

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет технологии и предпринимательства

## **ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА**

*Учебное пособие для студентов педагогических вузов*

Новосибирск 2019

УДК 373.3/.5(075)+372.016:62(075)

ББК 74.202.52я73+74.263.2я73

Ч922

Рекомендовано учебно-методическим советом факультета технологии и предпринимательства ФГБОУ ВО «Новосибирского государственного педагогического университета» в качестве учебного пособия для студентов вуза

Рецензенты

канд. пед. наук, доц., директор ГАУ ДПО НСО "Новосибирский центр развития профессионального образования", руководитель Регионального координационного центра WorldSkills Новосибирской области

*А.М. Лейбов*

канд. пед. наук, доц., заведующий кафедрой информационных, сервисных и общетехнических дисциплин ФГБОУ ВО «НГПУ»

*И.В. Сартаков*

**Чупин Д.Ю., Ступин А.А., Ступина Е.Е., Классов А.Б.**

Ч922 Образовательная робототехника: учебное пособие. — Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. — 114 с.

**ISBN 978-5-94301-771-1**

Учебное пособие направлено на ознакомление студентов педагогических вузов и действующих педагогов общеобразовательных организаций и организаций дополнительного образования с возможностями и методическими особенностями реализации образовательной робототехники в процессе обучения.

Текст печатается в авторской редакции

*Чупин Д.Ю. - победитель конкурса  
Стипендиальной программы Владимира Потанина 2017/2018  
Издано на средства гранта  
Благотворительно фонда В. Потанина*

**ISBN 978-5-94301-771-1**

© Оформление. ФГБОУ ВО «НГПУ», 2019

## Введение

В современном мире, когда объем знаний в каждой предметной области стремительно растёт, причем скорость этого роста также увеличивается, возрастает необходимость все время получать новые знания, в этом помогает как образовательный процесс, так и самостоятельное изучение материала.

В информационном обществе быть конкурентоспособным – значит быть готовым развивать инновационное производство, фундаментальную и прикладную науку, но главное – быть готовым к непрерывному образованию. Под непрерывным образованием понимается процесс роста интеллектуального, нравственного и образовательного потенциала личности в соответствии с её или общественными потребностями в течение всей жизни.

Возникает потребность в применении уже на уровне общего образования новых или актуализированных образовательных средств, способствующих эффективному формированию готовности к непрерывному образованию, универсальных учебных действий и метапредметных компетенций. В качестве одного из таких средств все чаще называется образовательная робототехника.

Актуальность ее применения в образовании обуславливается еще и глобальной цифровизацией большинства отраслей современного производства и вообще сфер деятельности современного человека. Причем речь идет уже не только о необходимости подготовки квалифицированных инженерных кадров в данной области в сфере профессионального образования, но и о целесообразности ее применения начиная уже с уровня начальной школы и даже дошкольного образования.

Однако на уровне нормативных требований необходимость внедрения робототехники в образовательный процесс общеобразовательных организаций закреплена относительно недавно. ФГОСы общего образования задают только ориентиры результатов образовательного процесса, практически не регламентируя его содержания. Примерная основная образовательная программа основного общего образования (ПООП ООО) 2015 года, где «робототехника» впервые

упоминается в качестве содержательного элемента предметов «Информатика» и «Технология», имеет рекомендательный характер для общеобразовательных организаций разрабатывающих по сути собственные образовательные программы.

Поэтому сегодня робототехника на уровне общего образования получила наибольшее развитие в организациях, реализующих инженерно-технологический профиль образования, а также в организациях, имеющих средства и возможности для ее реализации в основном во внеурочной деятельности обучающихся.

Данное пособие направлено на предоставление студентам педагогических вузов и действующим педагогам некоторых основных инструментов, необходимых для включения науки и техники (с помощью робототехники) в методы обучения, развитие интереса к применению образовательной робототехники в процессе обучения.

Также данное пособие знакомит с основами программирования роботов, что позволяет продолжать изучать эту тему самостоятельно, и знакомить своих учеников с миром технологий и искусственного интеллекта. Значительное внимание в пособии уделено ознакомлению с возможностями и методическими особенностями применения образовательной робототехники в проектной деятельности обучающихся.

# **Глава 1 Понятие и роль образовательной робототехники на современном этапе развития образования**

## **1.1 Актуальность внедрения робототехники в сферу образования**

В современных технологических условиях процесс обучения требует методологической адаптации с учетом новых ресурсов и их специфических особенностей. Это предполагает изменение традиционной педагогической модели, единственными источниками информации которой являются учебник и преподаватель.

В настоящее время в образовательной практике необходимо учитывать разнообразие ресурсов для получения и обработки информации, которые тем или иным образом конкурируют с личностью и мудростью учителя, направленной больше на организацию и координацию образовательного процесса. Для этого от педагога требуется гибкость, позволяющая разрабатывать и осуществлять мероприятия, соответствующие этим условиям, а также создавать рабочие учебные группы на основе новых учебных материалов и ресурсов.

Современная школа должна помочь обучающемуся критически перестроить имеющиеся знания, дать ему критерии для анализа и сопоставления данных, а также обеспечить его подходами к рациональному и справедливому применению знания. Наличие новых средств массовой информации, обеспечивающих глобализацию принципов культуры новых поколений, является причиной недопустимости основания современной школы только на деятельности по «передаче знаний».

Основная идея заключается в том, что технология - это больше, чем инструмент; это средство, которое влияет на то, как вы думаете, общаетесь, а также на характер и содержание сообщений. Внедрение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) призвано стать средством коммуникации, каналом обмена знаниями и опытом, источником ресурсов, игровым средством содействия когнитивному развитию.

Поскольку способы обучения меняются, преподаватель больше не является менеджером знаний, он становится координатором, который направляет обучающегося в его учебной деятельности. В этом смысле именно обучающийся занимает центральную позицию в классе, потому что именно он должен быть самостоятельным и работать в сотрудничестве со своими сверстниками.

Таким образом, информационные и коммуникационные технологии приобретают важное значение в обучении на всех этапах обучения, поскольку они все чаще играют важную роль в обучении. Преподаватель, который не владеет информационно-коммуникационными технологиями является явно отстающим по отношению к обучающимся. Причем в повседневной жизни технологии продвигаются быстрее, чем в образовательных организациях, в том числе в не самых развитых районах. Это подтверждается, например, развитием среди молодежи способа общения посредством обмена быстрыми сообщениями в социальных сетях, который современный учитель не может не учитывать в образовательном процессе.

Для многих преподавателей внедрение информационно-коммуникационных технологий предполагает определенные трудности (обучение их использованию, обновление оборудования и программ, дополнительное время и т.д.).

К основным факторам, влияющими на использование ИКТ преподавателями, можно отнести: доступ к современным ресурсам, качество программного обеспечения и оборудования, простота использования, стимул для изменения педагогической практики с использованием технологий, поддержка образовательными учреждениями использования ИКТ в учебной программе, национальная политика в области ИКТ, приверженность профессиональному совершенствованию.

Образование - это прогресс любой страны, особенно для тех стран, которые находятся на пути развития. Образование является важным фактором достижения необходимого уровня образования, которое идет рука об руку с социальными, культурными и технологическими изменениями, которые возникают с течением времени. Если преподавателю удастся развить навыки использования технологий,

это не только позволит ему улучшить свою преподавательскую работу, но и образовательное учреждение, в котором работает и способствовать развитию страны в целом.

Общество и потребности страны постоянно меняются. Образование, ориентированное на реальность, в котором живут обучающиеся, должно эволюционировать с равной скоростью, чтобы не устаревать. В современном мире технологии определяют ориентиры, на которые должны быть направлены образовательные модели.

Раннее внедрение современных технологий в процесс обучения позволяет более углубленно рассматривать более продвинутое содержание в старших классах. Таким образом, обучающиеся получают возможность перейти от чистого пользователя, к разработчику и создателю продуктов, крайне необходимых для экономического развития страны в XXI веке.

Сегодня все чаще говорится уже не просто о необходимости внедрения ИКТ в различные сферы экономики, а о непосредственно «цифровой экономике», пронизанной использованием современных технологий. На Петербургском международном экономическом форуме в июне 2017 года Президент России Владимир Путин следующим образом сформулировал стратегическую цель: «Цифровая экономика – ... основа, которая позволяет создавать качественно новые модели бизнеса, торговли, логистики, производства, изменяет формат образования, здравоохранения, государственного управления, коммуникаций между людьми... Достижение этой цели требует от нас перехода к современным и эффективным механизмам управления: проектное управление, инновационный менеджмент, непрерывное образование, профессиональное самоопределение, ориентирует на кардинальную перестройку всей системы воспитания и социализации личности»<sup>1</sup>.

В своём выступлении на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам 13 декабря 2017 г. глава Правительства России Д.А. Медведев подчеркнул, «что внедрять цифровые технологии

---

<sup>1</sup> <http://www.kremlin.ru/events/president/news/54667>

нужно практически со школьного периода. ... Все основные навыки использования этих технологий дети должны получить непосредственно в школе, чтобы в будущем они могли уметь оперировать самыми различными инструментами для обработки необходимых массивов информации, могли освободить силы для творчества и, конечно, повысить эффективность своего труда уже в ходе трудовой деятельности»<sup>2</sup>. Также премьер-министр Российской Федерации анонсировал запуск нового приоритетного проекта - «Цифровая школа». «... Он будет направлен на формирование у школьников навыков в цифровом мире, обучение обработке и анализу данных, элементам программирования и, самое главное, умению создавать цифровые проекты для своей будущей профессии» заявил Д.А. Медведев<sup>3</sup>.

Обучение с применением технологий на сегодня довольно распространенный аспект, который стал предметом изучения сам по себе, но он не должен быть реализован без изучения самих технологий. Поэтому необходимо создать ряд минимальных возможностей и навыков для их включения в учебную программу, способствуя их изучению, мониторингу и оценке как важному фактору в улучшении качества образования.

За последние годы достижения в ИКТ, робототехнике и в автоматизированных системах управления (АСУ) затронули все сферы нашей современной жизни. Роботы-помощники широко используются в транспорте, в исследованиях Земли и космоса, в медицине (хирургия), на конвейерном промышленном производстве, при проведении лабораторных исследований в средах повышенной опасности, в сфере безопасности, в массовом производстве промышленных товаров и товаров народного потребления. Многие современные устройства, принимающие решения на основе полученных от сенсоров данных, тоже можно считать роботами – таковы, например, стиральная машинка, без которых уже немыслима наша жизнь.

Робототехникой называют «область науки и техники, ориентированную на создание роботов и робототехнических систем, предназначенных для автоматизации сложных технологических процессов и

---

<sup>2</sup> цифроваяшкола.рф/blog/o-prioritetnom-proekte-cifrovay-shkola-1

<sup>3</sup> там же



операций, в том числе, выполняемых в недетерминированных условиях, для замены человека при выполнении тяжелых, утомительных и опасных работ...»<sup>4</sup>.

С момента своего вхождения в мир бурными темпами робототехника стала одним из самых передовых, престижных, дорогостоящих направлений машиностроения. Ее основой были техническая физика, электроника, измерительная техника и многие другие, технические и научные дисциплины. Многие модули смежных наук входят в состав данной отрасли – Робототехника (рисунок 1).



Рисунок 1. Состав модулей в робототехнике

С начала XXI века робототехника становится одним из приоритетных направлений в сфере экономики, машиностроения, здравоохранения, военного дела и других направлений деятельности человека. Сегодня на улицах можно видеть шагающих роботов, современные технологии позволили создать материалы для роботов-

<sup>4</sup> Накано Э. Введение в робототехнику; пер.с яп. канд. техн. наук А.М. Филатова. М.: Мир, 1998.

андроидов. В быту - сенсорная автоматика и робототехника. Поэтому специалисты, обладающие знаниями в этой области, востребованы.

Сегодня в России существует проблема недостаточной обеспеченности инженерными кадрами и низкого статуса инженерного образования. Во многом благодаря этому в последнее время уделяется большое внимание внедрению робототехники в сферу образования. В начале двухтысячных годов появился термин «образовательная робототехника».

«Образовательная робототехника» – это инструмент, закладывающий прочные основы системного мышления, интеграция информатики, математики, физики, черчения, технологии, естественных наук с развитием инженерного творчества. Занятия робототехникой дают хороший задел на будущее, вызывают у ребят интерес к научно-техническому творчеству. Заметно способствуют целенаправленному выбору профессии инженерной направленности.

В настоящее время образовательная робототехника внедряется на базовом уровне образования во многих странах по всему миру. Она позволяет обучающимся использовать свои знания в новой и интересной форме, используя технологию, способствующую усвоению знаний и внедряя новые концепции, которые будут дополнять и облегчать их обучение.

Образовательная робототехника представляет собой новую, актуальную педагогическую технологию, которая находится на стыке перспективных областей знания: механика, электроника, автоматика, конструирование, программирование, схемотехника и технический дизайн. То есть внедрение образовательной робототехники и использование технологий в обучении, направлено на обеспечение междисциплинарной среды обучения, где учащиеся приобретают навыки для организации исследований и решения конкретных проблем; развития новых навыков и способностей эффективно реагировать на меняющиеся условия современного мира. Такая среда обучения представляет собой опыт, способствующий развитию творчества и мышления обучающихся.

Она также представляет собой набор педагогических мероприятий, которые поддерживают и укрепляют конкретные области знаний

и развивают компетенции у ученика, посредством разработки, создания, сборки и ввода в эксплуатацию роботов. Если говорить коротко, смысл образовательной робототехники, ее ядро – приобретение знаний детьми в процессе изготовления робота. Обучение производится с использованием робототехнических наборов.

Робототехника в образовательной сфере становится предметом изучения сама по себе. Как педагогический ресурс, она определяется как средство стимулирования исследований. Перечислим некоторые цели робототехники как педагогического ресурса:

- Развитие логического мышления: Логическое мышление развивается как последовательность возможностей, когда ребенок проявляет независимость, выполняя различные специальные функции, такие как классификация, моделирование, объяснение и отношения.

- В контексте конструирования: развитие практического интеллекта и творческого мышления.

- В контексте программирования: формализация процессов действий и обратной связи.

- Расширение знаний: в частности, вводятся такие понятия, как механика, электричество, физика в целом, математика, прикладная геометрия, и программирование.

- Усвоение критериев проектирования и оценки конструкций.

- Оценка себя как конструктора и изобретателя.

- Понимание и оценка вклада технологий в мире посредством практического и личного опыта.

Использование робототехнического оборудования в процессе обучения детей представляет собой как обучение в процессе игры, так одновременно и техническое творчество. Такое соединение способствует воспитанию активных, увлеченных своим делом, самостоятельных людей нового типа.

«... Посредством включения робототехнических решений, доступных для реализации в образовательном учреждении, в такие предметы, как: математика, информатика, физика, биология, экология, химия, - удастся развивать познавательный интерес и мотивацию к учению и выбору инженерных специальностей. Развить творческий

потенциал подростков и юношества в процессе конструирования и программирования роботов ...»<sup>5</sup>.

Решение какой-либо конкретной задачи, связанной с разработкой, проектированием и созданием робототехнических конструкций предполагает интеграцию в одном процессе когнитивных достижений по ряду учебных предметов (информатика, математика, физика, технология, и др.).

Основными принципами обучения при этом являются:

- наглядность;
- доступность;
- связь теории с практикой;
- систематичность и последовательность;
- прочность закрепления знаний, умений и навыков;
- научность;
- сознательность и активность обучения;
- индивидуальный подход в обучении.

Инициатива некоторых педагогов по улучшению условий в учебных классах заключалась в том, чтобы использовать роботов как способ объединить знания физики, электроники, механики и информатики. Таким образом, обучающиеся приобретали ресурс, с которым они «учатся, делая». Эта рабочая среда позволяет обучающимся понять физические и математические закономерности и концепции, которые ранее были сложными для понимания, облегчая развитие логического мышления.

С применением традиционных методов преподавания наук, обучающиеся получают теорию из учебников или от преподавателей. В качестве подкрепления к темам проводятся упражнения в виде заданий, чтений, презентаций и т.д., где учащиеся должны применять полученные знания. Но в зависимости от содержания этого метода недостаточно, чтобы зафиксировать в сознании обучающихся все необходимые понятия.

---

<sup>5</sup> Никитина Т.В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников: учебное пособие. Челябинск: Изд-во Челябин. гос. пед. ун-та, 2014.

В обучении с применением робототехники, в частности, обучающийся сталкивается с конкретными ситуациями, требующими практических решений и теоретической основы, которая приводит его к процессу самообразования. Эта междисциплинарная технология включает в себя многие науки в одной структуре, в которой обучающиеся могут создавать новые проблемы, что позволяет стимулировать здоровую конкуренцию. Правильное применение этой методологии является привлекательным для обучающихся, обучение перестает быть обязательством.

Образовательная робототехника позволяет:

- сформировать у обучающихся базовые представления в сфере инженерной культуры;
- развивать интерес обучающихся к естественным и точным областям науки;
- развивать нестандартное мышление, а также поисковые навыки в решении прикладных задач.

Таким образом, цель обучения робототехнике заключается не только в том, чтобы адаптировать обучающихся к современным производственным процессам, но и в гораздо более практическом развитии моторных, социальных и командных навыков, укрепляя знания в других науках.

Образование наряду с наукой и техникой может способствовать формированию в стране модели общества, поэтому важно сбалансированно планировать технологическое развитие в соответствии с его контекстом. Однако внедрение образовательной робототехники в качестве учебного ресурса в государственных учебных заведениях страны является сложной задачей. При отсутствии надлежащей среды она должна быть построена совместно со школами: возможностями, материальными и интеллектуальными ресурсами, физическим пространством и т.д. Обучающиеся должны иметь возможность создавать свои собственные представления о концепциях фундаментальной науки и техники путем манипулирования и управления роботизированной средой, одновременно с решением конкретных проблем. Учителя, в свою очередь, должны иметь возможность направлять

обучающимися и мотивировать их на использование технологических ресурсов для их обучения.

