимой методической поддержки и подготовки кадров.

Сложившаяся ситуация получает разные оценки экспертов.

Есть позиция, что множество вовлеченных сегодня в процесс структур, с их разнообразными и нередко конкурирующими интересами, совершенно

по-разному решающих задачи, мешают развиваться направлению образовательной робототехники в целом. Должен быть единый государственный орган, который бы занялся вопросами регулирования статуса образовательной робототехники.

Другая позиция заключается в том, что монополизация политики и экспертизы, особенно на уровне государственного органа, а тем более введение стандартов могут создать риски для вариативности и барьеры для инициатив в секторе, и поэтому более перспективным являются механизмы «мягкой координации» на уровне сообществ, в том числе через развитие модели саморегулирования.

Образовательная робототехника в регионах развивается неравномерно. Определяющую роль здесь играет «проникновение» вендоров с поставками оборудования и обучением педагогов, позиция региональной власти и активность энтузиастов. Внутрирегиональные отличия выражены не менее, а нередко и более, чем межрегиональные: как государственные, так и частные робототехнические кружки заметно больше распространены в крупных городах и редко на селе.

3. Кадровое и методическое обеспечение образовательной робототехники

Одним из ключевых элементов робототехнического образования и условием его эффективности является кадровое и учебно-методическое обеспечение. В главе 6 мы отдельно рассмотрим эту проблему в контексте профессионального образования, но более остро она стоит для сегмента обучения школьников, где требуется значительно большее количество педагогов, а литература должна быть на русском языке и адаптирована под российские школьные программы.

Портрет педагога робототехники

В 2018 г. нами проведен опрос педагогов робототехники, родителей, школьников и студентов, изучающих робототехнику, — всего 230 человек. Одной из стоящих перед нами задач было изучение «портрета» педагога: образование, стаж, особенности деятельности.

В опросе приняли участие 140 педагогов робототехники, в том числе 54 женщины (38,6%) и 86 мужчин (61,4%). Возраст опрошенных составляет от 24 до 70 лет, среднее значение 38,7 лет (практически совпадает для мужчин и женщин), медианное — 36,5, стандартное отклонение — 10,2.

Что касается должностей, то из общего числа опрошенных преподавателей большинство — педагоги дополнительного образования, треть (30%) — методисты-разработчики, четверть — учителя информатики. Небольшие по объему подгруппы — практики, работающие на профильном промышленном производстве, преподаватели вузов и ссузов, учителя технологии, педагоги детских садов, учителя физики, учителя начальных классов (рис. 1).

Большая часть педагогов, 79,3%, занимаются в сфере дополнительного образования детей, 40% — в школьном образовании, 23% — в дошкольном. Немногим более 10% педагогов работают в высшем образовании и только 4% — в колледжах.

В ходе исследования анализировалось образование преподавателей робототехники. Более трети опрошенных имеют педагогическое образование; чуть менее трети — инженерное, менее 20% — ИТ- или физико-математическое (не педагогическое). Менее 10% имеют другие виды образования



Рис. 1. Аудитория преподавателей робототехники. Должности, %

(гуманитарное, экономическое, дизайн и др.); одновременно инженерное или ИТ и педагогическое образование — у единиц (рис. 2).



Рис. 2. Аудитория преподавателей робототехники. Образование, %

На вопрос «Прошли ли вы специальное обучение по преподаванию робототехники?» более половины опрошенных (76 человек, 54,3%) ответили: «Нет, я изучил все самостоятельно». Остальные преподаватели проходили очные краткосрочные курсы (59 человек, 42,1%) и (или) дистанционные курсы (46 человек, 32,9%). Профильное высшее образование по робототехнике имеют только 6 опрошенных (4,3%). Другие педагоги выбрали свой вариант ответа, где указывались семинары и вебинары, обучение у других преподавателей и т. п.

В сфере преподавания робототехники большинство опрошенных педагогов работают от 1 до 6 лет, среднее значение составляет 4,2 года (см. гистограмму распределения на рис. 3).

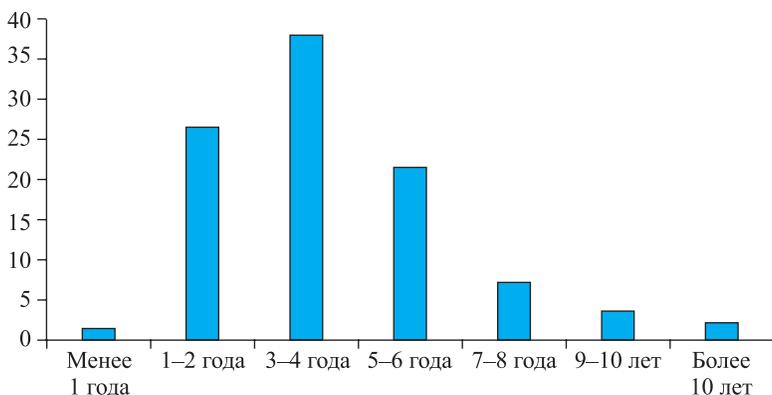


Рис. 3. Опыт работы преподавателей робототехники, %

Аудиторная нагрузка по робототехнике в этом году в среднем составляет 13,6 часа в неделю (14,7 часа, если рассматривать только тех, у кого нагрузка ненулевая). Гистограмма распределения аудиторной нагрузки по робототехнике среди тех, кто преподаёт робототехнику, приведена на рис. 4. Для подавляющего большинства педагогов занятия по робототехнике не являются основным видом деятельности.

Результаты анализа направлений, по которым педагоги ведут занятия или разрабатывают методики, в целом совпадают с результатами анализа кружков робототехники, приведенными в главе 6 настоящего издания. Среди опрошенных более 80% ведут занятия на основе робототехнических конструкторов, более 50% занимаются электроникой или программиро-

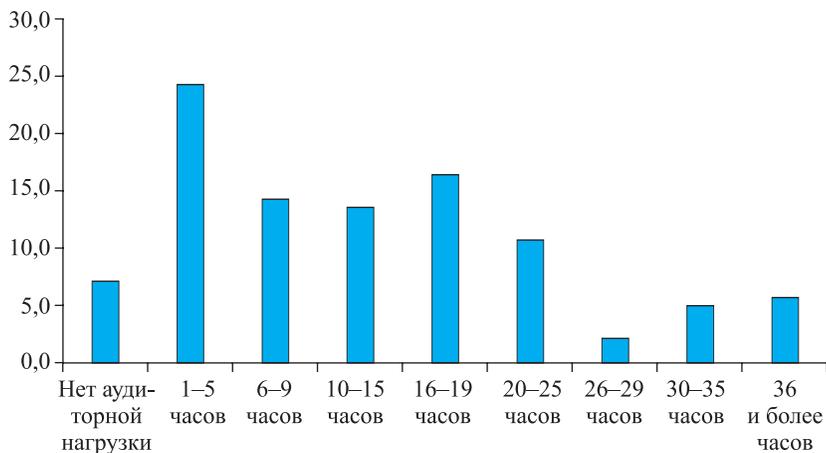


Рис. 4. Распределение аудиторной нагрузки преподавателей робототехники, %

ванием микроконтроллеров, более трети человек — конструированием, столько же — 3D печатью (рис. 5).