## **1.2 Нормативно-правовые аспекты реализации робототехники в образовании**

Одним из основных нормативно-правовых документов на уровне общего образования является Федеральный государственный образовательный стандарт общего образования (ФГОС ОО). В соответствии с требованиями ФГОС основная образовательная программа реализуется образовательным учреждением через учебный план и внеурочную деятельность. Одним из важнейших показателей результатов обучения является сформированность универсальных учебных действий (УУД) обучающихся и метапредметные результаты освоения ООП.

Для формирования понятий система, факт, закономерность, феномен, анализ, синтез ФГОС предусматривает применение проектной деятельности, которая включает в себя такие компоненты как самостоятельность, ответственность, инициативность, способность к разработке нескольких вариантов решений, поиск нестандартных решений.

«... Развитие универсальных учебных действий (УУД) – наиважнейший компонент образовательной деятельности современной школы. Почему так важно и во внеурочной деятельности говорить о формировании УУД? Это связано с тем, что открывается возможность самостоятельного успешного усвоения новых знаний, умений и компетентностей не только на уроках, но и во внеурочной деятельности»<sup>6</sup>.

Универсальные учебные действия определяются как способности ребёнка к саморазвитию и самосовершенствованию путём сознательного и активного приобретения нового опыта.

---

<sup>6</sup> Голобородько Е.Н. Робототехника как ресурс формирования ключевых компетенций обучающихся. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://robot.edu54.ru/publications/108/>

Выделяют четыре вида УУД: личностные, регулятивные, коммуникативные и познавательные (рисунок 2). Предметом рассмотрения возьмём регулятивные учебные действия, поскольку именно на них базируется способность ребёнка к самоорганизации учебной деятельности.

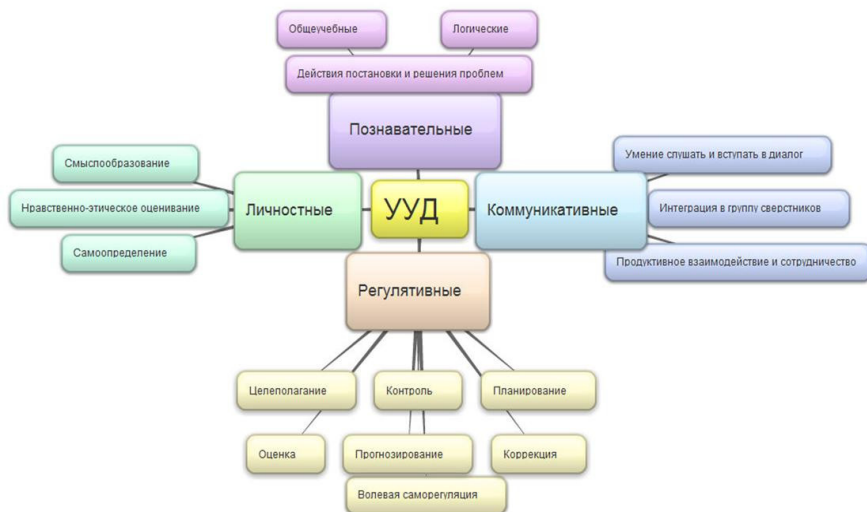


Рисунок 2. Схема универсальные учебные действия (УУД)

К регулятивным учебным действиям относятся следующие процессы: целеполагание, планирование, прогнозирование, контроль, коррекция, оценка, и саморегуляция. Вопросы формирования у обучающихся способности к самоорганизации учебной деятельности неоднократно рассматривались на протяжении последних десятилетий многими учёными. В последнее время появляются всё более эффективные и доступные педагогам средства, позволяющие выполнять задачи современного обучения. К ним относится использование образовательной робототехники, под которой понимают средство обучения, состоящее из программируемого конструктора и набора деталей.

Рассмотрим, как именно использование робототехнических конструкторов позволяет воздействовать на формирование регулятивных УУД.

*1. Развитие способности к целеполаганию.*

Учащийся формирует цель и выполняет действия, направленные на её достижение.

*2. Развитие способности к планированию.*

Поставив перед собой цель, учащийся составляет план действий по её достижению: например, создание нового робота или совершенствование уже готового. Кроме того, при командной работе планирование помогает распределить обязанности, оптимизируя работу.

*3. Развитие способности к прогнозированию.*

Учащийся прогнозирует результат будущей работы, чтобы избежать ошибок или выбрать оптимальный способ выполнения задания.

*4. Формирование действия контроля.*

Выполнив задание, учащийся получает готовую модель и имеет возможность самостоятельно проверить правильность её выполнения. Тем самым формируется умение контролировать и оценивать учебные действия в соответствии с поставленной задачей и условиями её реализации, указанное в числе метапредметных результатов обучения.

*5. Формирование действия коррекции.*

Обнаружив недочёты в своей работе, обучающийся имеет возможность самостоятельно внести коррективы на любом этапе выполнения задания. Он учится критично относиться к своей работе и работе других, что позволяет своевременно находить и устранять ошибки.

*6. Развитие способности к оценке.*

Обучающийся получает возможность сравнить своего робота с другими и оценить его функциональность, эстетичность, рациональность сборки и т. д. На основе полученных результатов он может дать оценку проделанной работе, как своей, так и чужой.

*7. Формирование саморегуляции.*

Процесс сборки модели требует терпения и самообладания. При этом, если для исправления ошибок требуется начать работу заново, ученику нужно приложить волевое усилие. При работе в команде возникают конфликтные ситуации между участниками, в которых ученикам необходим самоконтроль. Это способствует развитию коммуникативных навыков как со сверстниками, так и со взрослыми.



ФГОС ОО требуют освоения основ конструкторской и проектно-исследовательской деятельности, и комплекты по робототехнике полностью удовлетворяют этим требованиям.

Воспитание активной, всесторонне развитой детской личности – сложный, многогранный процесс. Неотъемлемыми составными частями этого процесса являются эстетическое и трудовое воспитание учащихся, в различных видах деятельности, в том числе в процессе занятий инженерно-техническим творчеством каким и является «Образовательная робототехника». Образовательная робототехника дает возможность на ранних шагах выявить технические склонности обучающихся и развивать их в этом направлении.

Робототехнику можно использовать в начальном, основном общем и среднем (полном) общем образовании, в области начального профессионального образования, а также специального (коррекционного) обучения.

Помимо внедрения образовательной робототехники как средства обучения, способствующего формированию УУД, в соответствии с Примерной основной образовательной программой основного общего образования (ПООП ООО) 2015 года предполагается внедрение робототехники в содержание образовательного процесса в таких предметных областях, как технология и информатика.

Согласно ПООП ООО одними из планируемых результатов освоения программы по информатике является предоставление возможности выпускникам познакомиться с тем, как информация (данные) представляется в современных компьютерах и робототехнических системах и ознакомиться с влиянием ошибок измерений и вычислений на выполнение алгоритмов управления реальными объектами (на примере учебных автономных роботов). Также ПООП ООО включает в предметную область информатика раздел под названием «Робототехника», включающий в себя блок тем, подразумевающих робототехнику как объект и средство обучения.

Освоив основную образовательную программу по технологии, согласно ПООП ООО, выпускник может научиться проводить и анализировать конструирование механизмов, простейших роботов, позволяющих решить конкретные задачи (с помощью стандартных про-

стных механизмов, с помощью материального или виртуального конструктора)<sup>7</sup>.

Актуальность внедрения образовательной робототехники в учебно-воспитательный процесс основной школы объясняется планируемыми результатами освоения предметной области «Технология»:

- осознание роли техники и технологий для прогрессивного развития общества;
- овладение методами учебно-исследовательской и проектной деятельности, решения творческих задач, моделирования, конструирования и эстетического оформления изделий;
- формирование умений устанавливать взаимосвязь знаний по разным учебным предметам для решения прикладных учебных задач.

Также ФГОС ООО определяет, что организация, осуществляющая образовательную деятельность, должна иметь интерактивный электронный контент по всем учебным предметам, в том числе содержание предметных областей, представленное учебными объектами, которыми можно манипулировать, и процессами, в которые можно вмешиваться<sup>8</sup>.

Главным условием обучения должна являться активная познавательная деятельность учащихся в процессе открытия новых знаний, а главным результатом обучения – самостоятельное решение возникающих проблем (учебных и жизненных). Показатель развития – умение использовать приобретенные знания и практические умения в новых условиях, высокий уровень технического мышления.

Формирование проектно-технологического мышления (системно-технологического) предполагает формирование: технологической грамотности, компетентности технологического мировоззрения, технологической и исследовательской культуры школьника, системы

---

<sup>7</sup> Примерная основная образовательная программа основного общего образования (Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию в 2015 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosreestr.ru/registry/primernaya-osnovnaya-obrazovatel'naya-programma-osnovnogo-obshhego-obrazovaniya-3>

<sup>8</sup> Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования от 17 декабря 2010 г. N 1897 (в ред. Приказа Минобрнауки России от 29.12.2014 N 1644 [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://fgos.ru>

технологических знаний и умений, воспитание трудовых гражданских и патриотических качеств, профессиональное самоопределение в условиях рынка труда.

В Приоритетном проекте в области образования «Современная цифровая образовательная среда в РФ» говорится, что образовательная организация должна обеспечивать «формирование разносторонне развитой, конкурентоспособной личности, способной реализовать свой творческий потенциал в динамичных условиях развития современного общества, формирование готовности молодежи к успешному и гармоничному функционированию в информационно и технологически насыщенном мире ...»<sup>9</sup>.

Подобная преемственность становится жизненно важной в рамках задач президентской федеральной программы подготовки будущих инженеров - «Инженерные кадры России».

Тенденции в развитии производства, ориентация на освоение только лишь материальных технологий осталась в прошлом, наиболее актуальна проблема синтеза материальных и информационных технологий, организация производства с учетом требований экологии, применение технологий согласно нормам гуманитарного общества.

Инженерное образование сегодня – один из приоритетов государственной политики России. Дефицит инженерно-технических кадров является мировой проблемой. Возможно поэтому образовательная робототехника развивается в мировых масштабах.

Также в качестве одного из важных документов стоит упомянуть о комплексной программе «Развитие образовательной робототехники и непрерывного ИТ-образования в Российской Федерации» от 01.10.2014 г., в рамках которой предусматривалось внедрение программ общего и дополнительного образования школьников по робототехнике, а также программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации для учителей и педагогов дополнительного

---

<sup>9</sup> Приоритетный проект в области образования «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» (утвержден Правительством Российской Федерации 25 октября 2016 года). [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://neorusedu.ru/>

образования<sup>10</sup>. Данные программы и их модификации получили достаточно широкий опыт внедрения, но не массовое распространение во многом по причине отсутствия нормативной базы и материально-технического оснащения большинства общеобразовательных организаций.

Под влиянием данной программы в том числе осуществлялось развитие образовательной робототехники в нашей стране в последние годы. Относительно недавно был утвержден еще один важный документ, определяющий место образовательной робототехники в современной школе и в частности в предметной области «Технология» - Концепция преподавания предметной области «Технология», принятая в декабре 2018 года.

Ее проект был обнародован еще в мае 2017 года как результат выполнения поручения Президента РФ В.В. Путина «О представлении предложений по совершенствованию преподавания в общеобразовательных организациях учебного предмета «Технология». Основным ее разработчиком является Агентство стратегических инициатив. Время, затраченное на утверждение данной концепции, еще раз подчеркивает спорность и неоднозначность предлагаемого к внедрению содержания предметной области «Технология».

Данная Концепция ориентирована на реализацию обозначенных в Стратегии научно-технического развития приоритетов, которые на уровне общего образования во многом связываются с предметной областью «Технология». В рамках освоения предметной области «Технология» предусматривается «приобретение базовых навыков работы с современным технологичным оборудованием, освоение современных технологий, знакомство с миром профессий, самоопределение и ориентация обучающихся на деятельность в различных социальных сферах, обеспечивается преемственность перехода обучающихся от общего образования к среднему профессиональному, высшему образованию и трудовой деятельности. Для инновационной экономики одинаково важны как высокий уровень владения совре-

---

<sup>10</sup> Комплексная программа «Развитие образовательной робототехники и непрерывного ИТ-образования в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://pandia.ru/text/80/194/44353.php>

менными технологиями, так и способность осваивать новые и разрабатывать не существующие еще сегодня технологии»<sup>11</sup>.

В качестве одной из основных задач Концепции называется «модернизация содержания, методик и технологий преподавания предметной области «Технология», ее материально-технического и кадрового обеспечения». А в качестве одного из приоритетных результатов освоения предметной области «Технология», связанного с образовательной робототехникой - «умение использовать технологии программирования, обработки и анализа больших массивов данных и машинного обучения».

Также в Концепции отмечается, что «совершенствование содержания и методов технологического образования требует опережающей подготовки педагогических работников и их дополнительного профессионального образования, учитывающих разрабатываемые примерные рабочие программы по технологии для общего образования, а также современные образовательные технологии и ресурсы...»<sup>12</sup>.

Таким образом возможности применения образовательной робототехники в учебном процессе достаточно широки, их реализация требует от учителя специализированной методической и технической подготовки. Соотнося задачи школьного образования с перспективами автоматизации и роботизации современного производства, необходимо координировать усилия образовательных учреждений, промышленных предприятий, вузов, органов управления образованием для эффективного развития технического мышления школьников, целенаправленного развития способностей инженерно-технического направления.

---

<sup>11</sup> Концепция преподавания предметной области «Технология» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/c4d7feb359d9563f114aea8106c9a2aa>

<sup>12</sup> Концепция преподавания предметной области «Технология» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/c4d7feb359d9563f114aea8106c9a2aa>

### 1.3 Подходы и рекомендации по реализации робототехники в образовании

Опыт применения робототехники в разных странах, помог выявить множество способов, которыми она поддерживает преподавательскую практику. Она показала себя в качестве инструмента, который усиливает понимание получаемых знаний из-за взаимодействия ученика с материалами. Кроме того, обучающиеся совместно сталкиваются с решением проблем.

Первые отечественные работы в области образовательной робототехники относятся к началу 90-х годов. В частности, в учебном пособии для 8–9 классов средней школы А. П. Алексеева и др. «Робототехника» изложен теоретический материал по робототехнике и система практических занятий для построения самодельного робота. Книга предназначена для школьных объединений (кружков, факультативов), занимающихся конструированием автоматизированных систем. В учебном пособии можно выделить идеи, которые будут полезны для целей использования робототехники в изучении физики на современном этапе<sup>13</sup>.

Автор книги «Робототехника для детей и родителей» Филиппов С. А. излагает основы конструирования на основе конструктора Lego Mindstorms, программирования на языках NXT-G, Robolab и RobotC, элементы теории автоматического управления, а также принципы работы и программы некоторых базовых конструкций роботов для соревнований в 2010 году<sup>14</sup>.

В учебном практикуме для 5–6 классов «Первый шаг в робототехнику» Копосов Д. Г. описывает физические принципы работы ряда датчиков, входящих в базовый набор Lego Mindstorms, примеры нескольких проектов, моделирующих работу измерительных приборов. К иллюстрированным описаниям работы датчиков из набора LEGO Mindstorms подобран ряд заданий на работу с конкретным видом датчиков, а также прилагаются табличные данные физи-

---

<sup>13</sup> Алексеев А. П. и др. Робототехника: учебное пособие для 8–9 классов средней школы. М.: Просвещение. 1993.

<sup>14</sup> Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей; под ред. А.Л. Фрадкова. СПб.: Наука, 2010.

ческого характера для сравнения (оценки) различных показателей. В учебном пособии приводятся примеры проектов, которые можно выполнить для освоения принципа работы датчика. В пособии приводятся проекты для сборки следующих измерительных приборов: тахометр, измеритель громкости, измеритель освещённости, одометр, курвиметр, спидометр, дальномер. Данный вариант практикума, к которому также разработан вариант рабочей тетради, можно рассматривать как пропедевтику изучения физики на основе базового набора Lego Mindstorms<sup>15</sup>.

Очень интересны предложенные Копосовым Д.Г. идеи проектов по робототехнике на уроках информатики и других уроках в цикле видеоматериалов издательства «БИНОМ»<sup>16</sup>.

Среди образовательных организаций, предоставляющих образовательные услуги в сфере робототехники преобладают организации дополнительного образования и на это, конечно, есть свои причины.

Во-первых, это направленность образовательной робототехники на развитие инженерно-технического мышления посредством включения обучающихся в робототехническое творчество. Данная направленность более традиционна и развита в системе дополнительного образования.

Во-вторых, статус образовательной робототехники в современной школе. Только в 2015 году в примерной основной образовательной программе основного общего образования появляется упоминание роботов и робототехники как дидактической единицы содержания основного общего образования. То есть это относительно новое и неизвестное для общеобразовательных школ направление.

В-третьих, материально-техническое обеспечение занятий по робототехнике. Робототехнические конструкторы, дополнительное оборудование к ним, различные расходные материалы имеют определенную, достаточно высокую стоимость. Организациям дополни-

---

<sup>15</sup> Копосов Д.Г. Первый шаг в робототехнику: практикум для 5-6 классов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

<sup>16</sup> Копосов Д. Г. Уроки робототехники в школе; цикл видеолекций издательства «БИНОМ». [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://metodist.lbz.ru/content/video/koposov.php>

тельного образования закупить их проще для оказания образовательных услуг на коммерческой основе, чем бюджетным организациям общего образования.

Четвертая причина тесно взаимосвязана с третьей: если даже в общеобразовательной организации нашли средства и закупили конструкторы, часто возникает проблема с кадровым и методическим обеспечением данной образовательной деятельности. Кто и как будет/должен учить? Организациям дополнительного образования проще решать кадровые вопросы в силу того, что их меньше, а возможности обеспечения «часами» и привлекательным размером оплаты труда потенциального специалиста в области образовательной робототехники – наоборот больше<sup>17</sup>.

Тем не менее, образовательная робототехника развивается и в общеобразовательных школах, особенно во внеурочной деятельности. Применение ее в урочной деятельности общеобразовательных организаций пока не получило широкого развития. Данное направление наиболее развито в специализированных школах, лицеях, гимназиях, как правило реализующих инженерно-технологический профиль подготовки. Ученики вовлечены в образовательный процесс благодаря созданию моделей роботов, проектированию и программированию робототехнических устройств и участвуют в робототехнических соревнованиях, конкурсах, олимпиадах, конференциях.

С одной стороны, наибольший накопленный опыт в данном направлении имеют школы открывшие классы инженерно-технологической направленности. Но с другой стороны сегодня существуют примеры внедрения робототехники в начальной школе и даже на уровне дошкольного образования.

Один из известных пропагандистов развития робототехники в образовании, первым в нашей стране разработавший дистанционный обучающий онлайн-курс по робототехнике С.А. Филиппов представ-

---

<sup>17</sup> Чупин Д.Ю. Организационные аспекты образовательной робототехники в современной школе // Образовательная робототехника: сборник статей Международной научно-практической конференции. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2017.



ляет следующим образом место образовательной робототехники в окружающем социуме (рисунок 3)<sup>18</sup>.



Рисунок 3. Образовательная робототехника в социуме

При этом, на наш взгляд, образовательная робототехника должна оставаться средством, а не целью. С учетом ее профессионально-ориентирующего характера, школьнику должна предоставляться возможность выбора глубины ее освоения. В этом мы присоединяемся к мнению Ершова М. Г., который считает, что «школьник должен иметь возможность самоопределиться в выборе уровня знакомства с робототехникой. Либо ему будет достаточно базового уровня, который предполагает в основном урочные формы работы, либо он будет знакомиться с робототехникой по расширенному или углублённому варианту, выбирая элективные курсы, проекты и другие формы ...» (рисунок 4)<sup>19</sup>.

В своем выступлении на VII Всероссийской конференции «Современное технологическое обучение: От компьютера к роботу» (29-

<sup>18</sup> Филиппов С.А. Онлайн курс «Основы робототехники» [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://www.lektorium.tv/robotics>

<sup>19</sup> Ершов М.Г. Возможности использования образовательной робототехники в преподавании физики // Проблемы и перспективы развития образования: материалы IV Междунар. науч. конф. [Электронный ресурс] URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/72/4129>

31 марта 2017 год) Михаил Горский затронул проблему «Реализация кружка робототехники». Он высказал свой взгляд на основные направления и аспекты создания кружка «Робототехники» и обратил внимание на те проблемы, которые возникают после создания кружка.



Рисунок 4. Уровни знакомства с робототехникой

Также Горский М.Г. рассматривает классификацию кружков робототехники основанную на экономических отношениях (коммерческие и бюджетные) и по роду деятельности (спортивные; творческие; и другие (создание моделей по инструкциям и пр.)). Выделяет в них свои плюсы и минусы<sup>20</sup>.

- Спортивное направление – быстрый «старт», но, если нет побед – пропадает интерес к робототехнике.

- Творческое направление – всегда что-то новое; всегда можно реализовать то, что ребенку интересно (свой проект).

Работа по созданию робота подразумевает активную творческую деятельность ребёнка, что зачастую мотивирует его на высокий результат.

<sup>20</sup> Горский М. Создание кружка робототехники. Проблемы и трудности // VII Всероссийская конференция «Современное технологическое обучение: От компьютера к роботу». [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://www.youtube.com/watch?v=phxRbnCF3s4>

Также это формирует и развивает навыки программирования и логического мышления, что способствует реализации межпредметных связей с информатикой. Всё это помогает вывести образовательный процесс на новый, более высокий уровень, преодолев недостатки традиционного обучения.

Т.Т. Газизов, О.С. Нетесова и А.Н. Стась предлагают внедрять робототехнику в образовательный процесс в формате элективного курса, использующего в процессе реализации следующие методы: метод проектов, метод портфолио, метод взаимообучения, модульный метод и метод проблемного обучения<sup>21</sup>.

С. А. Филиппов предлагает ввести курс основ робототехники для обучающихся 5 - 7 классов в рамках предмета Технология, из расчёта 2 часа в неделю, 68 часов в год, 204 часа за 3 года. То есть, по сути, он предлагает предмет «Технология» в этих классах заменить робототехникой<sup>22</sup>.

В. В. Тарапата предлагает похожую организационную модель, отличающуюся только усложнением используемых робототехнических платформ и возможностями внутрипредметной и межпредметной интеграции:

- Lego Mindstorms Educations EV3 – 5-6 классы;
- ScratchDuino (Робоплатформа + Лаборатория) – 7 класс;
- Arduino (и Arduino-совместимые платы) – 8-9 классы [49].

Так, например, информатика, изучаемая инвариантно в 7-9 классах основной школы, может получить пропедевтику в 5-6 классах за счет вариативной части посредством «простого» программирования и конструирования роботов на платформе Lego Mindstorms Educations EV3.

Уроки технологии, имеющие в своей основе деятельностную компоненту, могут быть построены через планирование, проектирование, сборку и испытание различных моделей роботов. По сути,

---

<sup>21</sup> Газизов Т.Т., Нетесова О.С., Стась А.Н. Модель внедрения элементов робототехники в образовательный процесс школы // Доклады ТУСУРа, 2013. № 2 (28).

<sup>22</sup> Филиппов С.А. Онлайн курс «Основы робототехники» [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://www.lektorium.tv/robotics>

сборка представляет собой тоже ручной труд, конструирование. По мнению В.В. Тарапаты «предметная область «Технология» в современном понимании должна стать проекцией естественнонаучного, математического и информационного образования; формировать у учащихся практические навыки в непосредственном единстве с изучением учебных предметов естественнонаучного цикла»<sup>23</sup>. Также он считает, что робототехника может составлять до 50% урочного времени предмета «Технология». И все эти часы могут «уйти» учителю информатики, который на сегодняшний день более подготовлен к преподаванию робототехники, в попытке «осовременить технологию».

Первоначально многие школы пошли по пути внедрения образовательной робототехники в образовательный процесс школы за счет вариативной части ООП, то есть, не меняя привычного содержания учебных предметов и реализуя робототехнику за счет дополнительных часов по предмету. Это обеспечивалось в том числе посредством сотрудничества с организациями дополнительного образования. Сотрудники центров дополнительного образования проводят в школах занятия, чаще в форме кружков, в рамках внеурочной деятельности или дополнительного образования, используя собственные ресурсы: конструкторы, инструкции на носителях, собственные методические материалы. От школы требуется наличие помещений, компьютеров с необходимым программным обеспечением.

Другим вариантом является внедрение интегрированного курса образовательной робототехники в школьную программу. Интегрированный курс представляет собой включение в курсы информатики, математики, физики и технологии блоков образовательной робототехники, с использованием межпредметных связей. Для этого следует составлять учебные планы по этим предметам так, чтобы темы соответствовали друг другу в логическом и хронологическом порядке.

Данный курс направлен на достижение нескольких целей:

- научить школьников создавать рабочих роботов из подручных/легкодоступных материалов;

---

<sup>23</sup> Тарапата В.В., Самылкина Н.Н. Робототехника в школе: методика, программы, проекты. М.: Лаборатория знаний, 2017.

- подготовить квалифицированные инженерные кадры;
- подготовить школьников, заинтересованных к поступлению в вуз и дальнейшей работе в сфере робототехники и ИТ.

Также широкое распространение получил вариант реализации робототехники (в том числе проектной деятельности) за счет часов на внеурочную деятельность. На наш взгляд, это является наиболее оптимальным решением.

Во-первых, далеко не всегда можно осуществить сотрудничество между школой и центром дополнительного образования, выгодное для обеих сторон. Во-вторых, на сегодняшний день довольно сложно ввести интегрированный курс, объединяющий в логическом и хронологическом порядке учебные темы по технологии, информатике, физике и математике, потому что для этого нужны точные и общепринятые методические разработки, и рекомендации, которые пока не утверждены. Это может послужить темой для отдельного исследования.

На наш взгляд, для образовательного учреждения в долгосрочной перспективе гораздо выгоднее будет иметь собственную материально-техническую базу (конструкторы, ПО и другое оборудование) и собственного преподавателя, чем сотрудничать с центрами дополнительного образования на платной договорной основе, как это зачастую происходит сейчас. Причём образовательный курс робототехники целесообразно сделать именно внеурочным, а не общеобразовательным, но как интерактивное средство обучения робототехника может применяться в рамках общеобразовательных учебных дисциплин.

#### **1.4 Межпредметные связи образовательной робототехники**

Рассмотрим возможности реализации образовательной робототехники в качестве интерактивного средства обучения на разных ступенях обучения и предметных областях.

Начальная школа. *Окружающий мир.*

Социальный заказ общества диктует, что современный школьник должен знакомиться с окружающим миром не только на теоретиче-

ском уровне, но и постигать его тайны непосредственно на практике. Объединить теорию и практику возможно, если использовать образовательную робототехнику (на уроках окружающего мира более 25 тем) в начальных классах, что обеспечит существенное воздействие на развитие у учащихся речи и познавательных процессов (сенсорное развитие, развитие мышления, внимания, памяти, воображения), а также эмоциональной сферы и творческих способностей. Например, в программе Плешакова А. А. «Зеленый дом» образовательная робототехника позволит создавать на уроках динамические схемы, отражающие те или иные явления, сделает демонстрацию опытов яркой, красочной и более наглядной.

Основная и старшая школа.

В ходе занятий обучающиеся не только и не столько занимаются робототехникой, сколько получают опыт ее применения в качестве некоего интерактивного элемента, позволяющего более эффективно закреплять теоретические знания в ходе практической деятельности. Причем, таким образом могут закрепляться теоретические знания, как по точным наукам (физика, математика), так и по предметам естественно-научного цикла (биология, химия, астрономия, экология).

Среди нескольких разделов, которые могут быть рассмотрены обучающимися с применением робототехники можно выделить:

- Электрические системы и электронные схемы;
- Последовательные и параллельные соединения;
- Двигатели постоянного и переменного тока;
- Приводы;
- Механика движения;
- Прикладная физика;
- Математика;
- Программирование;
- Анализ и разработка алгоритмов и др.

Производители робототехнических наборов активно поддерживают развитие образовательной робототехники, поэтому появляются все новые образовательные наборы, отвечающие подобным запросам.

*Информатика.* Робототехнические образовательные конструкторы позволят более эффективно формировать ключевые компетенции обучающихся в урочной и внеурочной деятельности по информатике по таким разделам как: «Информационные основы процессов управления», «Представление о системе объектов», «Основные этапы моделирования», «Представление об объектах окружающего мира», «Алгоритмы. Исполнитель алгоритма», «Среда программирования», «Архитектура ПК».

Виртуальное трехмерное конструирование и проектирование в программе LEGO Digital Designer (рисунок 5) позволяет создавать и просматривать трехмерные модели из стандартных блоков конструкторов «LEGO».

Программирование всех видов алгоритмических структур (рисунок 6). Использование среды программирования «LabVIEW». Для программирования роботов LEGO EV3 используется среда визуального программирования «LEGO MINDSTORMS Education EV3» ® (рисунок 7).



Рисунок 5. Среда программирования «LEGO Digital Designer»

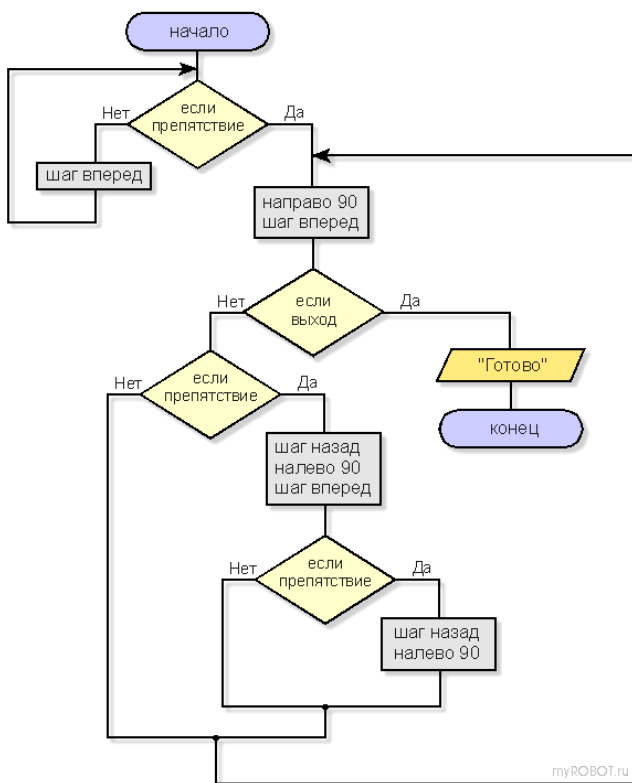


Рисунок 6. Блок-схема алгоритма для робота, работающего по правилу "правой руки"

*Физика.* На уроках физики робототехнические конструкторы могут получить применение для лабораторных, практических работ, для выполнения обучающимися исследовательских проектов, например, по таким разделам как: «Механические явления», «Тепловые явления», «Физические методы изучения природы», «Электромагнитные колебания и волны», «Электрические и магнитные явления».



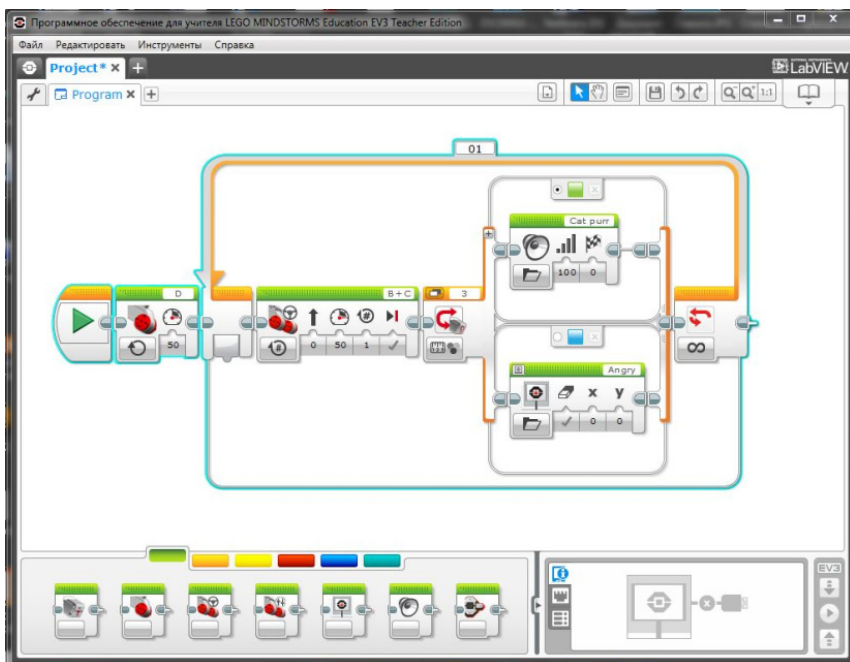


Рисунок 7. Среда программирования «LEGO MINDSTORMS Education EV3» ®

Пример: маятник Капицы – маятник с вибрирующим подвесом (рисунок 8). Для демонстрации явления устойчивости маятника в перевернутом положении необходимо, чтобы стержень 2 мог свободно совершать вертикальные колебания, а амплитуда колебаний точки подвеса 1 модели маятника могла регулироваться кривошипно-шатунным механизмом 5. Необходимо использовать повышающую (1:5) зубчатую передачу (3 – ведущая шестерня, 4 – ведомая).

*Физика и математика.* Расчет передаточного отношения зубчатая и ременная передачи, понятие передаточного отношения, сокращение обыкновенных дробей; умножение обыкновенных дробей (для многоступенчатых передач) где  $i$  – передаточное отношение,  $Z_2$  – количество зубцов на ведомой шестерне,  $Z_1$  – количество зубцов на ведущей шестерне.

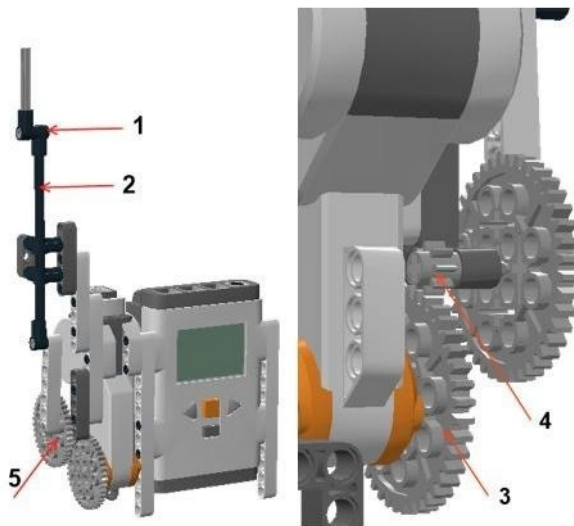


Рисунок 8. Маятник Капицы – маятник с вибрирующим подвесом с применением конструктора «LEGO MINDSTORMS NXT» ®

*Математика.* Расчеты траектории движения роботов являются одним из самых ярких примеров того, как можно закреплять школьные знания по математике. Расчет пройденного колесным роботом расстояния вычисление длины окружности по заданному радиусу; приближенные значения числа  $\pi$  где  $S$  – пройденное расстояние,  $R$  – радиус колеса,  $k$  – количество оборотов колеса (при необходимости измеряется датчиком поворота, встроенным в сервопривод). Расчет угла поворота мобильного робота.

В зависимости от возраста и уровня знаний обучающихся для этого могут быть использованы как обычный метод проб и ошибок, так и знания свойств пропорции, формул определения площади и длины окружности и даже тригонометрических функций.

*Технология и физика.* Можно объяснить и закрепить темы Механика и механические передачи («Рычаг», «Виды механических передач») путем выполнения обучающимися практических заданий по сборке различных видов передач с использованием материальных

ресурсов робототехнических конструкторов Lego Wedo и Lego Mindstorms (рисунок 9).