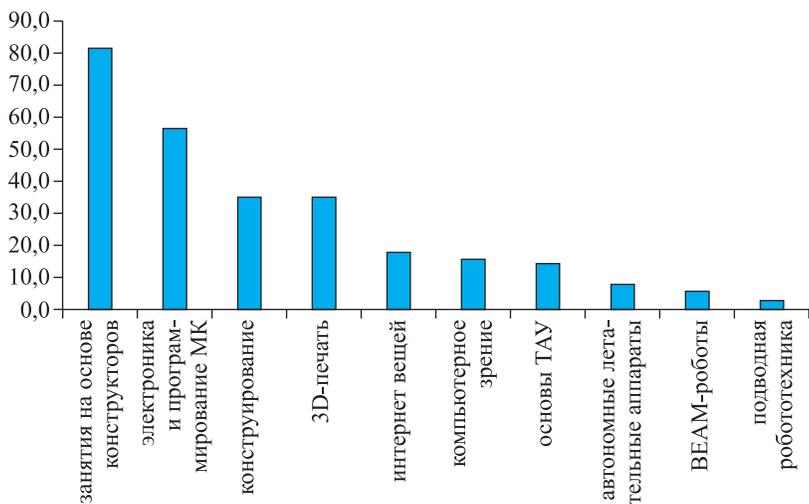


Рис. 5. Направления, по которым педагоги ведут занятия или разрабатывают методики, %

Интересны результаты опроса преподавателей о том, с какими платформами они работают (возможен выбор нескольких вариантов ответа, рис. 6). С большим отрывом преобладают платформы *LEGO Mindstorms* и *WeDo* и *Arduino*, более трети опрошенных используют 3D-принтеры. Значительно менее распространены одноплатные компьютеры *Raspberry Pi*, конструкторы *Знаток*, конструкторы *VEX*, *Bioloid*, *Fischertechnik*, *Роботрек*, *LittleBits* и другие наборы и платформы. При этом только с одной платформой работает 22,1%; с двумя — 16,4%. Четверть работает только с продуктами *LEGO*.

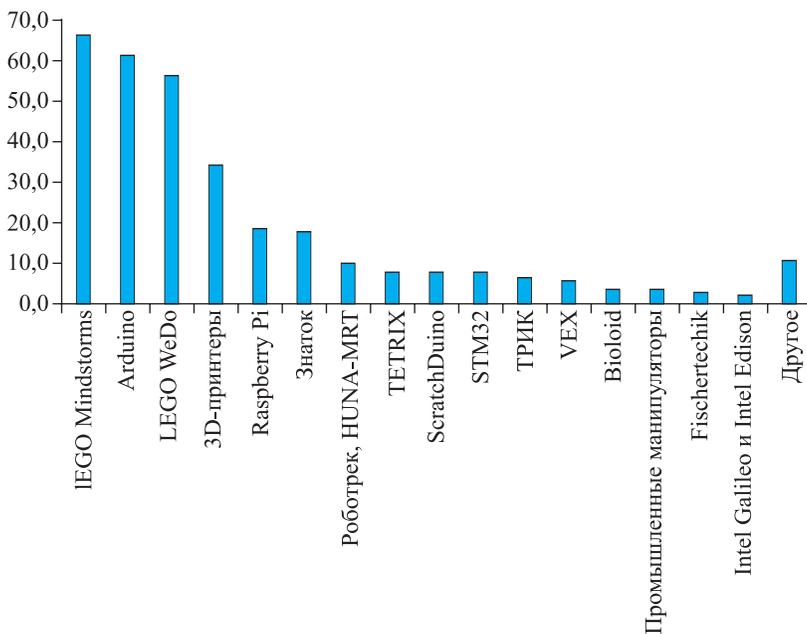


Рис. 6. Платформы, с которыми работают опрошенные преподаватели робототехники (возможен выбор нескольких вариантов ответа), %

Что касается используемых в обучении методик, то преимущественно готовые методики используют только 10% опрошенных (рис. 7).

Около трети опрошенных педагогов не участвуют в соревнованиях по робототехнике. Наиболее популярными у педагогов является следующие олимпиады и конкурсы: фестиваль «Робофест», Всероссийская робототех-

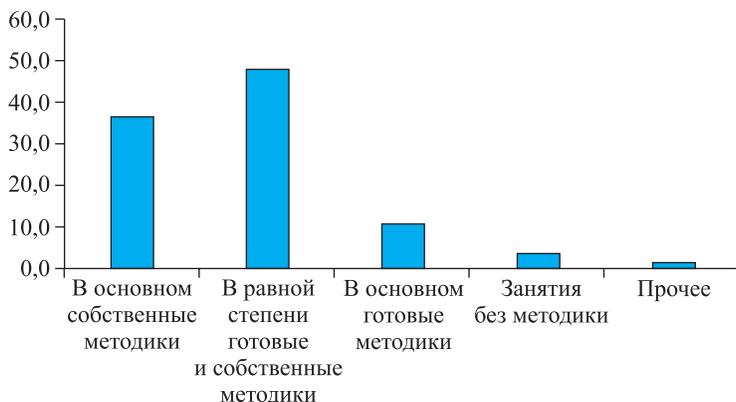


Рис. 7. Использование собственных или готовых методик в обучении робототехнике, %

ническая олимпиада и российский этап WRO; Junior и World Skills, фестиваль «Робофинист», Олимпиада НТИ (рис. 8).



Рис. 8. Участие в соревнованиях по робототехнике, %

Подготовка преподавателей

Нехватку педагогов по образовательной робототехнике отмечают руководители сетевых кружков дополнительного образования, работающих как в массовом сегменте, так и на продвинутом уровне. Поэтому остро актуальным становится вопрос о подготовке кадров и повышении квалификации.

Обучением педагогов занимаются несколько типов «игроков». Во-первых, такие курсы в различных форматах (очные, онлайн, вебинары) часто проводят производители и продавцы оборудования, а также аффилированные с ними структуры, — для них это маркетинговый инструмент и способ увеличить продажи собственного оборудования. Во-вторых, обучением преподавателей занимаются крупные сетевые кружки робототехники, имеющие для этого оборудование, площади и методики. Таким образом они отбирают и готовят педагогов для себя и одновременно получают дополнительный доход. В большинстве случаев (и для первого, и для второго варианта) это кратковременные курсы длительностью 3-5 дней. Например, Лига роботов проводит курсы с 7 очными занятиями по 3 часа и 18 часами практики¹²⁴, РОББО проводит онлайн-курсы длительностью 36 часов (включая самостоятельную работу, тестирование и рефлексия)¹²⁵. Такая длительность позволяет не только обеспечить низкую цену (иногда это бывают даже бесплатные занятия), но и является привлекательной для будущего педагога, создавая видимость легкости вхождения в отрасль. При этом, очевидно, такой объем занятий является недостаточным для обеспечения высокого уровня преподавания в дальнейшем и может рассматриваться только как вводный курс.

Курсы также проводятся различными структурами, специализирующимися на повышении квалификации педагогов (типа региональных Институтов развития образования или соответствующих подразделений вузов). Эти курсы могут быть платными или бесплатными (реализуемыми в рамках госзаданий или грантов региональных органов управления образования) для педагогов.

Курсы, проводимые ведущими образовательными учреждениями, занимающимися робототехникой, встречаются довольно редко. Наиболее

¹²⁴ Школа преподавателей Лиги Роботов в Краснодаре // Лига роботов. <<http://obraz.pro/sk>>.