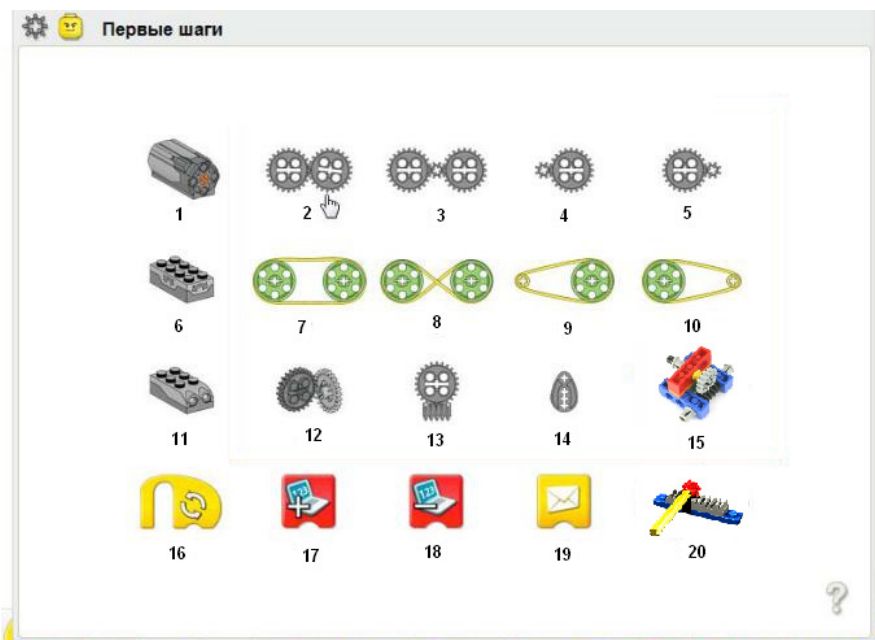


Рисунок 9. Виды механической передачи в конструкторском наборе WeDo 2.0

Редуктор – передача понижающая (15); мультипликатор – передача повышающая. Цилиндрическая прямозубая передача (2); зубчатая передача с понижением скорости (4); зубчатая передача с повышением скорости (5); ременная передача с параллельными валами (7); ременная передача со скрещивающимися валами (8); ременная передача с понижением скорости (9); ременная передача с повышением скорости (10); зубчатая передача (12); шатун для шатунной передачи (14); цилиндрическая винтовая - червячная передача (13); реечная передача (20) в конструкторском наборе LEGO® WeDo 2.0

Также можно закрепить приемы конструирования различных видов передач с использованием материальных ресурсов робототехнических конструкторов Lego Wedo и Lego Mindstorms (рисунок 10).

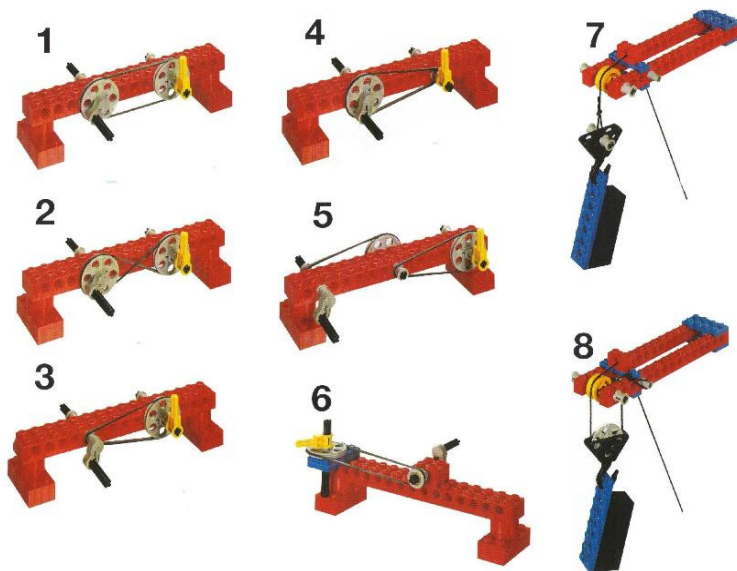


Рисунок 10. Виды конструкций с ременной передачей Lego WeDo 2.0

Большие возможности для интеграции робототехники, причем как внутрипредметной, так и межпредметной предоставляет проектная деятельность школьников, также получившая широкое развитие в технологической подготовке. При этом обеспечиваются возможности для межпредметной проектно-исследовательской деятельности. Здесь можно привести еще одно яркое высказывание В.В. Тарапаты: «Роботов можно собирать на технологии в рамках ручного труда, конструирования по схеме или технологической карте, программировать на уроках информатики, а использовать для опытов и лабораторных работ на уроках физики»<sup>24</sup>.

Внеурочная деятельность. Предоставляет возможности организации проектно-ориентированной работы обучающихся с робототехническим конструктором как в факультативной, так и в самостоятельной (домашней) и дистанционной формах обучения.

<sup>24</sup> Тарапата В.В., Самылкина Н.Н. Робототехника в школе: методика, программы, проекты. М.: Лаборатория знаний, 2017.

В школе ребята могут заниматься в кружках, посещать занятия в организациях дополнительного образования. Организационные формы реализации образовательной робототехники могут быть очень разнообразными: от общеразвивающих кружков для обучающихся начального и среднего звена до проектно-исследовательских и научных объединений старшеклассников.

Организация внеурочной деятельности по робототехнике способствует решению целого спектра задач от привлечения детей группы риска и создания условий для самовыражения подростков, до создания для них ситуаций успеха. Этому способствует то, что занятия робототехникой являются способом организации досуга молодого поколения с использованием привлекательных для них современных информационных технологий.

Использование образовательных конструкторов также способствует выявлению одаренных детей, стимулированию их интереса и развитию практических навыков решения актуальных для них задач образования.

Методами, которые используются при изучении робототехники, на начальном этапе являются: объяснительно-иллюстративные и репродуктивные, в дальнейшем основным методом обучения становится метод проектов. Это является принципиальной особенностью процесса обучения робототехнике в образовательных организациях, использующих метод учебного проектирования в качестве основного при организации учебного процесса.

Суть метода учебного проекта в образовательной робототехнике заключается в том, что перед учащимися ставится реальная проблема, которую необходимо решить в ходе выполнения проекта. Это должна быть законченная конструкция автономного робота, выполняющего заданные функции с достаточной эффективностью.

В ходе учебного проектирования учащиеся сами формулируют задачи и последовательность их решения. Самостоятельно распределяют время между задачами. Выполняют необходимые учебные действия, в том числе самостоятельное проектируют робота, либо под руководством учителя. А также изучают информационные материалы, конструирование, программирование, механику, пневматику и др.

По окончании проектирования выступают перед своими «коллегами» с презентацией выполненной работы и оценкой степени выполнения целей проектирования и вклада каждого члена команды в реализацию проекта (рефлексия результатов). Учитель выступает в роли тьютора – советника, помощника, старшего товарища для учащихся в самостоятельной работе над учебным проектом.

В рамках образовательной робототехники преподаватели играют важную роль, которая отличается от классической роли используемыми методами обучения. Здесь их работа определяется новыми обязанностями, которые по своей сути обладают иной технологической средой, например:

- Создание образовательных сценариев, позволяющих внедрять новые технологии;
- Разработка подходов к решению проблем, позволяющих создать условия для проб и ошибок. Это означает, что ученикам разрешается ошибаться, чтобы определить причины своих неудач и сделать из них коллективные выводы;
- Поощрение обучающихся в использовании воображения, чтобы выдвигать творческие идеи, которые могут быть использованы к практике;
- Стимулирование постоянного совершенствования проектов и конструкций обучающимися, способствующего их росту и развитию;
- Использование диалога в качестве полезного пути для выработки идей и обмена идеями друг с другом;
- Создание условий для самостоятельного обучения с помощью исследований и наслаждения выполняемой работой. Только с помощью этого средства ученики смогут достичь поставленных целей;
- Мотивирование всех учеников к использованию технологий для индивидуального обучения. Это включает в себя обучение тому, как справляться со своими проблемами совместно с другими, такими как разочарование, отсутствие информации, ресурсов и т.д.

Когда обучающийся входит в мир образовательной робототехники, он берет на себя обязательства, которые впоследствии должны стать важными для сообщества. Он должен знать, что он не может упустить возможности, которые ему представляются для продвиже-

ния вперед. Трудности, возникающие на этом пути, не должны вызывать сомнений или разочарований, а скорее должны стать вызовами, с которыми они могут столкнуться в команде.

Во время разработки различных проектов обучающиеся будут сталкиваться с концепциями и закономерностями из разных наук, которые могут оказаться для них новыми или забытыми, и их задача будет состоять в том, чтобы проконсультироваться с преподавателем или провести самостоятельное исследование, которое поможет им прояснить сомнения. Привлечение собственных идей и теории к построению роботов станет фундаментом, который будет служить основой для формирования универсального метода решения жизненных и профессиональных задач, поэтому жизненно важно, чтобы обучающиеся стремились превратить решения в конкретные и достижимые результаты.

Сегодня робототехника в российских школах появляется в рамках обязательного предмета «Технология», а значит, перед учителями стоит важная задача — установить высокую планку преподавания этого нового содержания. Школьник при решении робототехнических задач ориентируется на сведения, полученные на уроках физики, математики и информатики. Интеграция этих наук на занятиях с применением робототехники помогает детям открыть их для себя на новом уровне, в результате чего школьники совершенствуют свои учебные результаты.

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Каковы причины внедрения робототехники в сферу образования?
2. Какие основные нормативно-правовые акты регламентируют внедрение робототехники в образовательный процесс?
3. Каковы возможности внедрения робототехники в сферу образования?
4. Какое место на Ваш взгляд должна занимать робототехника в современной школе?

5. Каковы возможности применения робототехники для формирования универсальных учебных действий обучающихся?
6. Каковы возможности применения робототехники для реализации межпредметных связей в образовательном процессе?
7. В чем заключаются особенности деятельности преподавателя в области образовательной робототехники?



## **Глава 2 Основы робототехники в образовании**

### **2.1 Введение в робототехнику**

Робототехника - это наука, которая появилась в 60-х годах XX века, и в настоящее время представляет большой интерес для образовательного сообщества. В свое время эта наука была только делом экспертов, инженеров и техников, поскольку еще не было много знаний по этой теме или технологии, необходимых для использования ее возможностей. Сегодня технологические достижения в таких областях, как информатика, электроника и механика, делают робототехнику доступной для всех. Существуют даже комплекты, ориентированные исключительно на детей, которые позволяют создавать роботов с характеристиками аналогичными тем, которые были бы созданы в технологической лаборатории, но более простым способом и с образовательными целями.

Современное общество погружено в технологическую революцию. Изобретение первого транзистора в 1947 году послужило началом, а затем привело к кардинальным и радикальным изменениям в социальной, экономической и политической сферах мира. Робототехника, несмотря на то, что она является относительно новой наукой, становится важным двигателем технологического прогресса почти во всех областях (производство, наука, медицина, космическая промышленность и т. д.). И это создает большие перспективы на ближайшее время.

Идея создания человекоподобного робота развивалась на протяжении многих лет человеческого общества, от примитивных механизмов похожих на роботов прошлых веков до современных человекоподобных роботов. Появились автоматизированные инструменты для массового производства, которые привели к промышленной революции. На заре технологической революции и раньше – человек всегда пытался заменить человеческий труд на машинный.

Еще в IV веке до нашей эры греческий математик Архитас Таранто построил механическую птицу, которая работала на паровом двигателе и назвал ее "голубь". Инженер из Александрии Херон (10-70 гг. нашей эры) создал множество автоматических устройств, кото-

рые можно было модифицировать, и описал машины, работающие под давлением воздуха, пара и воды. Су Сон, китайский ученый, возводил часовую башню в 1088 году с механическими фигурами, являющимися курантами часов.

Сотни лет назад изобретатели создавали автоматические устройства в качестве хобби, иногда для того, чтобы решить какие-либо проблемы или облегчить повседневную работу.

Аль-Джазари (1136-1206), мусульманский изобретатель и инженер-механик, разработал и построил серию автоматических машин, а в 1206 году - первых программируемых гуманоидных роботов. Они были представлены в виде музыкантов на лодке с механизмом программируемого барабана, в котором с помощью колышков, сталкивающихся с рычагами, приводились в действие ударные инструменты. Таким образом, можно было изменить ритмы и мелодии, которые играл барабанщик при перемещении колышков.

Новый этап своего развития робототехника начала с текстильной промышленности восемнадцатого века, когда Джозеф Жаккард изобрел в 1801 году программируемую с помощью перфокарт текстильную машину. В 1805 году Анри Майярде (Henri Maillardert) построил механическую куклу, в которой использовалась серия сменных (программируемых) «кулачков» для написания и рисования.

Эти механические изобретения являются отражением изобретательности и творчества человека, и они стали основой, которая позволила продолжать разрабатывать все более сложные машины, предназначенные для выполнения различных задач.

Были и другие механические изобретения во время промышленной революции, многие из которых были направлены на сектор текстильного производства. Открытие электричества и электромагнетизма привело к первому взрыву в эволюции этих изобретений. Однако современная робототехника началась с создания транзистора.

С тех пор удешевление и легкость получения материалов для производства роботов сделали возможным экспоненциальный рост в их создании. Компании, университеты, студенты, любители и любой другой человек в настоящее время в состоянии войти в этот мир.

Таблица 1. Хронология развития робототехники

| Дата | Разработки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1206 | Первый программируемый гуманоидный робот: роботизированная лодка музыкантов, Аль-Джазари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1800 | Японские механические игрушки, которые подают чай, стреляют стрелами и красят. Игрушки Karakuri Hisashige, Tanaka                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1801 | J. Jaquard изобрел ткацкий станок-программируемую машину                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1805 | H. Maillardet построил механическую куклу, способную делать рисунки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1939 | На выставке world'S Fairs между 1939 и 1940 годами демонстрируется гуманоидный робот, Elektro Westinghouse Electric Corporation                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1946 | Американский изобретатель G. C Devol разработал устройство, способное записывать электрические сигналы магнитными средствами и воспроизводить их для привода механической машины. Также в этом году появляются первые компьютеры: J. Presper Eckert и John Maulchy построили ENAC в Университете Пенсильвании, а первая цифровая машина общего назначения разработана в Массачусетском технологическом институте |
| 1951 | Разработка робота с манипуляторами дистанционного управления для обработки радиоактивных материалов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1952 | Прототип машины с числовым программным управлением был продемонстрирован в Массачусетском технологическом институте после нескольких лет разработки. Язык программирования под названием APT (Automatically Programmed Tooling) был впоследствии разработан и опубликован в 1961 году.                                                                                                                           |
| 1954 | George Devol разрабатывает первого программируемого робота и вводит термин "универсальный автомат", который впоследствии сокращается до Unimation.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1956 | Первый коммерческий робот компании Unimation, основанной Джорджем Деволом и Джозефом Энгельбергером.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1961 | Производится первый промышленный робот Unimate для General Motors.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1964 | Исследовательские лаборатории в области искусственного интеллекта открыты в Массачусетском технологическом институте, Стэнфордском Научно-исследовательском институте и Эдинбургском университете. Вскоре после этого японцы, которые ранее                                                                                                                                                                      |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | импортировали свои роботизированные технологии, стали пионерами рынка                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1968 | Мобильный робот под названием "Shakey" был разработан в SRI (Stanford Research Institute), был снабжен множеством датчиков, а также камерой обзора и сенсорными датчиками                                                                                                                                            |
| 1973 | Был разработан первый язык программирования роботов, называемый WAVE. За ним последовал язык AL в 1974 году.                                                                                                                                                                                                         |
| 1978 | Робот T3 из Cincinnati Milacron был адаптирован и запрограммирован для выполнения операций сверления и резания материалов в авиационных деталях. Был введен робот PUMA (Programmable Universal Machine for Assambly) для задач сборки Unimation. T3 с 6 степенями свободы был введен в 1974. За ним последовал Puma. |
| 1979 | Разработка робота типа SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assambly) в Университете Яманаси в Японии для сборки.                                                                                                                                                                                             |
| 1981 | В Университете Карнеги - Меллона был разработан робот с прямым приводом. Он использовал электродвигатели, расположенные в суставах манипулятора, без обычных механических трансмиссий, используемых в большинстве роботов                                                                                            |
| 1984 | SONY представляет небольшой гуманоид в "Robodex 2000". В то время как США видит роботов на Марсе, Япония реализует своих роботов на Земле                                                                                                                                                                            |
| 2000 | Гуманоидный робот, способный перемещаться двуногим образом и взаимодействовать с людьми: ASIMO, Honda Motor Co. Ltd.                                                                                                                                                                                                 |
| 2003 | Робот-гуманоид от SONY - Qrio становится первым коммерческим гуманоидом, способным работать полностью автономно. Хонда был первым, кто «пошел», но он SONY - первым, кто «побежал».                                                                                                                                  |

Удивительные достижения, такие как robo Nao от Aldebaran Robotics (2004) или Big Dog от Boston Dynamics стали более распространенной реальностью, чем когда-либо.

Еще недавно слова "робототехника" или "робот", вызывали представление о некотором электронном приборе с механическими деталями и компьютерными технологиями, со странным и, возможно, смешным видом. Многие фильмы и игрушки используют это понятие

и демонстрируют футуристическую концепцию. В других более простых областях робот визуализируется как протез или рабочий инструмент, а в некоторых - даже как кулер.

Считается, что слово «робот» было придумано чешским драматургом Карелом Чапек в 1920 году для одного из его произведений. Чешское слово *robot*, которое означает принудительный труд и традиционно понималось как рабочее время, было переведено на английский как «робот».

Слово робототехника, используемое для описания науки исследования роботов, было придумано позднее писателем-фантастом Айзеком Азимовым.

На протяжении многих лет робототехника развивалась и внедрялась во многие области науки, демонстрируя большой потенциал в новых областях. Сегодня это также важная часть повседневной жизни, настолько распространенная, что очень немногие понимают, что вокруг них, и что все начинают зависеть от него. Это стало таким обычным, что многим будет трудно идентифицировать всех роботов, с которыми они часто контактируют.

Одно из наиболее распространенных определений рассматривает роботов как механические устройства, способные выполнять задачи, которые выполняются или не могут выполняться людьми. Из этого определения, например, ясно, что машины, участвующие в конвейерной сборке, являются роботами. То есть интеллект не является требованием для машины или устройства, чтобы быть классифицированным как робот.

Но в соответствии с данным определением роботами являются и машины прошлых веков, построенные из дерева или железа, и интеллектуальные машины, которые появились в Японии, США и Европе в начале 90-х годов XX века. Последние получили перцептивные способности (в основном зрение, слух и осязание), более простые по сравнению с восприятием живыми существами, но позволяющие им взаимодействовать с окружающей средой.

В настоящее время широко используются коммерческие и промышленные роботы, которые выполняют задачи более точно или дешевле, чем люди. Они также используются для выполнения слишком

грязных, опасных или тяжелых для людей видах работ. Роботы используются на заводах по производству, сборке и упаковке, на транспорте, в исследованиях на Земле и в космосе, хирургии, вооружении, лабораторных исследованиях и в массовом производстве промышленных или потребительских товаров.

Но есть также Роботы для разработки, исследований, развлечения или для других целей. Роботы, оснащенные одним колесом, были использованы для проведения исследований поведения, навигации и планирования маршрута; роботы с несколькими ногами, которые имитируют морфологию животных, направлены на поиск более стабильного способа передвижения, а создание двуногих роботов направлено на имитацию ходьбы человека. В 2002 году Honda и Sony начали продавать коммерческих гуманоидных роботов в качестве виртуальных домашних животных.

Что касается программирования, то прорыв в нано-технологиях и квантовой физике позволил увеличить объем обработки и хранения информации у роботов и сделать их взаимодействие с окружающей средой более полным. Это в основном связано с передовой электроникой в датчиках и разработанной вычислительной логикой, позволяющей интегрировать различные сигналы.

В процессе развития робототехники, устройство роботов и принцип их работы претерпели изменения. В этом смысле можно выделить несколько критериев, по которым роботов можно классифицировать в соответствии с их поколением, уровнем интеллекта, уровнем контроля и языка программирования.

Ниже приведена наиболее распространенная классификация роботов по поколениям:

1-е поколение: Манипуляторы. Это многофункциональные механические системы с простой системой управления, либо ручной, фиксированной или переменной последовательностью.

2-е поколение: Обучаемые роботы. Они повторяют последовательность движений, которые предварительно выполняются оператором-человеком с помощью механического устройства. Оператор выполняет необходимые движения, которые робот повторяет и запоминает.

3-е поколение: Роботы с сенсорным управлением. Контроллер - это компьютер, который выполняет команды программы и отправляет их манипулятору для выполнения необходимых движений.

4-е поколение: Умные роботы. Они похожи на предыдущих, но помимо этого они также имеют датчики, которые отправляют информацию на контроллер о состоянии процесса. Это позволяет им принимать решения и контролировать процессы в режиме реального времени.

По уровню интеллекта японская ассоциация роботов (JIRA) классифицировала их следующим образом:

1. Устройства ручного управления, управляемые человеком.
2. Роботы упорядоченной последовательности.
3. Роботы с переменной последовательностью, где оператор может легко изменить последовательность.
4. Регенерирующие роботы, где оператор управляет роботом через задачи.
5. Роботы с числовым управлением, где оператор задает последовательность движения робота, пока задача не будет поставлена вручную.
6. Интеллектуальные роботы, которые могут понимать и взаимодействовать с изменениями в окружающей среде.

Программы на контроллере робота могут быть сгруппированы в соответствии с уровнем контроля, который они выполняют. Различают следующие уровни контроля:

1. Уровень искусственного интеллекта, когда программа принимает такую команду, как "поднять предмет", и способна разбить ее на скрипт низкого уровня, основанный на стратегической модели задач.
2. Уровень режима управления, когда движения системы моделируются, для чего включено динамическое взаимодействие между различными механизмами и запланированными траекториями.
3. Уровень сервосистем, когда приводы управляют параметрами механизмов на основе данных внутренней обратной связи, полученных датчиками.

Классификация согласно языку программирования. Ключом к эффективному применению роботов для широкого спектра задач яв-

ляется разработка языков высокого уровня. Существует множество систем программирования роботов, большинство из которых свободны для общественности, хотя более продвинутые из них являются частными и используются в исследованиях. Системы программирования роботов разделяют на три класса:

1. Управляемые системы, в которых пользователь напрямую управляет роботом сообщая движения, которые должны быть выполнены.

2. Системы программирования уровня-робот, в которых пользователь записывает компьютерную программу, задавая в ней необходимые движения.

3. Системы программирования уровня-задача, в которых пользователь определяет операцию своими действиями над объектами, которыми манипулирует робот.

Перечисленные классификации являются одними из наиболее распространенных в эволюции программирования.

Однако критерии классификации могут быть различными, простыми или сложными в зависимости от желаемых результатов. Например, в зависимости от особенностей функционирования можно привести следующую классификацию:

1. Роботы Play-back, которые регенерируют последовательность записанных инструкций, такие как робот, используемый для распыления покрытий или дуговой сварки. Эти роботы обычно имеют управление с открытым контуром.

2. Роботы, управляемые датчиками, имеющие замкнутый контур управления манипулятивными движениями и принимающие решения на основе данных, полученных датчиками.

3. Роботы, управляемые видением, где роботы могут манипулировать объектом, используя информацию из системы зрения.

4. Адаптивно управляемые роботы, где роботы могут автоматически перепрограммировать свои действия на основе данных, полученных датчиками.

5. Роботы с искусственным интеллектом, где роботы используют методы искусственного интеллекта, чтобы принимать свои собственные решения для решения проблем.



Современная популярность робототехники отчасти объясняется ее постоянным появлением в кино и на телевидении, в фантастических фильмах, которые, в свою очередь, вдохновили развитие технологий своим творчеством и изобретательностью. Со своей стороны, литература также сыграла жизненно важную роль в распространении этой концепции и внесла свой важный вклад.

Как уже говорилось выше, первой работой, в которой использовалось слово робот, была работа Чапека, написанная в 1920 году и впервые представленная в 1921 году. В ней представлены искусственные люди, называемые роботами (в настоящее время они будут известны как андройды), которые способны самостоятельно думать и счастливы служить человеку.

Айзек Азимов не только ввел слово “робототехника”, но и сформулировал три закона робототехники. К этому его привели опасения по поводу безопасного включения роботов в жизнь людей. По его словам, концепция этих законов направлена на противодействие страху людей перед восстанием и революцией роботов против своих создателей.

Три закона робототехники Азимова представляют собой набор правил, которые должны выполняться роботами. Для роботов эти три закона представляют собой сложные математические формулировки, хранящиеся "в мозге" этих машин.

Они устанавливают следующее:

Закон Первый: робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

Закон второй: робот должен подчиняться всем приказам, которые дает человек, за исключением случаев, когда эти приказы противоречат Первому Закону.

Закон третий: робот должен самостоятельно защищать себя, если его защита не противоречит закону большего порядка.

Во время разработки сюжета одной из книг Азимова персонаж R. Daneel Olivaw создает нулевой закон робототехники, после обсуждения с одним из его коллег. Этот закон звучит следующим образом.

Нулевой закон: робот не может причинить вред человечеству или из-за своего бездействия, позволить человечеству пострадать.

Любое нарушение этих законов приведет к уничтожению робота путем необратимого повреждения «позитронного мозга». Они формируют моральный код робота, но не следует упускать из виду утверждение, сделанное самим Азимовым: роботы не рассуждают, а следуют линии логического мышления.

Азимов приписывает все три закона Джону У. Кэмпбеллу, которые он записал во время их продолжительного разговора в 1940 году. Впрочем, Кэмпбелл утверждает, что Азимов уже задумывался над ними и он просто выразил их более формальным образом. Эти законы также были использованы другими авторами в литературе, и они, несомненно, сыграют важную роль, когда технология андроидов станет более реальной.

С момента промышленной революции мы видим, как машины заменяют человека в выполнении некоторых задач. Крупные компании, такие как Intel, Sony, General Motors, Dell, используют на своих производственных линиях роботизированные комплексы для выполнения задач, которые ранее выполнял человек. Эффективность, качество, точность и долгосрочная экономическая выгода, связанная с использованием роботов в промышленности, вызвали обеспокоенность тем, что они могут перемещаться или конкурировать с людьми в более широких масштабах. Эта проблема все еще находится на ранней стадии, потому что еще не достигнута достаточная технология, такая как создание умных, самосознающих машин. Три закона робототехники не могут быть применены к современным роботам, потому что они не в состоянии понять их значение и применять их.

В 2011 году Совет по исследованиям инженерных и физических наук (Engineering and Physical Sciences Research Council, EPSRC) и Совет по исследованиям в сфере искусства и гуманитарных наук (Arts and Humanities Research Council, AHRC) Великобритании опубликовали набор из пяти этических принципов для разработчиков и пользователей роботов.

Этические принципы заключаются в следующем:

1. Роботы не должны быть разработаны исключительно или в основном для убийства или нанесения вреда человеку.

2. Люди, а не роботы, являются ответственными агентами. Роботы - это инструменты, предназначенные для достижения целей человека.

3. Роботы должны быть разработаны таким образом, чтобы была обеспечена защита и безопасность.

4. Роботы являются объектами, они не должны быть разработаны, чтобы воспользоваться уязвимыми пользователями, вызывая их эмоциональные реакции или зависимость. Робота всегда должно быть возможным отличить от человека.

5. Всегда должно быть известно лицо, которое несет юридическую ответственность за робота.

Роботы становятся все более распространенными в работах по уборке и обслуживанию дома. Тем не менее, есть опасения относительно экономического воздействия, которое принесет полная автоматизация промышленных процессов, и глобальная озабоченность по поводу роботизированного оружия, которое будет доступно наиболее технологически развитым странам. Именно для того, чтобы избежать таких проблем предпринимаются усилия по определению этики в этой области.

Годовой объем продаж промышленных роботов растет в большинстве развитых стран мира. Это связано прежде всего с тем, что все больше людей в промышленности понимают эту технологию и потенциал ее полезности. Во-вторых, технология робототехники постоянно развивается, поэтому роботы становятся проще в использовании. В-третьих, рост рынка обеспечивает снижение цены за единицу машины. Наконец, ожидается, что рынок робототехники выйдет за рамки крупных компаний и будет доступным для средних, малых и микрокомпаний.

Робототехника - это технология с будущим, а также для будущего. Будут существовать машины всех видов, общего или конкретного назначения, очень специализированные благодаря точности, которую обеспечат достижения в квантовой физике и микроэлектронике. Прогресс в разработке датчиков поможет роботам еще лучше видеть, слышать, применять определенную силу и т.д. Их возможности будут близки к безграничным.

Сегодня роботы уже получили широкое применение в выполнении следующих технологических операций:

1. Передача материалов: перемещение объектов из одного места в другое. Они обычно считаются одними из самых простых или прямых операций, выполняемых роботами.

2. Загрузка и выгрузка машин: обработка материала, в котором робот используется для обслуживания производственной машины путем передачи деталей с машин.

3. Процедурные операции: прямая работа с деталями. Конечный элемент робота должен быть инструментом (дрель, клепальщик, лазер и т. д.), а не зажимом.

4. Точечная сварка: сварка двух металлических деталей с помощью прохождения тока в заранее определенных местах.

5. Дуговая сварка: двухкомпонентная непрерывная сварка металла. Процесс использует металлический электрод, который плавится посредством электрической дуги, чтобы сформировать уплотнение.

6. Нанесение покрытий: окрашенные части различных материалов. Для этого можно использовать роботизированные рычаги с различной степенью свободы при распылении или большие машины с менее гибкими рычагами при потоке или погружении.

Примеры применения роботов можно найти в различных областях:

Лаборатории: роботы эффективно выполняют повторяющиеся задачи, такие как размещение тестовых трубок в измерительных приборах. Можно выделить несколько преимуществ такого применения роботов: повышают производительность, улучшают контроль качества и снижают воздействие на человека вредных химических веществ.

Ядерная инженерия: с развитием операторов для обработки радиоактивного материала. Роботы используются для сварки с помощью дистанционного управления и проверки трубопроводов в районах с высоким радиационным излучением. Также дистанционно управляемые роботы и транспортные средства используются для очистки в местах, где произошло радиационное загрязнение.

Сельское хозяйство: австралийский научно-исследовательский институт разработал множество роботов для сельскохозяйственных и

животноводческих целей. Среди его проектов - машина, которая стрижет овец. Во Франции, например, применяются экспериментальные виды роботов для посева и обрезки виноградников.

Космическое пространство: космическое исследование имеет большие проблемы для человека. Окружающая среда является враждебной, и требуется очень дорогостоящее и ограниченное защитное оборудование. Вот почему использование роботов было рассмотрено для этих миссий, но поскольку до сих пор не достигнуто необходимой степени автоматизации роботов, человек пока не может быть полностью заменен ими.

Транспортные средства: наземные, воздушные и морские, транспортные роботы имеют большое развитие по всему миру. Они в основном используются в разведке, обслуживании, инспекции, исследованиях и транспортировке. Одним из известных случаев применения роботов для этих целей является подводный робот, который провел первое исследование останков Титаника еще в 1985 году.

В медицине: было создано оборудование, которое позволяет проводить операции в кратчайшие сроки без необходимости травмировать кожу человека, устраняя множество недостатков хирургических процессов. Одним из лучших примеров применения роботов в медицине является хирургическая система Da Vinci, разработанная Intuitive Surgical, состоящая из хирургического робота, предназначенного для выполнения сложных операций с минимальными инвазиями в организм человека (операции простаты, замена клапанов сердца и гинекологические хирургические процедуры). В настоящее время в мире насчитывается более 800 таких роботов.

В образовании: робототехнические конструкторы предусматриваются образовательными программами в качестве средства обучения в процессе конструирования, программирования и моделирования управления роботами. Из-за своей низкой стоимости многие из этих систем не обладают надежностью в своей механической системе, имеют низкую точность и в основном не имеют программного обеспечения. Однако для образовательных целей они выполняют свою функцию.

## 2.2 Робот как система

Как и в анатомии животных, роботы обладают системами, состоящими из операционных единиц, которые позволяют им двигаться, воспринимать и действовать или уметь. Роботы представляют собой объединение систем, которые образуют единое целое. Каждый функциональный блок выполняет определенную задачу и имеет свой собственный вход и выход. Количество и разнообразие систем, которые составляют роботов может изменяться в зависимости от их полезности, но в целом можно выделить следующие основные системы:

- приводная;
- сенсорная.
- система обработки.

*Приводные системы* состоят из механизмов, которые способны выполнять физическую работу. Они также называются приводами, потому что способствуют выполнению действий. Когда они работают вместе, они могут быть классифицированы как агенты, ответственные за выполнение движения, хотя всегда подчиняются блоку управления. Наиболее важными свойствами, которые следует учитывать при их использовании, являются следующие:

**Мощность:** характеризует количество работы, которое может быть выполнено за единицу времени.

**Потребление:** количество энергии необходимое для работы во внешних условиях и величина рабочего напряжения.

**Управление:** характеризуется скоростью отклика и простотой управления.

**Скорость:** характеризуется количеством времени необходимого для выполнения задачи.

**Вес и объем:** физические параметры, важные для устройства робота. В небольших моделях, для увеличения скорости и экономичности, важно уменьшить вес и объем.

**Точность:** характеризуется постоянством результата действия при тех же условиях.

Затраты и техническое обслуживание: экономический фактор, имеющий важное значение в проектах развития и строительства. Кроме того, возможность обслуживания дает большую безопасность для реагирования на неудобства. Необслуживаемая система становится устаревшей.

По сути приводы являются двигателями. Существуют различные классификации двигателей. Можно выделить три основные группы приводов: пневматические, гидравлические и электрические.

В пневматических источником энергии является давление воздуха. Они преобразуют потенциальную энергию сжатого воздуха в кинетическую энергию.

В гидравлических подобно пневматическим вместо сжатого воздуха используются минеральные масла при определенном давлении для выполнения работы.

Электрические используют электромагнитную силу для выполнения работы. Они отличаются простотой управления и высокой точностью, что делает их наиболее часто используемыми приводами в роботах. Они могут иметь очень небольшие размеры по сравнению с гидравлическими и пневматическими, что квалифицирует их как хороший выбор для разработки сложных подвижных конструкций. Другим преимуществом по сравнению с предыдущими двумя типами приводов является то, что им не нужно дополнительное пространство для хранения жидкости, хотя они используют батареи или какой-либо иной внешний источник питания.

В электрических приводах можно различать две большие группы в зависимости от формы энергии, от которой они питаются: двигатели постоянного тока; двигатели переменного тока; и смешанные гибридные двигатели.

В роботах чаще всего используются шаговые двигатели, которые представляют собой особый тип двигателей постоянного тока, которые позволяют поворачивать вал на определенное количество градусов в зависимости от сигнала управления.

*Сенсорные системы* представляют собой набор датчиков, которые позволяют роботам получать и воспринимать информацию из окружающей среды, в которой они находятся. Датчики - это устрой-

ства, которые измеряют физические величины, такие как ускорение, расстояние, яркость, звук, температура и т. д. Функции этих систем похожи на чувства живых существ, у которых «датчиками» являются кожа (осязание), глаза (зрение), нос (обоняние), язык (вкус), и слух (звук). Можно оценить разницу между органами (датчиками) и чувствами (сенсорными системами).

Робототехника подвержена развитию датчиков. Без них роботы не смогут получить информацию из среды, и их возможности будут ограничены.

Именно поэтому исследования в области датчиков имеют жизненно важное значение в мире робототехники, изучая новые способы измерения физических величин окружающей среды с большей точностью.

Наиболее важными характеристиками датчиков являются:

**Рабочий диапазон:** нижний и верхний предел работы. При желании большей точности рекомендуется использовать датчики с ограниченным рабочим диапазоном; но если необходимо сделать более общую систему, то лучше использовать датчики с более широким рабочим диапазоном.