¹²⁵ Становимся преподавателями робототехники // GlobalLab. Глобальная школьная лаборатория. <https://globallab.org/ru/course/cover/robototekhnika_dlja_pedagogov.html#XIOELSgzaUk>.

интересны примеры курсов Президентского физико-математического лицея № 239 в Санкт-Петербурге, которые проводятся дважды в год по нескольким направлениям и являются бесплатными для учителей. Курсы имеют несколько смен, ориентированы на разный уровень и на разные платформы и направления робототехники. Еще один пример такого типа — курсы Университета Иннополис.

В целом спрос на хорошие курсы и на качественные методики превышает предложение. При этом удовлетворяется этот спрос лучше на базовом входном уровне, на продвинутом уровне, как правило, распространено самообучение (что доказывается и результатами опроса выше).

Набирают популярность профильные онлайн-курсы. Так, на платформе «Лекториум» представлен курс «Основы робототехники»¹²⁶, подготовленный совместно Физико-математическим лицеем № 239 и Центром педагогического мастерства (преподаватель — Сергей Филиппов). Курс показывает, как построить учебную программу предмета, выработать систему оценки знаний и наладить сотрудничество между школой и вузом. Еще один курс тех же авторов на Лекториуме, но уже ориентированный на школьников, — «Базовый курс по робототехнике на языке Robolab»¹²⁷. Оба курса бесплатные.

Другой пример — курс «Преподавание робототехники в кружке для детей 8–13 лет»¹²⁸ на Фоксфорде. Стоимость обучения с получением набора оборудования и расходных материалов и удостоверения — 4990 рублей. Курс включает такие разделы как современная детская робототехника, принципиальные схемы и печатные платы, микросхемы, BEAM-роботы, Arduino, соревновательные роботы.

Также преподаватели используют онлайн-курсы по робототехнике непедагогического характера, приведем несколько популярных примеров.

Онлайн-курс от МФТИ «Строим роботов и другие устройства на Arduino. От светофора до 3D-принтера»¹²⁹ на платформе Coursera состоит из практических задач про создание вещей, которые изучают мир, двигаются, обме-

¹²⁶ Онлайн-курс «Основы робототехники» // Лекториум. <<https://www.lektorium.tv/mooc2/26302>>.

¹²⁷ Базовый курс по робототехнике на языке Robolab // Лекториум. <<https://www.lektorium.tv/mooc2/27788>>.

¹²⁸ Преподавание робототехники в кружке для детей 8-13 лет // Фоксфорд. <<https://foxford.ru/courses/672/landing>>.

¹²⁹ Онлайн-курс «Строим роботов и другие устройства на Arduino. От светофора до 3D-принтера» // Coursera. <<https://www.coursera.org/learn/roboty-arduino>>.

ниваются данными друг с другом и с человеком, управляют устройствами. В курсе рассматривается сборка этих устройства на Arduino и их программирование. Создание устройств включает проектирование, изучение компонентов, сборку схем, написание программ, диагностики. Курс не требует специальных знаний, доступен ученикам старших классов.

Онлайн-курс «Первый шаг в робототехнику»¹³⁰ на платформе Stepik знакомит с робототехникой и математической теорией управления. В качестве среды программирования используется TRIK Studio. В ней есть режим имитационного моделирования, и есть возможность программировать роботов, собранных из конструкторов ТРИК или Lego Mindstorms EV3/NXT.

Онлайн-курс «Управление мехатронными и робототехническими системами»¹³¹ на платформе «Открытое образование» подготовлен Университетом ИТМО. Курс посвящен моделированию робототехнических систем и созданию алгоритмов управления. Рассматриваются математические основы теории систем, разобрана работа с открытым программным обеспечением для математических вычислений Scilab, практическая задача управления рассматривается на примере маятниковой системы. Курс основан на использовании робототехнического набора Lego Mindstorms NXT и открытых программных средств.

В целом, с учетом англоязычных, онлайн-курсы покрывают разные направления и аспекты робототехники. Проблема, как было указано ранее, в том, что, не являясь педагогическими, эти курсы не рассматривают методики обучения робототехнике.

Учебно-методическая литература

К настоящему времени на русском языке выпущено большое количество авторской и переводной литературы по робототехнике. Опрос педагогов показывает, что наиболее часто ими используются книги и пособия следующих авторов: Д.В. Голикова, Д.Н. Овсяницкого, Д.Г. Копосова, А.В. Корягина, С.В. Косаченко, С.А. Филиппова. Рассмотрим некоторых из них.

Филиппов С.А. *Робототехника для детей и родителей* (2010, 2011, 2013)¹³² — одна из первых и, пожалуй, наиболее популярная среди суще-

¹³⁰ Онлайн-курс «Первый шаг в робототехнику» // Stepik. <<https://stepik.org/course/462/>>.

¹³¹ Онлайн-курс «Управление мехатронными и робототехническими системами» // Открытое образование. <<https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/ROBCTR/>>.

¹³² Филиппов С.А. *Робототехника для детей и родителей*. Спб.: Наука, 2013.

ствующих книг о робототехнике на основе конструкторов Lego Mindstorms на русском языке. Издание заявлено как научное, не имеет четкой привязки к школьной программе, может использоваться на уроках, в дополнительном образовании и при самостоятельном обучении. В книге рассматриваются основы конструирования, программирования на языках NXT-G, Robolab и RobotC, элементы теории автоматического управления. Во втором издании большее внимание уделено алгоритмам управления, добавлено описание ПИД-регулятора на примере балансирующего робота-сигвея, рассмотрены простейшие технологии футбола роботов.

В последние годы у Сергея Филиппова изданы и другие книги, в том числе в формате учебного пособия, как, например, «Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление» (2017, 2018)¹³³ для 5–6 классов и старше. Книга знакомит с физическими основами робототехники и основами моделирования автоматических устройств на основе робототехнических конструкторов Lego и TRIK и создания алгоритмов управления роботами в среде TRIK Studio.

Копосов Д.Г. *Технология. Робототехника* (2017)¹³⁴ — комплект учебных пособий для 5–8 классов. Пособия дополняют учебники «Технология» в части параграфов, посвященных робототехнике, и предназначены для формирования практических умений. Материалы ориентированы на платформу Lego Mindstorms EV3.

Популярными являются книги авторского коллектива из Челябинска — Овсяницкой Л.Ю., Овсяницкого Д.Н., Овсяницкого А.Д., в частности, «Курс программирования робота Lego Mindstorms EV3 в среде EV3: основные подходы, практические примеры, секреты мастерства» (2014)¹³⁵ и «Алгоритмы и программы движения по линии робота Lego Mindstorms EV3» (2015)¹³⁶. Книги формально не являются учебными пособиями, обобщают многолетний опыт авторов, могут быть полезны для педагогов и учащихся разных уровней образования. Приведенные в книгах алгоритмы сопровождаются подробным объяснением и программным кодом.

¹³³ Филиппов С.А. Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лаборатория знаний, 2018.

¹³⁴ Копосов Д.Г. *Технология. Робототехника*. 5 класс: учебное пособие. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2017.

¹³⁵ 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: ИП Мякотин И.В., 2014.

¹³⁶ Овсяницкая Л.Ю., Овсяницкий Д.Н., Овсяницкий А.Д. *Алгоритмы и программы движения по линии робота Lego Mindstorms EV3*. М.: Перо, 2015.