**Точность и разрешение:** характеризует правильность получаемого значения. Чем более высокое разрешение, тем более высокая точность. Датчики сообщают об электрических импульсах, которые затем декодируются для интерпретации информации. В этом процессе происходит этап калибровки, который будет нести основную ответственность за степень точности измерения.

**Частота дискретизации:** характеризуется количеством измерений, которое может быть сделано за единицу времени. Например, в системах, требующих немедленного реагирования на внешние воздействия, важно иметь возможность принимать много измерений в секунду. Например, для робота, который движется со скоростью 5 см/с. и должен остановиться за 10 см до препятствия (стены), измерение расстояния каждые 3 секунды может помешать ему достичь своей цели, поскольку между каждым измерением он проходит 15 см, не зная, сколько сантиметров отделяет его от стены.



Вычислительные требования: ресурсы, необходимые для декодирования результатов измерения датчиков. Сам датчик не образует сенсорную систему, как описано выше. Данные, взятые из среды, должны быть обработаны для правильной интерпретации информации. Роботы, как правило, включают небольшие электронные схемы, которые совершают предварительную обработку сигнала. Таким образом, блок управления (мозг робота) получает упрощенную информацию, что упрощает ее обработку.

Мощность: характеризуется количеством работы выполняемой за единицу времени. В отличие от приводов, выполняющих работу над окружающей средой, датчики действуют внутри системы на основе величины чувствительности. Как правило, уровни тока и напряжения выходов датчиков малы, но важно учитывать их, чтобы избежать повреждения цепи.

Рабочее напряжение и ток: напряжение и ток, необходимые для работы датчиков. Одной из проблем в конструировании роботов является энергетическая часть. Мобильные роботы должны иметь возможность заряжать свой источник питания (батареи) и оптимально использовать этот ресурс. Большинство датчиков требуют минимального значения напряжения и тока для обеспечения своей работы (пассивные датчики). Энергоэффективность их не всегда может быть покрыта микроконтроллером, поэтому обычно используются альтернативные источники энергии или производные от первичной. Активные датчики не требуют питания, потому что они каким-то образом преобразуют энергию измеряемой переменной в электрический импульс.

Вес и объем: важные особенности для системной интеграции. Очень тяжелые или очень большие датчики могут нарушить равновесие робота или не найти подходящее место для размещения. Для экономии энергии, снижение веса всегда важно.

Прочность: отказоустойчивость к условиям окружающей среды. Надежность датчиков и сенсорных систем может быть достигнута с помощью аппаратного или программного обеспечения. В первом варианте - это очень специализированная электроника, способная устранять помехи и шумы в измерениях, чтобы получить более чистый сигнал. С другой стороны, с помощью программного обеспечения

создаются интеллектуальные системы, способные предсказывать и устранять шумы при интерпретации обработанного сигнала.

**Чувствительность:** изменение выходного сигнала, вызванное изменением входного сигнала. Более чувствительные датчики служат для более тонких измерений с короткими диапазонами работы.

*Система обработки.* Все сигналы, поступающие от датчиков, должны быть обработаны, чтобы быть полезными.

Сенсорная система просто сообщает о величине измерений, но ничего не делает с полученными данными. Приводы, с другой стороны, не имеют возможности самостоятельно контролировать себя или координировать свои действия - они ждут указания для запуска. Таким образом, обе системы нуждаются в «дирижере», который координирует все действия и взаимодействует с ними.

Эту работу выполняет микроконтроллер, который можно считать мозгом робота. Он отвечает за обработку информации, поступающей от датчиков, и выполнение программ, хранящихся в памяти. Кроме того, с помощью каналов связи он контролирует действия приводов для выполнения желаемых задач.

В сложных роботах может существовать несколько микропроцессоров, контролирующих различные части машины, но все они должны работать совместно для выполнения запланированных задач. Также могут существовать небольшие электрические схемы, которые функционируют как микроконтроллеры специального назначения (не программируемые), обычно используемые для обработки сигналов или для решения простых проблем.

Не путайте "микропроцессор" с "микроконтроллером" - это разные вещи.

Микропроцессор - это цифровое электронное устройство, отвечающее исключительно за обработку и выполнение инструкций; для работы требуется набор периферийных устройств (оперативная память, ПЗУ, каналы связи и т. д.). Микроконтроллер представляет собой структуру, состоящую из микропроцессора, памяти (для хранения инструкций и данных), входных и выходных каналов, и всех периферийных устройств, необходимых для самостоятельной работы.

Если вы собираетесь построить робота, механическую систему, которая выполняет задачу, которая была запрограммирована, вам нужно электронное устройство, которое выполняет указанные процедуры. Это устройство называется микроконтроллером (или микропроцессором) и играет роль мозга внутри робота. Для того, чтобы знать свой носитель и иметь возможность принимать и выполнять действия, микроконтроллер нуждается в информационных каналах в виде электрических сигналов, поступающих от датчиков (входы) и направленных на приводы (выходы). Набор этих путей связи называется интерфейсом ввода-вывода или интерфейсом ES30. Эти средства сбора данных также должны быть приняты во внимание при проектировании и конструировании.

Программирование микроконтроллера обычно выполняется с компьютера через интерфейс, предоставляемый производителем контроллера. Тем не менее, некоторые из них уже имеют встроенный программный интерфейс, который позволяет пользователю быстрее и без использования компьютера совершать простые манипуляции с программированием. Кроме того, они обычно включают в себя предварительно запрограммированные процедуры для декодирования и преобразования сигналов, поступающих от датчиков или направленных на приводы.

### **2.3 Платформы образовательной робототехники**

В связи с развитием технологий, сегодня существует широкий спектр электронных и программных систем, которые позволяют конструировать и программировать роботов без необходимости иметь передовую научную лабораторию. Многие из них имеют большой дидактический потенциал, потому что они имеют совместимую среду программирования, хорошую производительность, достаточные ресурсы, и доступные затраты. С другой стороны, есть и другие, пре-

доставляющие большие возможности для образовательных целей, но они имеют более высокую цену.

Развитие сферы образовательной робототехники во многих странах определило широкую представленность на данном рынке различных мировых производителей робототехнических наборов и их комплектующих. К числу наиболее известных и распространенных их них относятся Lego, HUNA, Fischertechnik, VEX, Tetrix, ТРИК, «Амперка» и др. Существуют и другие менее известные, появляются новые<sup>25</sup>.

Обучение робототехнике проводится с использованием специальных конструкторов, которые содержат детали для сборки и программное обеспечение. Российской ассоциацией образовательной робототехники (РОАР) предлагается «Диаграмма применения робототехнических конструкторов в зависимости от возраста» (рис. 11)<sup>26</sup>. В том числе на основе нее формируются конкретные модели реализации образовательной робототехники.

В робототехнике, особенно в области образования, для проведения экспериментальных проверок необходимо наличие мобильных роботов, поскольку моделирование имеет очевидные ограничения, которые не позволяют напрямую экстраполировать их результаты в реальный мир и не включают все переменные, которые включает в себя физический эксперимент. Именно поэтому, на наш взгляд, наибольшее распространение в нашей стране получили робототехнические конструкторы фирмы Lego®.

---

<sup>25</sup> Калугин Д.Ю., Лейбов А.М., Осокина О.М. Ресурсное обеспечение робототехники // Образовательная робототехника: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (г. Новосибирск, 25-27 ноября 2015 г.). Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2016.

<sup>26</sup> Российская ассоциация Образовательной робототехники. сайт: <http://www.raor.ru>

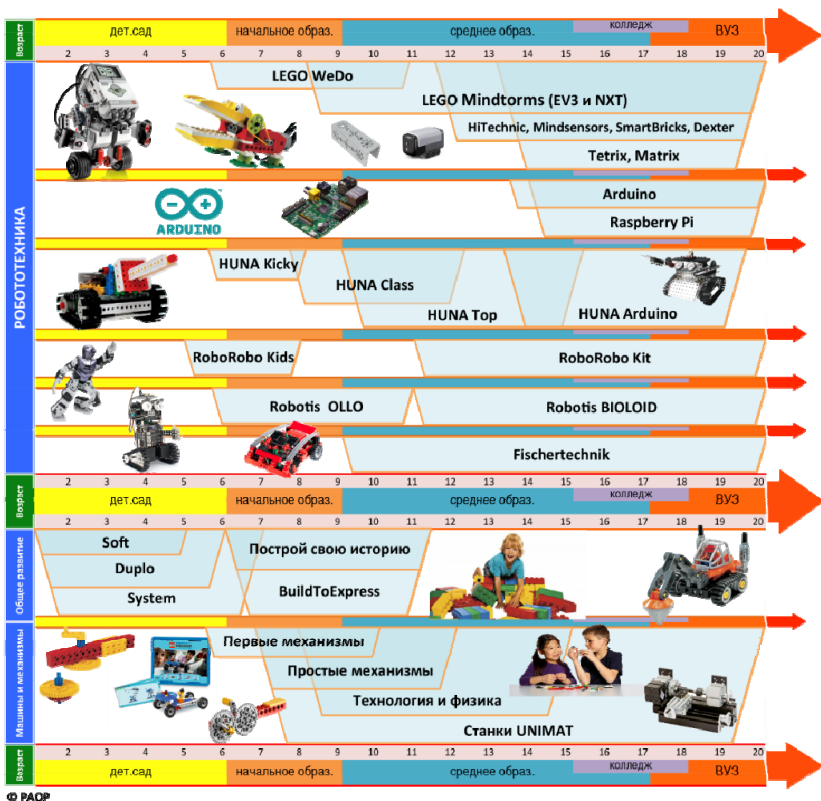


Рисунок 11. Диаграммы применения робототехнических конструкторов в зависимости от возраста

Они представлены для разных возрастных категорий, начиная от дошкольников (Lego Duplo) и до школьников средней ступени (Lego EV3). Данное обстоятельство является очень важным, так как позволяет сохранить преемственность и поэтапность образовательного процесса.

Для обучения робототехнике в начальной школе может использоваться конструктор Lego Education WeDo, состоящий из стандартных деталей Lego, а также набора датчиков и приводов, подключаемых через USB к компьютеру. В комплекте с данным конструктором поставляется интуитивно понятное и простое программное обеспечение, доступное младшим школьникам. Также, вместе с ПО поставля-

ется набор заданий, представляющих из себя отдельные проекты с подробной пошаговой инструкцией по их выполнению. Его разработчики утверждают, что он идеально подходит для рассказывания историй и рассказов, для игрового обучения, которое поощряет сотрудничество и участие детей; в свою очередь, это облегчает понимание нетехнических знаний в таких предметах, как языки, социальные науки.

Для обучения робототехнике в средней школе подойдет комплект Lego Mindstorms Education, состоящий также из стандартных деталей Lego, а также сенсоров, двигателей и программируемого блока NXT или EV3. Наличие отдельного программируемого блока в сочетании со средой программирования высокого уровня делает набор серьезным инструментом, позволяющим создавать роботов, способных решать достаточно сложные задачи.

Наборы Lego Mindstorms Education имеют еще одно большое преимущество для основного уровня образования. Они включают контроллер с графическим интерфейсом, который, кроме того, легко программируется с компьютера. Благодаря этому учащиеся не имеют доступа к электронике и сложным цифровым системам, требующим не только более глубоких знаний, но и специализированного лабораторного оборудования.

С данным робототехническим набором можно собирать конструкции с различными функциями. Lego Mindstorms позволяет легко построить модель интегрированной системы с электромеханическими деталями, управляемыми компьютером, включая датчики, двигатели, шестерни, соединительные детали, колеса и программируемый и настраиваемый контроллер. Обучающийся может свободно использовать свое воображение для изменения или создания новых конструкций, которые выполняют поставленную задачу, не беспокоясь о более сложных способах соединения деталей и необходимости использования дополнительного оборудования.

Рассмотрим более подробно комплектацию данных робототехнических наборов. Как и все технологическое оборудование, комплект Lego Mindstorms состоит из двух групп ресурсов: аппаратного и программного обеспечения.

Аппаратное обеспечение - это все физические устройства и компоненты, которые выполняют задачи ввода и вывода информации. Он также известен физической частью набора робототехники. В комплект входит следующее оборудование: входные устройства (датчик касания, ультразвуковой датчик, гироскопический датчик, датчик цвета) и выходные устройства (серводвигатель, лампа, дисплей и т. д.); контроллер (или кирпич), а также детали для конструирования (структурные, соединительные, движущиеся, аксессуары) (рис. 12).

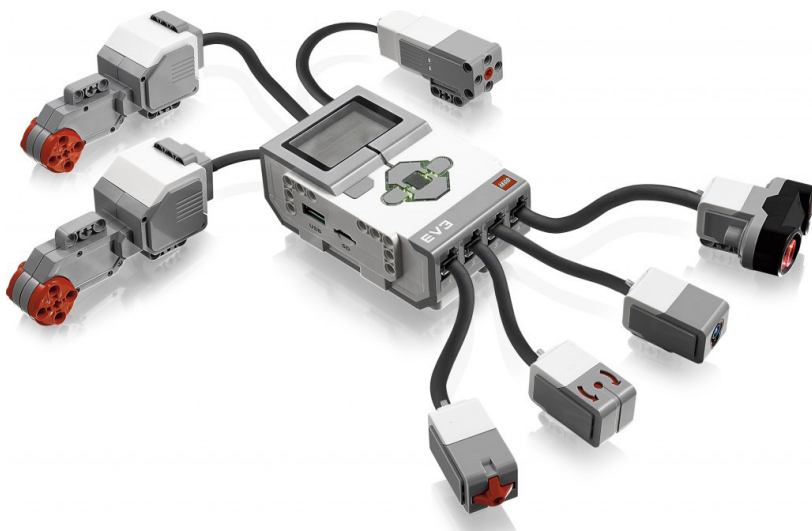


Рисунок 12. Контроллер Lego Mindstorms EV3 с датчиками и сервомоторами

Комплект стандартного набора можно расширить дополнительными датчиками: ИК-датчик, ИК-маяк, датчик температуры – для EV3; датчик-компас, барометрический датчик, электрооптический датчик расстояния, датчик скорости вращения, датчик мультиплексор, датчик угла наклона, датчик силы от HiTechnic для NXT.

Программное обеспечение состоит из инструкций и данных, которые позволяют использовать все ресурсы, которые имеет плата контроллера, так что пользователь может решить проблемы с помощью манипулирования входными и выходными каналами. Сама плата

контроллера - это просто конгломерат электронных компонентов. Проще говоря, это нематериальная часть системы.

Проводя аналогию с человеческим телом, аппаратное обеспечение является его физической структурой (кожа, кости, органы, все осязаемое), и программное обеспечение - мысли, идеи, убеждения.

Всю подробную документацию по комплекту можно найти на официальном сайте Lego Mindstorm - <http://mindstorms.lego.com>. Также там размещены руководства по сборке и программированию, которые могут помочь ознакомиться с особенностями конструктора.

Еще одной особенностью является то, что комплект Lego Mindstorm может работать с различными языками программирования, такими как java, Robot C, EV3 Basic, Python; визуальными средами ROBO LAB, Scratch, LabVIEW и другими. Простота использования комплекта Lego Mindstorms также распространяется на процесс разработки, поскольку среда программного обеспечения и способ программирования в них включает графический интерфейс и уменьшает потребность в технических знаниях java, C или используемого языка.

Для обучения робототехнике в старших классах может быть использован конструктор TETRIX, являющийся основным конструктором международных соревнований FIRST Tech Challenge, а также позволяющий собрать модели для участия во Всемирной Олимпиаде Роботов (World Robot Olympiad). Данный конструктор состоит из набора металлических деталей, сенсоров, сервоприводов и программируемого блока Lego Mindstorms. Программирование роботов, созданных из данного набора, осуществляется на языке Robot C. Преимуществом конструктора является возможность использования контроллеров Arduino с незначительной доработкой механической части и программного обеспечения.

Еще одним примером робототехнических конструкторов из металлических деталей, используемых как для класса, так и для соревнований являются наборы VEX ROBOTICS EDR. Они несколько не уступают по функциональности наборам Lego Education EV3, но стоят относительно дешевле. Данные наборы рассчитаны как на групповые занятия, так и на создание мощных, многофункциональных робо-



тов для участия в соревнованиях, их постоянно можно встретить на Мировых Чемпионатах роботов.

Металлические наборы VEX занимают особое место среди образовательных робототехнических конструкторов. Они состоят из перфорированных металлических деталей – профиля и пластин, пластиковых элементов передач – зубчатые колеса, шкивы и колеса и т.п.

Наборы VEX укомплектованы современными микроконтроллерами Cortex, сервомоторами и разнообразными датчиками. Отдельно стоит отметить, что среди комплектующих VEX есть элементы пневматики и линейные передачи, различные колеса и гусеничные траки. Наборы позволяют собрать десятки роботов, движущихся и стационарных, в том числе робота Clawbot с клешней-манипулятором. Благодаря вышеперечисленным качествам металлические наборы VEX обладают уникальными функциональными возможностями. Поэтому в рамках соревнований Junior Skills он все чаще вытесняет наборы на базе Lego. Это указывает на вектор соревнования, который направлен в сторону усложнения и развития компетенций в данной дисциплине.

Микроконтроллеры Cortex-M стали сегодня одними из самых популярных процессоров, применяемых при разработке и изготовлении электронной техники. Высокая вычислительная мощность, широкий набор периферии и низкая стоимость делают эти устройства привлекательными для самого широкого круга разработчиков. При этом каждый желающий может выбрать наиболее подходящий вариант для решения конкретной задачи. Производители предлагают огромное количество разнообразных микросхем, общим для которых остается только процессорное ядро. На сегодняшний день распространение получили 3 варианта ядер: Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4. Отличия этих моделей не всегда явно прослеживаются, поэтому следует разобраться в особенностях этих вариантов.