Еще один заметный авторский коллектив — Белиовский Н.А. и Белиовская Л.Г. В их методическом пособии «Использование LEGO-роботов в инженерных проектах школьников. Отраслевой подход» (2016)¹³⁷, в частности, представлены проекты школьников, направленные на модернизацию существующих в регионах России производств и на внедрение новых технологий.

Книга тех же авторов «Основы машинного зрения в среде LabVIEW» (2017)¹³⁸ представляет полный учебный курс по тематике машинного зрения и цифровой обработки изображений и одновременно может служить практическим пособием по построению приложений машинного зрения в среде визуального программирования LabVIEW с использованием библиотеки средств обработки и анализа изображений IMAQ Vision.

Еще одна популярная серия пособий — «РОБОФИШКИ» (2017). Пособия (их общее количество на сегодня 24) получили общее название «Конструируем роботов на ... (Lego Mindstorms EV3, ScratchDuino, Arduino и т.д.)»¹³⁹. В серию входит и издание популярного автора книг о любительских электронных устройствах, роботах, дронах, инструментарии и игрушках Джона Бейктала «Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих»¹⁴⁰, в котором представлены 30 образцов роботов-самоделок со всего мира.

Из новинок можно отметить учебное пособие Киселева М.М. «Робототехника в примерах и задачах. Курс программирования механизмов и роботов» (2019)¹⁴¹, в котором собрано более 400 задач по образовательной робототехнике. Примеры решения задач рассмотрены для среды программирования TRIKStudio и образовательных наборов Lego NXT, Lego EV3 и

¹³⁷ Белиовская Л.Г., Белиовский Н.А. Использование LEGO-роботов в инженерных проектах школьников. Отраслевой подход. М.: ДМК-Пресс, 2016.

¹³⁸ Белиовская Л.Г., Белиовский Н.А. Основы машинного зрения в среде LabVIEW. М.: ДМК-Пресс, 2017.

¹³⁹ Тарапата В.В., Салахова А.А., Красных А.В. Конструируем роботов на LEGO MINDSTORMS Education EV3. Волшебная палочка: учебное пособие. М.: Лаборатория знаний, 2017; Винницкий Ю.А., Поляков К.Ю. Конструируем роботов на ScratchDuino. Первые шаги. 2-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2018; Бейктал Дж. Конструируем роботов на Arduino. Первые шаги. / пер. с англ. О. А. Трефиловой. 2-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2019.

¹⁴⁰ Бейктал Дж. Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих. М.: Лаборатория знаний, 2018.

¹⁴¹ Киселев М.М. Робототехника в примерах и задачах. Курс программирования механизмов и роботов. М.: Солон-пресс, 2019.

ТРИК. Важно, что представленные задания сформулированы без привязки к аппаратной платформе и конкретной среде программного продукта.

Учебно-методические материалы часто создаются при поддержке производителей или дистрибьютеров конструкторов, которые заинтересованы в привязке материалов к собственному оборудованию. Примером являются методические материалы Академии Lego¹⁴², образовательные продукты франшиз Roboooku, Робит и др. Такие материалы разрабатываются как непосредственно специалистами компаний-производителей, так и специально привлеченными педагогами. С одной стороны, это способствует доступности изданий — они могут быть бесплатны или условно бесплатны при приобретении оборудования; кроме того, серьезные производители заботятся о репутации, что гарантирует качество издания. С другой — такая литература может в значительной части сводиться к освоению оборудования, а не к изучению робототехники. Впрочем, эта проблема во многих случаях свойственна и материалам независимых авторов.

* * *

Кадровое и учебно-методическое обеспечение — острая проблема школьной образовательной робототехники. Число издаваемых пособий и учебников по образовательной робототехнике растет. Наибольшее количество методических материалов, курсов подготовки преподавателей создаются производителями образовательных конструкторов. Дефицит учебной и методической литературы сокращается, но сохраняет остроту. С одной стороны, многие преподаватели не имеют оперативной и полной информации о новинках и возможностях доступа к ним, с другой — объективно не хватает разработок, которые можно использовать в рамках основных общеобразовательных программ, особенно для старших классов и продвинутого уровня. Методические пособия, онлайн- и офлайн-курсы производителей оборудования и аффилированных с ними структур в основном ориентированы на начальный ознакомительный уровень подготовки. Это приводит к тому, что преподаватели часто сами разрабатывают курсы на основе материалов, опубликованных в сети Интернет. В отрасли наблюдается большой приток новых кадров, которые входят через краткосрочные офлайн- и онлайн-курсы, то есть без системной методической и теоретической подготовки, и основное время которых во многом уходит на освоение того или иного оборудования.

¹⁴² Об академии LEGO. <<http://legoacademy.ru/academy>>.

Спрос на качественные продвинутые курсы превышает предложение. Ведущие образовательные учреждения, занимающиеся робототехникой, организуют курсы крайне редко. В таких условиях педагоги занимаются самообразованием, используя книги, поиск информации в интернете, онлайн-курсы.

4. Соревнования и конкурсы по робототехнике

Соревнования — значимый элемент системы робототехнического образования. Их количество и разнообразие растет. Они дифференцированы по возрасту, уровню подготовки, используемому оборудованию.

Типы и задачи соревнований. Соревновательная и спортивная робототехника

Соревнования по робототехнике можно классифицировать по различным основаниям. Нам представляется оптимальным выделение среди прочих следующих трех подходов.

Первый подход — условно «олимпиадный», когда ответ или решения конкурсных заданий состязаний заранее известны (WorldSkills, JuniorSkills, ряд направлений WRO и «РобоФеста»).

Второй подход — условно «конкурсный», когда эталонного ответа на поставленную соревнованием задачу не существует (EUROBOT, часть направлений RoboCup, ABU Robocon, хакатоны). Этот подход в большей степени способствует развитию креативности участников, стимулирует научные исследования и технологические разработки. Этому также способствует снятие ограничений на платформы и некоторые другие искусственные ограничения.

Третий подход — стимулирующий (мотивирующий), когда соревнования являются в большей степени праздником, игрой, общением (FLL, Junior FLL, «РобоФинист», часть региональных, городских, районных соревнований). Задачей таких соревнований могут быть выявление талантливых учеников, обмен опытом, мотивация участников на дальнейшее обучение, навыки управления и работы в команде.

Учитель Томского физико-технического лицея Сергей Косаченко видит в соревнованиях образовательный потенциал: *«Я ориентируюсь на участие в RoboCup еще потому, что обмен информацией между участниками стимулируется самими организаторами. По правилам участники делятся информацией с другими командами, без этого не победить. С точки зрения образования, это замечательно обучает, здесь большой образовательный потенциал»*¹⁴³.

¹⁴³ Трескова У. В., Гагарина Д.А. Элитные или массовые? Олимпиады или конкурсы? Обсуждаем соревновательную робототехнику // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/competitive-robotics>>.

Ведущий специалист STEM-программ Университета Иннополис Александр Колотов подчеркивает потенциал соревнований как инструмента вовлечения школьников в программирование:

«С моей точки зрения, школьника в какой-то момент времени нужно заинтересовать программированием. И робототехника — довольно интересный инструмент для того, чтобы заинтересовать многих программированием, потому что когда мы программируем робота, возникает ощущение живого существа. Если мы говорим про программу на компьютере, то просто отправляем школьника в компьютерный класс писать программу. Ученик пишет на Бейсике или Паскале, но даже смартфон сегодня делает это красочнее, чем можно сделать в школе. Поэтому не возникает душевного порыва делать это дальше, «вау-эффекта» нет.