Рисунок 13. Микроконтроллер VEX Cortex EDR

Микроконтроллеры Cortex-M представляют собой одно из направлений развития микропроцессорных ядер, предлагаемых фирмой ARM. Фактически, под общей торговой маркой Cortex можно увидеть три типа процессоров (профилей), обозначаемых буквами А, R, М. Задачей профиля А стало достижение большой вычислительной мощности. Изделия с этой маркировкой - Cortex-A, представляют собой классические микропроцессоры, являющиеся дальнейшей эволюцией разработок ARM. Профиль R нацелен на использование во встраиваемых системах, поэтому эти процессоры модернизированы для исполнения задач в реальном времени. Основной задачей профиля М заявлена простота и низкая стоимость. Технически Cortex-M представляют сильно упрощенные варианты старших моделей. Тем не менее, даже такие «урезанные» контроллеры обладают вычислительной мощностью, значительно превышающей многие аналоги. Также отличием от «больших» ARM стала поддержка битовых операций, необходимая в микроконтроллерах для работы с периферией.

Микроконтроллер на базе VEX ARM® Cortex® координирует потоки информации и электроэнергии робота. Все прочие электронные элементы системы (электромоторы, датчики и пр.) связаны с микроконтроллером. Микроконтроллер может осуществлять двустороннюю передачу данных для управления, отладки и загрузки через инновационное беспроводное соединение VEXnet. Микрокон-

троллер является мозгом каждого робота VEX. Робот представляет собой сложную систему, состоящую из частей, которые должны работать вместе для достижения требуемой цели. Электронное управление, реализованное с помощью программируемого контроллера, например, микроконтроллера, демонстрирует процесс координирования работы различных компонентов робота для выполнения поставленной задачи.

Микроконтроллер оснащен пользовательским процессором STMicroelectronics ARM Cortex-M3. Данный процессор отвечает за интерпретацию программ/инструкций, обработку команд и соответствие отклика. Помимо процессора, микроконтроллер оснащен рядом портов (до двенадцати), через которые может осуществляться подключение к интерфейсу датчиков и электромоторов.

Рассмотрев микроконтроллер, стоит рассмотреть и особенность Vex, которая отличает их от того же Lego. Это джойстик Vexnet (рис. 14). Несмотря на то, что многие роботы проектируются с акцентом на автономную работу, зачастую возникает потребность в ручном управлении роботом. Джойстик VEXnet позволяет оператору управлять действиями робота в режиме реального времени, используя инновационное беспроводное соединение VEXnet.



Рисунок 14. Джойстик VEX

Оператор отправляет команды роботу с помощью ручек и кнопок на джойстике VEXnet. Команды отправляются микроконтроллеру Cortex в форме сигналов VEXnet с помощью ключа USB-адаптера VEXnet, подключаемого к микроконтроллеру робота VEX. Джойстик снабжен двумя аналоговыми ручками, работающими в двух направлениях, четырьмя пусковыми кнопками и двумя навигационными панелями с четырьмя кнопками. Джойстик также снабжен акселерометром, с помощью которого может быть достигнуто наклонное положение по осям X-Y. Благодаря этой возможности управление положением руки робота или приводной системы может осуществляться путем изменения наклона джойстика.

Для передачи данных микроконтроллер VEX Cortex использует беспроводное соединение и специальное оборудование VEXnet, благодаря которому исчезает необходимость в использовании IP адресов, MAC-адресов, настроек безопасности и IP-протоколов. Нужно просто включить оборудование, после чего соединение между микроконтроллером и соответствующим ему джойстиком будет выполнено автоматически.

Оборудование VEXnet работает в частотном диапазоне 2,4 ГГц. Этот тип беспроводной связи позволяет осуществлять отправку больших объемов данных в обоих направлениях между джойстиком VEXnet и микроконтроллером VEX Cortex. До этого единственным безопасным и надежным методом передачи настолько больших объемов данных был метод передачи по проводам и кабелю. Тем не менее, для многих вариантов использования в робототехнике этот метод не был продуктивным. VEXnet позволяет осуществлять непрерывное и полноценное беспроводное управление. Исходя из этого мы получаем прекрасное оборудование, которое позволяет нам с большой точностью совершать управление роботом. Такая точность дает нам возможность выполнять сложные робототехнические задания, представленные на соревнованиях.

Программным обеспечением для робототехнического конструктора Vex, является RobotC. В настоящий момент — это единственный язык программирования для роботов, который предоставляет развитый режим отладки во время выполнения программ.

Еще одной распространённой платформой для образовательной робототехники в старших классах является Arduino.

Arduino - это бесплатная аппаратная платформа, основанная на плате с микроконтроллером и средой разработки, которая включает в себя входные и выходные сигналы, а также порты для связи с компьютером. Она была разработана для облегчения использования электроники в междисциплинарных проектах. Для ее использования можно скачать бесплатное программное обеспечение для программирования, или использовать другой инструмент в языке программирования C.

Arduino была создана для художников, дизайнеров, любителей и для тех, кто заинтересован в создании интерактивных сред или объектов. Благодаря своей простоте использования она стала одним из основных ресурсов для тех, кто входит в мир образовательной робототехники.

Arduino представляет собой плату с микроконтроллером Atmel ATmega, всей необходимой для него обвязкой, регулятором напряжения и USB-UART мостом. Все выводы платформы выведены на края платы и как правило уже оборудованы разъемами.

Основные модели Arduino имеют в своем составе 8-битный микропроцессор ATmega. Как правило, для большинства проектов использующих Arduino, такого слабого процессора вполне хватает. Имеется и версия на основе 32-разрядного ARM Cortex M3 (ATMEL SAM3U).

Наиболее популярная версия Arduino Uno базируется на микроконтроллере ATmega328. Имеет 15 GPIO портов, включая 6 ШИМ (рис. 15). Микроконтроллер снабжен 32Кб Flash-памяти и 2Кб RAM. На базе данной платформы присутствует кварцевый генератор, работающий на частоте 16 МГц. Питание платформы может осуществляться от персонального компьютера через порт USB или от внешнего блока питания постоянного тока с выходным напряжением от 5 до 12 В.

Для программирования Arduino не требуется внешний программатор, так как в микроконтроллер уже зашит загрузчик (boot loader).

Кроме того, на плате размещается USB-UART мост, который позволяет загружать скетчи при помощи обычного USB интерфейса.

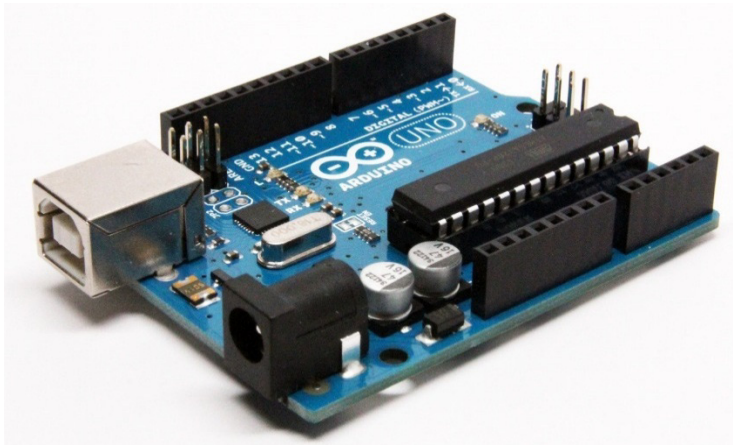


Рисунок 15. Внешний вид платы Arduino Uno

Программный код для Arduino выполняется на языке Processing/Wiring, имеющем синтаксис C++. Для составления кода и загрузки его в контроллер используется свободно-распространяемый редактор Arduino IDE. Именно благодаря этим двум особенностям, Arduino стала самой распространенной платформой для начинающих разработчиков электроники.

Arduino является инструментом для проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Это платформа, предназначенная для «physical computing» с открытым программным кодом, построенная на простой печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения.

У оболочки Arduino IDE есть монитор последовательного порта, который позволяет отображать на экране монитора ПК результаты измерений аналоговых сигналов тока, напряжения, частоты вращения, температуры. На плате платформы присутствует колодка с постоянным напряжением 5 В и общим проводом (ground) для питания

внешних устройств, таких как датчики или различные микросхемы. Рассмотрим основные ее элементы на примере микроконтроллера Arduino UNO (рис. 16).

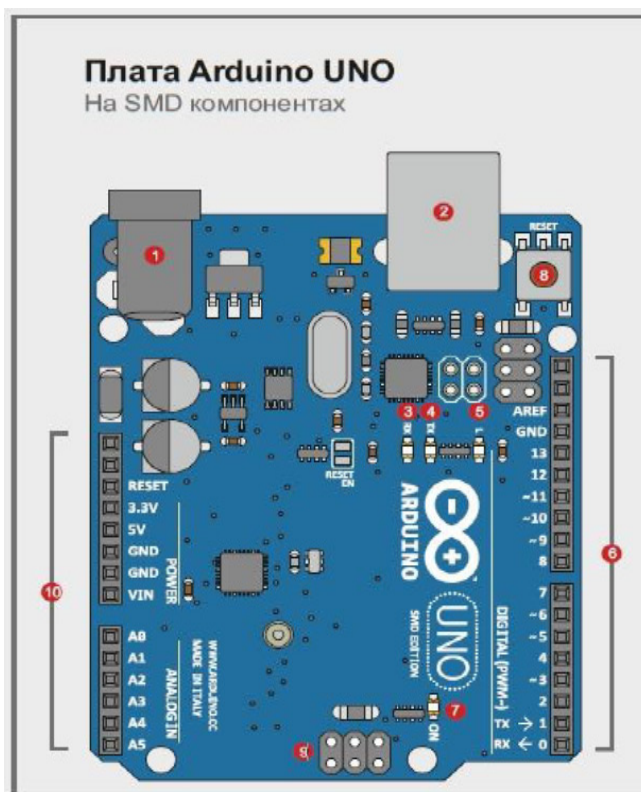


Рисунок 16. Основные элементы микроконтроллера Arduino UNO

К ним относятся: 1 - Разъем Питания (от батареи) - Может использоваться с блоками питания 9 - 12 Вольт. 2 - Разъем USB (USB Порт) - Может использоваться для питания схем, а также для связи с компьютером. 3 - Индикатор (RX: Прием) - Используется для индикации приема данных. 4 - Индикатор (TX: Передача) - Используется для индикации передачи данных. 5 - Индикатор (Порт 13: поиск неисправностей) - Во время работы скетча показывает правильно ли всё работает. 6 - Порты (ARef, Ground, Digital, Rx, Tx) - опорное напряжение, земля, цифровые порты, порты приема и передачи данных. 7 -

Индикатор (Индикатор питания) - сигнализирует о подаче питания на плату Arduino. 8 - Reset (сброс) - ручной перезапуск платы Arduino, приводит к перезапуску вашей программы. 9 - Разъем IC SP (Порт программирования) - дает возможность программировать, минуя загрузчик самой платы. 10 - Порты (Analog In, Power In, Ground, Power Out, Reset) - аналоговые, входящие, исходящие, питание и земля.

Помимо Arduino UNO стандартной длины существуют платы Arduino Pro, Arduino Leonardo. Также представлены платы с расширенным набором штыревых линеек Arduino Mega, Arduino Due и уменьшенных габаритов Arduino Nano, Arduino Micro.

Поскольку «Arduino» является зарегистрированным товарным знаком, сторонние производители вносящие изменения в архитектуру платформы используют другие обозначения для своих продуктов. Клоны совместимы с Arduino программно и аппаратно, что означает они могут использовать программы написанные для Arduino и использовать соответствующие дополнительные модули (Shields). Список клонов достаточно велик и постоянно растет: серия Freeduino (SB, Max Serial, Through-Hole), CraftDuino, Seeeduino, Roboduino, Microduino и т.п.

На российском рынке продвижением образовательных конструкторов на Arduino активно занимается компания «Амперка». Она предлагает для пользователей целый спектр оригинальных наборов для тех, кто делает первые шаги в робототехнике, создании электронных устройств и обучении программированию (рис. 17). Помимо самих робототехнических наборов компанией предлагаются достаточно подробно разработанные инструкции по сборке различных электронных устройств от самых простых до более сложных.

Например, одноименный образовательный набор «Амперка» включает не только электронные компоненты в виде резисторов, светодиодов, транзисторов, моторов, сенсоров, LCD-экрана и платы с микроконтроллером Arduino UNO, но и специально разработанное учебное пособие «Основы программирования микроконтроллеров»<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Бачинин А. и др. Основы программирования микроконтроллеров. ООО «Амперка», 2013.



Данное пособие предназначено для обучающихся средних и старших классов, позволяющее освоить им основы разработки собственных электронных устройств. Помимо теоретического материала в нем представлены упражнения по проектированию электрических схем и программированию микроконтроллера. Разработчиком заявляется что данный набор подходит для проведения уроков информатики и технологии в 7-9 классах.



Рисунок 17. Составляющие образовательных наборов на Arduino от «Амперки»

Помимо образовательного набора «Амперка» компанией предлагается широкий спектр электронных наборов – «Матрешка», «Йодо», «Робоняша», «Малина» и др. Причем не только на базе Arduino, но и на базе Raspberry и российском аналоге совместимом с Arduino – Iskra, программируемом как на C++, так и на JavaScript (Iskra JS).

Одним из главных преимуществ применения данных наборов в сфере образовательной робототехники является наличие разработанных учебно-методических материалов для обучающихся по сути к каждому набору (также они представлены в открытом доступе на сайте [amperka.ru](http://amperka.ru)). К ним относятся как теоретические материалы для начинающих – от понятия электричества до перехода к работе с Arduino, так и разработанные серии «экспериментов» - по сути лабораторные работы, которые достаточно легко можно встроить в образовательный процесс не только школы, но также колледжа и даже вуза.

## **2.4 Программирование в образовательной робототехнике**

Робототехника - это отрасль, где применяются знания из других областей знаний. Одной из областей, находящейся в центре создания роботов, является программирование. Поэтому необходимо расширять знания и постоянно практиковаться в разработке программ для укрепления навыков и знаний.

Создание программы - это то, что определяет поведение программируемых технологических устройств. В данном разделе рассматриваются основные сведения дающие представления о создании алгоритмов, лежащих в основе программирования.

Программирование представляет собой разработку и определение шагов и решений, которым будет следовать технологическое устройство для выполнения определенной задачи, используя специальные инструменты для прямого общения с командами. Таким образом, программирование - это действие по созданию и воплощению этих шагов на устройстве. На современном технологическом оборудовании, в цифровой электронике программирование выполняется путем написания последовательности инструкций (шагов и решений) в так называемом программном коде.

Все технологические устройства имеют свой способ получения последовательности шагов, которые необходимо выполнить. Общение с ними не может осуществляться на обычных языках, таких как английский, русский, язык жестов и т.д., поскольку их основная элек-

тронная структура не позволяет им понять эти средства коммуникаций. Вот почему существуют специальные языки программирования, которые, в свою очередь, могут отличаться от устройства к устройству. С их помощью технологические устройства получают инструкции или шаги, поступающие с компьютеров, микроконтроллеров, сотовых телефонов и т.д., для выполнения соответствующих действий. Существует несколько подобных языков: некоторые из них настолько сложны и специфичны, что применяются только для соответствующих устройств; в других, с целью обеспечения лучшего восприятия, используются переводчики для облегчения связи между программистом (разработчиком программного кода) и машиной.

В настоящее время деятельность по разработке последовательности шагов для устройств не ограничивается конкретным сектором человеческих профессий или профессиональной деятельности. Тем не менее, из числа тех, кто занимается компьютерной областью, к их числу больше относятся те, кто занимается программированием.

Этой деятельностью заняты те, кто обеспечивает работу электронных устройств, особенно распространенных в сфере инженерии. Тем не менее, физики, математики, биологи, химики и специалисты в области точных наук также часто разрабатывают программы для удовлетворения потребностей в своих областях. В настоящее время, благодаря прогрессу в доступе к современным технологическим ресурсам, как преподаватели, так и обучающиеся имеют возможность заниматься данной деятельностью.

В будущем, возможно, Программирование будет частью повседневной деятельности людей, которые найдут в ней еще один инструмент, еще один язык, с помощью которого они смогут общаться и решать проблемы с эффективными решениями.

В повседневной деятельности часто приходится сталкиваться с делами, требующими когнитивных, математических и логических навыков. Иногда эти действия становятся повторяющимися, меняющимися в мелких деталях. Они выполняются с определенной последовательностью простых, упорядоченных шагов, которые в совокупности выглядят достаточно сложными, но позволяют получить удовлетворяющий результат деятельности. Эти действия могут быть свя-

заны с программированием, что позволяет определять эти последовательности шагов в алгоритмах, которые выполняют необходимые задачи и которые выполняются компьютером или программируемым технологическим оборудованием.

Возвращаясь к приведенному выше определению, программирование - это разработка и определение шагов и решений, которые необходимо выполнить для выполнения задачи. Данная концепция может быть перенесена в различные контексты, например:

1. Чтобы поджарить хлеб в тостере, его нужно нагревать около 5 минут при температуре 150 °С. Процесс перемещения ручки тостера, которая устанавливает время для отсчета - 5 минут, и перемещение ручки температуры до 150 °С, можно назвать программированием, а задача, которая будет решена, - поджарить хлеб.

2. В процессе выполнения домашней уборки в выходной день, когда родители поручают своему ребенку сделать следующее: собрать свои книги и игрушки, очистить окна и стены своей комнаты, а затем подмести пол; заправить кровать, почистить свою грязную одежду и школьную обувь и, наконец, приготовить свои школьные принадлежности на следующий день занятий. Поскольку ребенок получает данные указания (инструкции) в начале дня, он должен будет запомнить их (сохранить в своей памяти), а затем выполнить их в определенном порядке. В этом конкретном примере, если ребенок забывает порядок некоторых указаний, у него может не быть проблем (например, если он сначала готовит школьные принадлежности, а затем чистит одежду и обувь). Но если, например, он сначала подметает комнату, а затем очищает окна и стены, а затем собираете свои книги и игрушки, то ему обязательно придется подмести снова. Дело не в том, что родители запрограммировали своего ребенка, но процесс указания и поручения ему конкретных задач по порядку похож на процесс программирования технологического устройства.