Робототехника отчасти — это как раз «вау-эффект». Ребенок 3–5-го класса создает простую программу, например, робот всего лишь едет вперед. Самая простая программа, но сам факт того, что он запрограммировал программу движения и остановки, создает совершенно другой эффект — робот сдвинулся с места! Для детей это гигантский душевный резонанс, и они решают продолжать. Понятно, что кто-то выйдет из процесса, столкнувшись с трудностями, но другие начинают больше и больше изучать программирование, появляется еще больше мотивации. То есть соревнования — базовый способ вовлечения школьников в программирование»¹⁴⁴.

Руководитель Лаборатории робототехники Сбербанка Альберт Ефимов считает, что соревнования по робототехнике учат управлению и организации: *«Робототехника — командный вид спорта. Побеждает тот, кто умеет сделать работающую команду. Это задача взрослых. Здесь побеждают не лучшие школьники или лучшие преподаватели, а эффективные организаторы команд»¹⁴⁵.*

Робототехнические соревнования ориентированы на разный возраст участников, в том числе на студентов. И если на школьных соревнованиях, как правило, основанных на Lego, российские команды традиционно показывают высокие результаты, то на более сложных, таких как EuroBot, мы не получаем призовых мест. Тем не менее именно участие в такого рода соревнованиях может быть индикатором качества довузовского и вузовского робототехнического образования¹⁴⁶.

¹⁴⁴ Трескова У. В., Гагарина Д. А. То же.

¹⁴⁵ Там же.

¹⁴⁶ Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанка. Апрель 2018.

Есть эксперты, которые не считают, что участие в соревнованиях стоит своих затрат. Приведем иллюстрирующее эту позицию высказывание Евгения Магида: *«Соревнования — это такая «прикольная фишка». Всем кажется, что соревнования — это круто и нужно в них обязательно участвовать. Победа повышает узнаваемость вуза. Студентам интересно опробовать на практике свои теоретические знания и выучить что-то новое. Все это верно, но по факту соревнования для нас — это куча потерянного времени сотрудников, которые вместо выполнения научных задач будут курировать и организовывать подготовку команды и ее участие в мероприятии. Потерянный бюджет, потраченный на поездку на соревнования, покупку каких-то запчастей и материалов, которые зачастую больше ни для чего не пригодятся и будут сложены на склад на вечное хранение после окончания соревнований. Студенты, которые пропускают плановые занятия и рискуют снизить свою успеваемость. При этом мы не получаем никакие научные KPI за соревнования [...] Для нас прямого научного «выхлопа» от соревнований нет. Соревнования нерентабельны для нас. Исключение — если есть надежные спонсоры. Поэтому мы потихоньку готовимся к RoboCup Rescue и RoboCup Soccer, используя уже имеющееся в ЛИРС оборудование. А поедем ли в итоге — зависит от руководства вуза и спонсоров»¹⁴⁷.*

Сравнение робототехнических соревнований со спортом породило термины *соревновательная робототехника* и *спортивная робототехника*. При этом в сообществе участников соревновательных движений нет единого мнения, одно и то же это или нет.

Так, Александр Колотов полагает, что это одно и то же: *«Соревновательная робототехника в первую очередь интересна как любой вид соревнований. Школьникам хочется понять, насколько они лучше других в данной дисциплине. Это могут быть различные робототехнические соревнования по конструированию, программированию. В первую очередь, соревнования — это сравнить себя, во-вторых, посмотреть задачи»¹⁴⁸.*

Альберт Ефимов также придерживается мнения, что спортивная и соревновательная робототехника — разные маркетинговые термины для, по сути, одного и того же.

¹⁴⁷ Гагарина Д.А. Как построить лучшую лабораторию робототехники. Версия Евгения Магида // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/magid>>.

¹⁴⁸ Трескова У.В., Гагарина Д.А. Элитные или массовые? Олимпиады или конкурсы? Обсуждаем соревновательную робототехнику // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/05/competitive-robotics>>.

Член национального организационного комитета EUROBOT и директор по развитию Лаборатории образовательных проектов Иван Лихоперский считает, что лучше разделять спортивную и соревновательную робототехнику: *«Мое восприятие спортивной робототехники — это, например, робосумо, где четкий регламент, где на круге роботы выполняют одну задачу. Соревновательная робототехника требует больше интеллекта, а задания совершенно разные. Они не имеют определенного решения, это более сложная задача для команд, которые должны по максимуму задействовать интеллект»*¹⁴⁹.

Следует отметить, что соревнования по робототехнике в настоящее время не ориентированы на участие в них учащихся с ОВЗ — ни по организации площадок, ни по регламентам. Исключение составляет Национальный чемпионат по профессиональному мастерству среди инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья «Абилимпикс», а рамках которого проводятся компетенции по робототехнике и интернету вещей.

Рассмотрим более подробно основные робототехнические соревнования.

Обзор соревнований

Фестиваль «РобоФест»

«РобоФест» — крупнейший в Европе и один из крупнейших в мире фестивалей, ежегодно собирающий лучших участников научно-технического творчества в возрасте от 6 до 30 лет, которые представляют там свои разработки. Идея проведения фестиваля родилась у Олега Дерипаски в 2007 г. при посещении им Североамериканских всемирных соревнований роботов «FIRST» (For Inspiration and Recognition of Science and Technology / «Развитие и поощрение интереса к науке и технике»). В России на тот момент не было единой программы поддержки робототехники и инженерных специальностей. Возродить престиж инженерных профессий в России, которая всегда была знаменита своими физиками, математиками, изобретателями, инженерами, привить интерес к ним со школьной скамьи — ключевые задачи «РобоФеста»¹⁵⁰.

В 2018 г. фестиваль «РобоФест» переименован в «PROFEST». Мероприятие объединило в себе соревнования по 25 робототехническим дисциплинам, со-

¹⁴⁹ Там же.

¹⁵⁰ XI Всероссийский технологический фестиваль «PROFEST». <<http://www.russianrobofest.ru/o-festivale>>.

стызания по профмастерству среди школьников JuniorSkills («ЮниорПрофи») по 19 компетенциям, а также соревнования среди юниорских корпораций — полипрофессиональных команд. Соревнования и конкурсы, насчитывающие 44 вида, выстроены в логике, позволяющей увидеть траекторию профессионального продвижения: от вовлекающих соревнований детей с 6 лет до проектов, реализуемых школьниками старших классов и студентами по заданиям реального бизнеса, стартапов и предпринимательских проектов¹⁵¹.

В разные годы «РобоФест» становился национальным финалом для международных робототехнических состязаний FIRST, ABU ROBOCON, ELROB, WorldSkills.

Всероссийская робототехническая олимпиада и World Robot Olympiad

Всероссийская робототехническая олимпиада (ВРО) — это командная проектная олимпиада по программированию интеллектуальных робототехнических систем для школьников и студентов. С 2004 года в рамках ВРО проводятся также соревнования World Robot Olympiad (WRO) — Всемирная олимпиада роботов¹⁵². Это одно из двух, наряду с Робофестом, наиболее массовых соревнований по робототехнике в России. За годы их существования сложились региональные представительства, проводятся иерархические отборы по всей стране. Через олимпиаду ежегодно проходит 10 тысяч участников — в основном школьников (студенческая категория так и не стала популярной). Первые 10 лет российский финал WRO проводился в Москве.

В 2013 г. пятилетний контракт на организацию олимпиады в России и подготовку российской сборной заключил тогда еще не открывшийся Университет Иннополис. В 2014 г. Олимпиада проходила в Казанской академии тенниса. В 2015 г. местом ее проведения впервые стал Иннополис — город-спутник Казани в 40 км от нее, что совпало с открытием самого города. В 2019 г. Университет Иннополис в пятый раз провел на своей площадке Всероссийскую робототехническую олимпиаду¹⁵³.

¹⁵¹ PROFEST стартует 7 марта. <<http://www.russianrobofest.ru/o-festivale/news/460>>.

¹⁵² Всероссийская робототехническая олимпиада. <<http://robolymp.ru/season-2019/about-us/about-the-olympics>>.

¹⁵³ Трескова У.В. ВРО 2019 снова пройдет в Иннополисе // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/10/rro>>.

Российский финал WRO проводится Университетом Иннополис совместно с ВРО — Всероссийской робототехнической олимпиадой. Акцент на российскую составляющую во многом был связан с задачами импортозамещения. В направлениях Олимпиады помимо регламентов WRO появились свои категории.

Алексей Хабибуллин, руководитель отдела проектных олимпиад Университета Иннополис, так характеризует эти изменения: *«Специфика ВРО заключается в том, что у нас есть два типа регламентов. Один тип регламентов международный, по которым проходят соревнования World Robot Olympiad и по которому собирается сборная России для выступления на международном этапе. Второй тип соревнований — российские, которые разрабатываются авторским коллективом под руководством специалистов Университета Иннополис. Российские регламенты больше приближены к реальной робототехнике, взрослой, среди них есть летательная робототехника, автотранспортная робототехника, водная робототехника. Мы стараемся включить туда те задачи, которые сейчас решают инженеры во всем мире... Разумеется это все несколько модифицируется для школьников, не стоит ожидать сразу прорывных решений, которые можно пускать в продакшн (такие случаи бывают, но это скорее исключения). Но показать детям ту проблематику, которая есть в этой сфере, важно на раннем этапе, чтобы ребята могли сориентироваться, понять, что им интересно и какие разделы математики и физики нужно начинать уже сейчас изучать»¹⁵⁴.*

Олимпиада НТИ

Олимпиада Национальной технологической инициативы (НТИ) — инженерные состязания школьников. Олимпиада проводится по нескольким профилям (предметам). В 2018–2019 учебном году школьники могли выбрать один из 19 профилей олимпиады, среди которых «Интеллектуальные робототехнические системы», «Водные робототехнические системы», «Автономные транспортные системы», «Беспилотные авиационные системы». Олимпиада проводится в три этапа. Первый отборочный этап проходит в дистанционной форме. На втором этапе и в финале участники объединяются в команды и решают инженерно-конструкторские задачи.

¹⁵⁴ Гагарина Д. А. Что будет с ВРО? Чье будет WRO? // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/07/bitva-za-wro>>.

Профили олимпиады «Интеллектуальные робототехнические системы», «Водные робототехнические системы», «Беспилотные авиационные системы» включены в перечень Российского совета олимпиад школьников¹⁵⁵ и принесят бонусы при поступлении в вузы.

Профиль «Интеллектуальные робототехнические системы»¹⁵⁶ организован Университетом Иннополис. Задания связаны с локализацией робототехнического устройства в пространстве, построением маршрута и планированием перемещения. Участникам необходимы знания математики, информатики, специальные знания в области робототехники, а также навыки проектирования и сборки робототехнических устройств. Для выполнения практических заданий используют кибернетический конструктор ТРИК.

Разработчики задания **профиля «Водные робототехнические системы»¹⁵⁷**: Центр развития робототехники, Центр робототехники, ДВФУ. Участникам необходимо составить программу для подводного робота, задача которого пройти маршрут, распознавая объекты с помощью библиотек компьютерного зрения. Участникам необходимы знания физики, математики, информатики, практические навыки сборки подводных аппаратов. На дистанционных этапах участники решают теоретические задачи, программируют робота на симуляторе. В финале необходимо собрать подводного робота из конструктора, запрограммировать его на выполнение практической задачи в бассейне.

Профиль «Автономные транспортные системы» моделирует задачи беспилотного транспорта. Разработчики заданий профиля: Московский политехнический университет (Московский Политех), Copter Express, AcRobotикс. Чтобы пройти отборочные этапы, участникам необходимо решить задачи по физике, выполнить задания по электронике и информатике. На заключительном этапе участники собирают из конструктора беспилотники двух видов (автомобиль и коптер), программируют их навигационную систему на прохождение полосы препятствий.

Профиль «Беспилотные авиационные системы»¹⁵⁸ разработан Московским Авиационным Институтом. Задания связаны с проектированием систем управления беспилотными летательными аппаратами. Участникам

¹⁵⁵ Перечень олимпиад // Российский совет олимпиад школьников. <<http://rsr-olymp.ru>>.

¹⁵⁶ Интеллектуальные робототехнические системы // Олимпиада НТИ. <<http://nti-contest.ru/profiles/irs>>.

¹⁵⁷ Водные робототехнические системы // Олимпиада НТИ. <<http://nti-contest.ru/profiles/wrs>>.

¹⁵⁸ Профиль «Беспилотные авиационные системы» // Олимпиада НТИ. <<http://nti-contest.ru/profiles/aero>>.

необходимы знания основ работы автоматизированных систем управления, опыт настройки ПИД-регуляторов, работы с системами технического зрения, базовые знания о микроконтроллерах и микропроцессорах, навыки программирования. Часть заданий выполняется на симуляторе. В финале проводятся летные испытания.

WorldSkills и JuniorSkills

WorldSkills — международное некоммерческое движение, целью которого является повышение престижа рабочих профессий и развитие навыков мастерства. От традиционных ремесел до многопрофильных профессий в области промышленности и сфере услуг в 75 странах-участницах движения, WorldSkills оказывает прямое влияние на рост профессионального образования во всем мире. Чемпионат также называют «Олимпиадой рабочих рук». В его структуре 45 компетенций¹⁵⁹, среди которых «Мобильная робототехника» и «Промышленная робототехника». Россия присоединилась к движению в 2012 г. Первый Всероссийский конкурс рабочих профессий WorldSkills Russia состоялся в 2013 г. Программу реализует Союз «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Молодые профессионалы» (Ворлдскиллс Россия)» при поддержке Агентства стратегических инициатив, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства образования и науки РФ.

JuniorSkills — программа ранней профориентации и основ профессиональной подготовки школьников. Она была инициирована в 2014 г. Фондом Олега Дерипаски «Вольное Дело» в партнерстве с «WorldSkills Россия» при поддержке Агентства стратегических инициатив, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства образования и науки РФ.¹⁶⁰ В 2017 г. движение разделилось на два направления, одно из которых — Программу ЮниорПрофи (JuniorSkills)¹⁶¹ — продолжил развивать Фонд «Вольное Дело», а второе — вновь созданные Юниорские турниры WorldSkills — Союз «Ворлдскиллс Россия». В 2017 г. на международном чемпионате в Абу-Даби были представлены две юниорских сборные от России¹⁶²; после про-

¹⁵⁹ Структура компетенций WorldSkills International // Агентство стратегических инициатив. <<https://asi.ru/staffing/worldskills>>.

¹⁶⁰ О программе JuniorSkills. <<https://worldskills.ru/final/nacziionalnyij-final/juniorskills.html>>.

¹⁶¹ О программе ЮниорПрофи (JuniorSkills). <<http://юниор-профи.рф>>.

¹⁶² Гагарина Д.А. Одна Россия — две сборных. Постскрипtum про JuniorSkills в Абу-Даби //

шедшего разделения соревнований такую сборную может формировать только Союз «Ворлдскиллс Россия»¹⁶³.

Соревнования RoboCup

RoboCup — первые в мире авторитетные робототехнические соревнования, история которых насчитывает более 20 лет — первый чемпионат состоялся в 1997 г. в Японии. По сути с RoboCup началась история робототехнических соревнований в мире. Важно отметить, что чемпионат RoboCup не привязан к конкретному производителю, оборудованию, бизнесу — это сообщество ученых, студентов, школьников, технологических предпринимателей¹⁶⁴.

В России RoboCup появился только в 2016 г. В первом RoboCup Russia Open 2016 участвовали 90 команд из Томска, Красноярска, Новосибирска, Казахстана. В 2017 г. четыре региона (Томск, Красноярский край, Новосибирск, Санкт-Петербург) включились в процесс и сумели организовать региональные отборочные этапы. В 2018 г. число регионов увеличилось до семи: добавились Екатеринбург и Пермь, Московская область. По результатам RoboCup Russia Open команды могут участвовать в трех ежегодных международных мероприятиях — мировом финале, RoboCup Азиатско-Тихоокеанского региона и Европейском чемпионате RoboCup.

В RoboCup три основных вида состязаний юниоров: футбол роботов, роботы-спасатели и театрализованное представление с роботами на сцене. RoboCup стимулирует обмен научно-технической информацией: каждый участник обязан представлять для общего доступа Team Description Paper в формате научной статьи, в которой рассказывается о команде, используемых технологиях, результатах.

Соревнования EUROBOT

EUROBOT — международные соревнования роботов, созданных студентами и школьниками. Соревнования, стартовавшие в 90-е годы во Фран-

Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/10/odna-rossiya-dve-sbornyx-postskriptum-pro-juniorskills-v-abu-dabi>>.

¹⁶³ Гагарин А.С. Взрослый и детский WorldSkills: хайтек-штрихи к портрету // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2017/11/worldskills-hi-tech-2017/>>.

¹⁶⁴ 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>>.

ции, открыты для молодых людей со всего мира. Участники должны создать команду из двух или более человек, которая может быть сформирована студентами, независимыми клубами или некоммерческими организациями. Регламент EUROBOT и требования к роботам меняются каждый год¹⁶⁵. В EUROBOT две лиги: высшая EUROBOT-Profi и лига юниоров EUROBOT-Junior. В высшей лиге играют взрослые команды, где участникам от 18 до 30 лет, задания достаточно сложные, и робот должен быть автономным. Возраст участников младшей лиги — от 7 до 18 лет, здесь соревнуются управляемые (не автономные) роботы.

Российские команды начали участвовать в EUROBOT в 2006 г. Тогда был создан национальный комитет EUROBOT, так как условием попадания на мировой финал является победа на отборочном этапе в своей стране. В свою очередь, чтобы попасть на российский финал, сначала нужно показать высокий результат на региональном отборочном этапе.

В EUROBOT также нет ограничений на тип используемого оборудования — роботы могут быть сделаны из любых конструкторов и деталей. Как поясняет председатель НОК Евробот Мария Салмина¹⁶⁶, это одно из основных преимуществ соревнования. В качестве базового набора могут подойти конструкторы Знаток, Lego, Fischertechnik, наборы Амперки. Можно сделать самостоятельную сборку: например, собрав конструкцию на 3D-принтере и лазерном станке из фанеры и пластика и купив ходовую часть на AliExpress. Роботы для высшей лиги требуют более сложных деталей и комплектующих, индивидуальной проработки. *«Ставка делается на поддержку команд профильными компаниями; в Европе это сформировавшаяся практика, и многие компании — Siemens, Renault и другие — активно поддерживают команды, вкладывая большие деньги в разработку роботов. А в дальнейшем берут ребят из команд себе на работу. У нас эта практика не так сильно развита, но мы стараемся помогать командам в этом вопросе. Команда Сколтеха в этом направлении продвинулась гораздо дальше, их поддерживают несколько спонсоров, поэтому они занимают первые места на российском этапе уже два года подряд»,* — отмечает Мария Салмина.

Ежегодно в EUROBOT принимают участие более 450 команд из 30 стран мира. Эти соревнования являются неофициальным рейтингом лучших тех-

¹⁶⁵ О соревнованиях EUROBOT. <<http://www.eurobot-russia.org/main/eurobot-org>>.

¹⁶⁶ 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>>.

нологических университетов Европы. В 2018 г. о поддержке соревнований заявил Сбербанк¹⁶⁷.

Фестиваль «Робофинист»

Фестиваль «Робофинист»¹⁶⁸ проводится в Санкт-Петербурге ежегодно с 2014 г. Его организаторы — Сергей Филиппов, Президентский физико-математический лицей № 239 и Благотворительный фонд «Финист» Темура Аминджанова и Сергея Вильского. Мероприятие обладает международным статусом, но до 2019 г. не имело системы региональных отборочных соревнований — отбор участников проходил в дистанционной форме. Каждый год количество участников фестиваля растет; в 2019 г. впервые прошли региональные этапы¹⁶⁹.

Соревнования на «Робофинисте» проводятся по различным категориям: воздушные гонки, футбол роботов, следование по линии, кубок РТК, сумо роботов, свободная творческая категория и многие другие. Соревнования насчитывают примерно 50 разных регламентов, среди которых присутствуют и регламенты других известных соревнований, например WRO.

На фестивале введена оригинальная система взаимного оценивания и рецензирования творческих проектов: участники знакомятся с чужим проектом и рекламируют его.

Фестиваль «Робофинист» считается праздником, объединяющим единомышленников, близких по увлечению людей. За пять лет его существования вырос не только уровень участников, но и их число: с 600 в 2014 г. до 1100 в 2018.

Фестиваль «ДЕТалька»

Фестиваль по робототехнике и нейротехнологиям «ДЕТалька» проводится российской компанией «Брейн Девелопмент» в рамках международного сотрудничества в области развития образовательной робототехники с Международной ассоциацией детской робототехники (IYRA). В состязаниях могут участвовать школьники и дошкольники из организаций, рабо-

¹⁶⁷ Сбербанк поддержал чемпионат ЕВРОБОТ // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/03/sberbank-podderzhal-chempionat-evrobot>>.

¹⁶⁸ О фестивале Робофинист 2018. <<https://robofinist.ru/event/info/short/id/213>>.

¹⁶⁹ Региональные этапы фестиваля «Робофинист». <<https://robofinist.ru/news/183>>.

тающих с конструкторами Роботрек (Россия), HUNA, MRT (Южная Корея, Китай), СКАРТ (Россия). В 2018 г. фестиваль собрал более 600 участников из 40 регионов России и Казахстана, а особенностью мероприятия стало применение нейро-интерфейса и съема сигнала ЭЭГ для управления моделями роботов. Из участников фестиваля «ДЕТалька» формируют сборную России для поездки на международные соревнования IYRC. Как поясняет Василий Максимов, руководитель Малой компьютерной академии Северо-Восточного федерального университета (СВФУ), соревнования IYRC проводятся только на основе робототехнических наборов Huna-MRT, и их, как, впрочем, и многие другие подобные робототехнические соревнования, можно рассматривать как масштабные и эффективные мероприятия по продвижению определенной продукции. *«Но в таких соревнованиях участвует большое количество детей, которые совершенно не чувствуют себя участниками маркетинговых мероприятий. Они просто учатся основам робототехники на доступном им оборудовании, участвуют в увлекательных состязаниях вместе со своими сверстниками из разных стран и регионов, строят свою «историю успеха». В большинстве категорий IYRC от участников требуется только уверенное владение пультом дистанционного управления роботом. Такие простые состязания тоже нужны детям, особенно малышам. К тому же ассоциация IYRA старается сделать их интересными и увлекательными»,* — считает Василий Максимов¹⁷⁰.

«Роботраффик-Технион»

Всероссийский этап международных соревнований моделей робоавтомобилей по регламенту «РобоТраффик-Технион» с 2018 г. проводится в Томске. Впервые они были организованы в 2014 г. в Казани и проходили в рамках Всероссийской робототехнической олимпиады.

Целью мероприятия заявлены популяризация научно-технического творчества учащихся, создание условий для организации высокомотивированной деятельности по созданию и программированию роботизированных систем, привлечение внимания молодежи к проблемам безопасности на дорогах¹⁷¹.

¹⁷⁰ 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>>.

¹⁷¹ Российский этап международных соревнований Роботраффик и Роботраффик с техни-

Соревнование проходит по двум регламентам разного уровня сложности. Регламент «Роботраффик» подразумевает разработку модели транспортного средства, которое, перемещаясь по специальному полю, распознает дорожные знаки, светофоры. Для приема данных используется инфракрасный датчик, сигнал на который поступает со знаков и светофоров. Регламент «Роботраффик с техническим зрением» предлагает участникам создать роботизированное транспортное средство с применением технологии технического зрения, способное самостоятельно передвигаться по учебному полю, при этом автомобиль должен соблюдать правила движения, ориентируясь только на данные видеокамеры.

Турнир двух столиц

Турнир двух столиц позиционируется организаторами как новый формат образовательных робототехнических соревнований: «Командно-личный, очно-заочный, олимпиадный и проектный одновременно, словом, вмещающий в себе, казалось бы, несовместимое, как две столицы в одной стране¹⁷². Соревнования проводятся по четырем заранее известным регламентам, а пятый предлагается только на турнире. На полигоне встречаются сразу два аппарата — роботы соревнуются не только со сложностями поля, но и друг с другом.

Кубок РТК

Кубок РТК организует ЦНИИ робототехники и технической кибернетики — один из крупнейших научных центров России. Это соревнования на специальном испытательном полигоне, в ходе которых робот должен за наименьшее время преодолеть полосу препятствий, собрать цветные маячки и доставить их в соответствующие цветовые зоны, выполнить дополнительные задания¹⁷³. Управление роботом осуществляется дистанционно. Маршрут участник выбирает и просчитывает сам, исходя из способностей своего робота. Соревнования проводятся в двух номинациях: «Искатель» и «Экстремал». В первом случае оператор может находиться вблизи робота и наблюдать за его действиями, во втором оператор не видит робота,

ческим зрением. <<http://robot.tom.ru/traffic/news.html>>.

¹⁷² О «Турнире двух столиц». <[т2c.pf/2018_autumn](http://t2c.pf/2018_autumn)>.

¹⁷³ О соревнованиях «Кубок РТК». <<http://cup.rtc.ru/index.php/o-kubke>>.

а управление осуществляется с помощью его видео-зрения. Организатор проводит соревнования как на своих площадках, так и на площадках других робототехнических мероприятий: фестивалей «Робофинист», «Робофест».

Балтийский научно-инженерный конкурс

Балтийский научно-инженерный конкурс — соревнование для школьников, которое с 2005 г. проводится в Санкт-Петербурге. Его организует Фонд поддержки научной и научно-технической деятельности молодежи «Время науки» и Лаборатория непрерывного математического образования (ЛНМО, СПб.). Мероприятие имеет 10 секций, одна из которых — робототехника. На конкурс могут быть представлены проекты, содержащие элемент научного открытия, законченные технические устройства.

В составе жюри работают более 400 экспертов, в том числе три академика, два члена-корреспондента РАН, 40 докторов наук, более 90 кандидатов наук¹⁷⁴. Это научное жюри, учительское жюри, бизнес-жюри, молодежное жюри, жюри вузов и академических институтов, которые стали сотрудничать с Балтийским научно-инженерным конкурсом (ФГАОУ ВО «СПбПУ», СПбЭТУ, СПб ГУАП, Университет ИТМО, ПОМИ РАН).

Победители Балтийского научно-инженерного конкурса включаются в команду для участия во Всемирном смотре научных и инженерных достижений учащихся Intel-ISEF.

* * *

Соревнования и конкурсы — важный элемент экосистемы образовательной робототехники, играющий существенную роль в мотивации участия детей и целых регионов, распространении знаний и технологий.

На протяжении всего периода развития образовательный робототехники число соревнований (конкурсов) и численность их участников постоянно увеличиваются. Соревнования охватывают молодежь разного возраста (школьников, студентов) и отличаются по целям: олимпиадные, конкурсные и стимулирующие (мотивирующие).

При этом рост числа и разнообразия конкурсных мероприятий ставит вопрос о необходимости более рационального подхода к их организации для повышения эффективности расходования ресурсов: выстраивание траекторий преемственности между соревнованиями, экспертное сопоставление и др.

¹⁷⁴ О Балтийском научно-инженерном конкурсе. <<https://baltkonkurs.ru/features/features>>.

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 Епископан, основатель и преподаватель студии технического творчества Tembot, Тимашевск, Краснодарский край

Артём 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 «Robotikum», 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 EBRO-BOT 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 Сбербанка. 2018.
- Аналитический обзор мирового рынка робототехники. Лаборатория робототехники Сбербанка, 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/моос2/27788>>.
- 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-voikova>>.

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-cto-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-filipov-robototexnika>>.
- Гагарин А.С.* Как изменился Робофинист за 5 лет: рассказывают участники // Занимательная робототехника. <<http://edurobots.ru/2018/10/robofinist-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.

ка. <<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-legoroboty>>.

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». <t2c.spf/2018_automn>.
- 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/naczionalnyij-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-technopark-kak-novyyj-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.lektorium.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 светофора 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 Роботрафик и Роботрафик 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_/dda3cee5868d1739eb34cd9e8a98085fa2c76e2>.

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>>.

Тарапата 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/robototekhnika-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>>.
- Фрос-игра.пф. <<http://Фрос-игра.пф>>.
- Федеральная сеть детских технопарков Кванториум. <<https://www.ros-kvantorium.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 DAKTA 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-koncepciy-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>>.
- Espósito 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-sravnenie-robototexnicheskix-platform>>.
- 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

Гагарин Александр Сергеевич

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

Email: mail@edurobots.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

Gagarin Alexander

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

Email: mail@edurobots.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 (27)

**РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ:
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ**

Часть 1

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

Подписано в печать 18.09.2019. Формат 60×84 1/16
Усл.-печ. л. 6,28. Уч.-изд. л. 5,77. 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