Как уже упоминалось, программирование - это способ общения с компьютерами. Каждый язык программирования имеет свои правила, определенные для общения, создания инструкций и их интерпретации. Существует порядок построения инструкций и правил их создания, все в соответствии с вычислительной логикой. Важно помнить,

что компьютер не ищет смысла в том, что передается с помощью языка - он просто выполняет инструкции, не интерпретируя их.

Простой набор упорядоченных шагов называют алгоритмом. С точки зрения программирования, это разработка программы, которую необходимо выполнить. Чтобы алгоритм имел смысл, он должен иметь цель, задачу, которую нужно решить.

Алгоритмы используются ежедневно, но никто их так не называет. Например, рецепт для приготовления какого-либо блюда или действия, которые необходимо совершить, чтобы купить батон хлеба. В других контекстах, как и в математике, чаще всего слышат слово: алгоритм деления, сложения и т. д.

Для разработки алгоритмов сначала необходимо знать основные правила их создания. Они могут быть графическими или текстовыми. Первые построены с помощью графических элементов, которые легче читать и интерпретировать; они называются потоками или блок-схемами и имеют три основных правила:

1. Нарисуйте фигуру для каждого действия и одно действие для каждой фигуры.
2. Каждая нарисованная линия имеет стрелку, указывающую направление, которому необходимо следовать.
3. Каждая диаграмма имеет начало и конец.

Текстовые алгоритмы представляют собой обозначение последовательности шагов с помощью языка.

Чтобы выполнить одно действие, необходимо решить несколько небольших задач для завершения одной большой, поэтому необходимо следовать простым инструкциям последовательно. В этом случае для разработки графического алгоритма необходимо создать последовательность шагов по фигурам. Но в любом случае в алгоритме всегда должно быть видно начало и конец, чтобы можно было определить, где начинается шаг и где заканчивается. Несмотря на то, что может возникнуть ситуация, когда два небольших действия могут выполняться одно за другим, независимо от того, какое из них будет первым, после написания алгоритма необходимо соблюдать порядок, в котором они были размещены изначально.

После получения определенного алгоритма можно переходить к созданию программы, которая его запускает, другими словами, реализовать алгоритм. Для этого необходим инструмент (программное обеспечение), позволяющий писать код на подходящем языке программирования.

То какой инструмент будет использован для создания программы будет зависеть от цели, поскольку существует множество инструментов, которые служат для различных операционных систем. Это означает, что необходимо принять во внимание среду программирования и цель программы. Общее предложение состоит в том, чтобы использовать бесплатное программное обеспечение или бесплатную лицензию, поскольку они не возлагают никаких экономических или юридических обязательств или каких-либо других ограничений на его использование.

Одним из таких инструментов, распространенных в сфере образовательной робототехники является визуальный язык программирования Scratch.

Scratch - это язык программирования, в котором можно создавать анимации, игры, музыку. Он был разработан для обучения и образования аудитории от 8 до 16 лет, хотя ограничение по возрасту условное. Например, младшие дети могут создавать проекты со своими родителями или старшими братьями и сестрами; студенты колледжей могут использовать его в некоторых вводных курсах программирования. Эта среда использует преимущества разработки интерфейсов, чтобы сделать программирование более привлекательным и доступным для всех, кто сталкивается впервые с задачей научиться программировать.

В Scratch разные действия заданы разноцветными блоками-командами: «Движение»; «Внешний вид»; «Звук»; «События»; «Управление»; «Сенсоры»; «Операторы»; «Переменные» и «Другие блоки».

Блок-схему начинают строить с овального прямоугольника, который имеет имя алгоритма внутри, к которому присоединяется следующий блок с конкретной инструкцией. Например, на рисунке 18 изображен желтый прямоугольник с зеленым флажком (когда «фла-

жок» нажат) из раздела «События», который будет запускать программу при нажатии на него – в результате объект должен пройти 10 шагов.

Команда, которая расположена выше, будет выполняться раньше, чем команда, которая расположена ниже. Часто конфигурация самих блоков подсказывает, как их надо соединять. Например, мы никогда не сможем сделать команду "когда флажок нажат" второй, третьей или какой угодно, кроме как первой. У этого блока нет выемки сверху, куда можно было бы вставить другой блок. То есть программа всегда начинается с команды "когда флажок нажат".

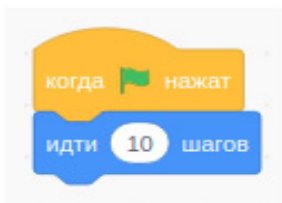


Рисунок 18. Фрагмент алгоритма в Scratch

Также есть возможности создавать циклы и задавать ветвления, (оранжевый раздел «Управление»), условия, изменять параметры и направление движения и т.д. (рис. 19)

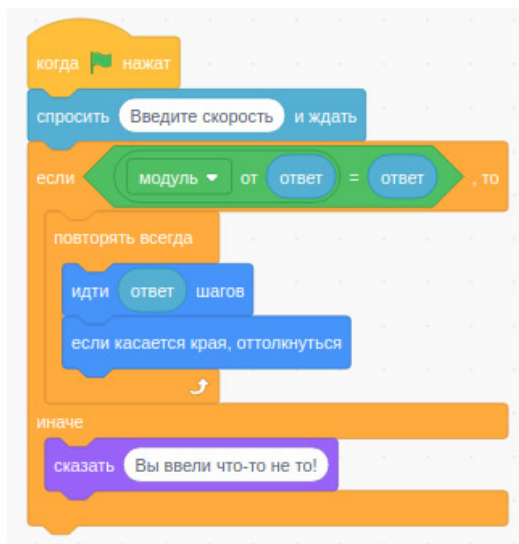


Рисунок 19. Фрагмент алгоритма в Scratch

Алгоритм может запрашивать или выдавать данные, таким образом, чтобы общаться с внешним миром. Возможны случаи, когда ни одна из этих ситуаций не требуется, или когда используется только для вывода (отображения) данных, либо для их запроса.

Различают три типа данных, которые может потребоваться отобразить в алгоритме:

**Цифровые данные.** Те, которые представляют собой реальное или целое число. Например: 9, -7.5, 3.141519.

**Текстовые данные.** Те, где представлены цифры, буквы и символы, которые должны быть заключены в кавычки, чтобы распознать их тип. Например: «текст», «различные фразы».

**Логические данные.** Несмотря на то, что они более широко распространены, очень мало используются для отображения. К ним относятся те, которые представляют собой «правду» или «ложь», поэтому они выглядят как результат сравнения. Например, если мы сравним  $5 > 3$ , то результат будет правдой, а сравнение "Вася" = "Петя", будет ложным.

Многие опасаются, что программирование включает в себя выполнение многих математических вычислений, что отчасти верно. Но также нужно учитывать, что компьютер регулярно совершает множество математических вычислений и пользователь может поручить ему выполнение необходимых вычислений.

Для этого алгоритму предлагается выполнить действие, математическую операцию (в рамках многих других возможных действий, определенных уже на компьютере или созданных пользователями). Символ, используемый для обозначения операции на блок-схеме, представляет собой прямоугольник, содержащий название операции, и объект для временного сохранения данных во время выполнения алгоритма. Поэтому сначала нужно обозначить место, где будут храниться временные результаты или данные.

Чтобы сохранить данные и результаты, которые постоянно задействованы в программе, лучше хранить их в памяти компьютера, позволяя ему обращаться к ним, когда это необходимо. Это пространство называется переменной, и чтобы идентифицировать его от дру-



гих, ему присваивается имя. Примерами имен могут быть: "сумма", "переменная" или "X".

При создании алгоритма вручную в выборе имен для обозначения переменных нет ограничений. Но когда алгоритм реализуется на языке программирования, должны быть соблюдены определенные правила и ограничения. Для этого лучше обратиться к документации по программному обеспечению, которое используется для программирования.

В процессе программирования можно столкнуться с ситуациями, когда нужно выполнить одну или другую последовательность шагов, в зависимости от конкретного параметра. Например, когда необходимо, чтобы мобильный робот не сталкивался с препятствиями или объезжал их. Он будет продолжать движение (например, прямолинейное) пока не «увидит» препятствие и не остановится или не совершит объезд препятствия. Это называется ветвлением программы. То есть робот на основе результата сравнения с заданным параметром (в приведенном выше примере будет постоянно измеряться и сравниваться расстояние до препятствия) «решает» какие действия он будет совершать.

Сравнение данных основано на простых математических операциях и операциях логической алгебры. Результаты сравнения представляют собой простые ответы "правда" или "ложь". Для сравнения данных выполняются операции "больше", "меньше", "равно" или их комбинации "меньше или равно" и "больше или равно". Например:

Начальные назначения  $a = 5$ ;  $b = 6$ ;  $c = 7$  и  $d =$  "Привет" (правильно заменить значение переменных в вопросах, чтобы определить, верны они или нет):

◦ Вопрос: Является ли переменная **a** больше 3?

Ответ: Правда

◦ Вопрос: Является ли переменная **b** меньше 3?

Ответ: Ложь

◦ Вопрос: переменная **c** равна 7?

Ответ: Правда

◦ Вопрос: переменная **b** не равна **a**?

Ответ: Правда

◦ Вопрос: Является ли переменная **d** такой же, как текст “привет”?

Ответ: Ложь

Потому что переменная **d** содержит “Привет” с заглавной буквы “П”, что делает ее другой.

Способ запроса может быть более сложным, с помощью операций, выполняемых в вопросе.

◦ Вопрос: Является ли переменная **a**, умноженная на -1, больше 3?

Ответ: Ложь

◦ Вопрос: Является ли переменная **b** разделенной на переменную **a** меньше 3?

Ответ: Правда

◦ Вопрос: переменная **b**, умноженная на переменную **a**, отличается от переменной **a**, умноженной на переменную **b**?

Ответ: Ложь

◦ Вопрос: Является ли переменная **d**, прикрепленная к тексту “\_папа”, такой же, как текст “Привет\_папа”?

Ответ: Правда

С помощью таких вопросов можно задавать ветвления в алгоритме. По своей роли они называются “решение” или “условие”.

В Scratch вопрос задается специальными блоками секции операторов, которые имеют удлиненную форму и значение результата которых интерпретируется как истинное или ложное (если ..., то ...; иначе ...). Или это может быть зеленый блок секции шестиугольной формы с уже вписанным вопросом как на рисунке 19. То есть условия позволяют алгоритму выбирать направление в очень конкретной ситуации.

Конечный блок программы также из желтого раздела с той разницей, что к нему может приходиться только один блок (выемка сверху блока прямоугольника, указывающая на конец алгоритма), и имеющий название «остановить скрипт» или «остановить все». Возможно, в обширном и сложном алгоритме существует несколько способов завершения (например, «зацикливание»), но это не значит, что необ-

ходимо указывать несколько окончаний программы. Для алгоритма должен существовать только один выход (завершение программы).

Графические алгоритмы могут быть довольно масштабными из-за большого количества необходимых блоков в сложных алгоритмах. Тем не менее, их легче интерпретировать, поскольку они не вызывают сомнений в том, какой следующий шаг должен быть сделан, в то время как текстовые алгоритмы могут зависеть от интерпретации каждого читателя. Создавая проекты путем графического блочного программирования обучающиеся одновременно развивают важные академические навыки в математике, вычислениях, системном мышлении, совместной работе, решении проблем и т.д.

Другой популярной визуальной средой программирования в образовательной робототехнике является Lego Mindstorms EV3 разработанная компанией National Instruments. В ее основе лежит среда инженерного программирования LabVIEW на графическом языке «G».

Данная среда программирования включает следующие основные компоненты: панель инструментов программирования, в которой размещены инструменты для работы с программой; палитры программирования, в которой размещены блоки программирования; область программирования, где и располагается программа; а также редактор контента и страница аппаратных средств. Несмотря на свои внешние различия по сравнению со Scratch, основные принципы графического программирования остаются неизменными, как и многие инструменты и функции.

Блоки в Lego Mindstorms EV3 также разделены по функциям, которым соответствуют определенные цвета: зеленый – блоки действий (моторы, изображения и звуки); оранжевый – блоки выполнения программ (блок запуска программы, задержка времени, цикл, ветвление); желтый – блоки датчиков; красный – блоки операций над данными (числовыми, логическими или текстовыми); синий – блоки модернизации (работа с файлами, связь по Bluetooth и др.) (рис. 20).

Для построения программы управления роботом нужно также соединять блоки с командами, начиная с блока запуска программы, одновременно внося определенные их параметры. Схема представля-

ет собой последовательность блоков, которые располагаются сверху вниз или слева направо в порядке их выполнения.

Более простые программы имеют линейную структуру. В более сложных, использующих блоки циклов и ветвлений, структура становится громоздкой, что доставляет некоторые неудобства (рис. 21).

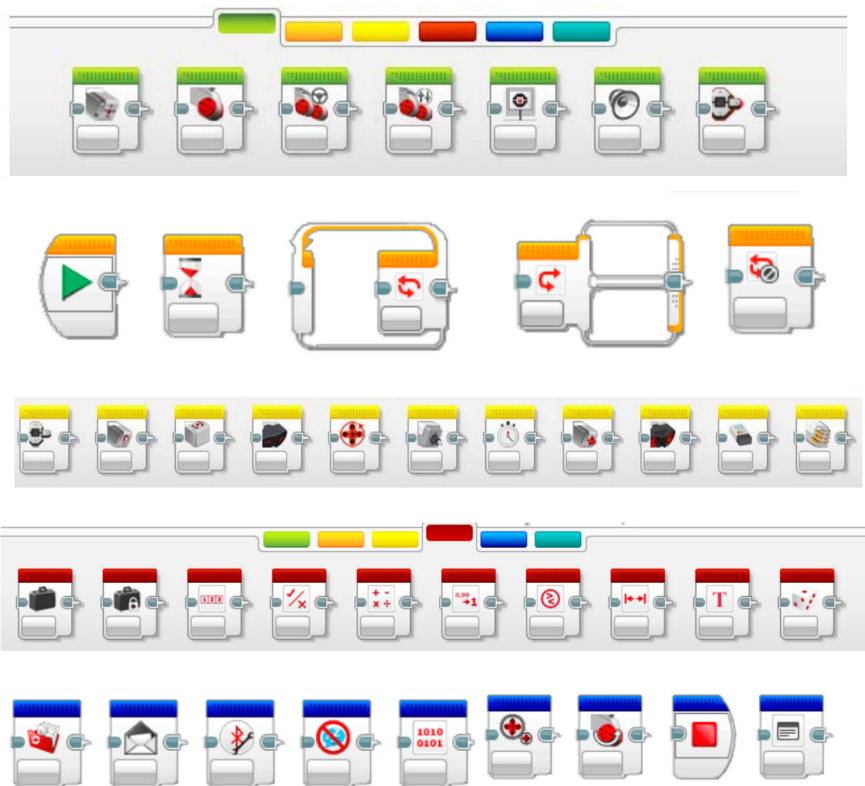


Рисунок 20. Блоки программирования в Lego Mindstorms EV3

Уменьшению площади записи программы, повышению ее читабельности и простоте восприятия способствует использование блоков подпрограмм. Они представляют собой поименованные или иным образом идентифицированные части компьютерной программы, содержащие описание определённого набора действий.

Для того чтобы программист и робот понимали друг друга, роботу необходимо уметь подавать некоторые сигналы. Они служат сообщением о том, что робот выполнил или не выполнил то или иное действие. В EV3 такими сигналами служат звуковые сообщения, которые может воспроизводить встроенный динамик микроконтроллера. Сообщение также может быть выведено в виде текста или изображения на дисплее микроконтроллера.

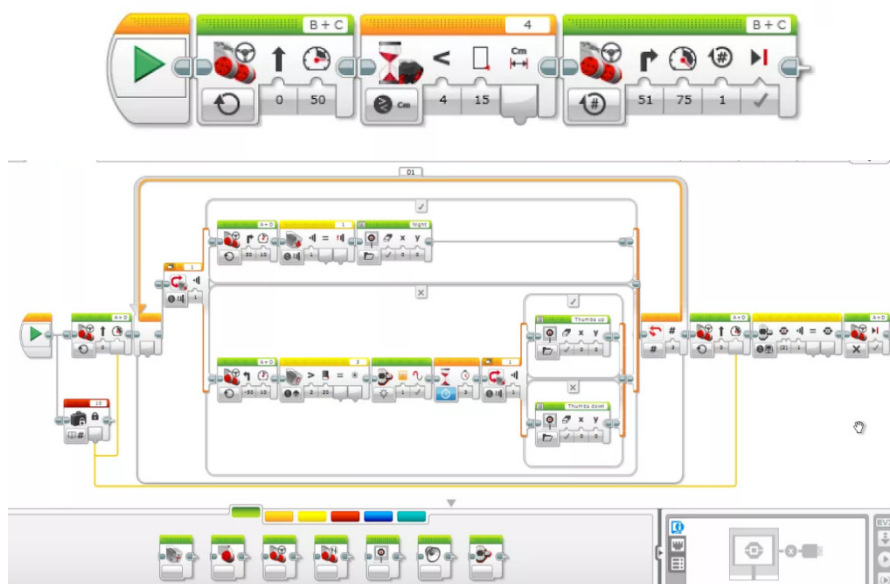


Рисунок 21. Пример записи линейной и разветвленной программы в Lego Mindstorms EV3

Среда Lego Mindstorms EV3 удобна и легка в освоении. Но для создания серьезных и сложных проектов она не подойдет из-за своих недочетов и ограничений, самые значимые из которых это использование только глобальных переменных, медленная работа и сбои среды программирования при большом объеме программы.

Чтобы обойти эти ограничения и расширить функционал потребуется ev3dev - операционная система на основе Debian Linux, которая работает на нескольких Lego Mindstorms-совместимых платфор-

мах, включая Lego Mindstorms EV3 и BrickPi на базе Raspberry Pi. Для работы можно использовать большое количество языков программирования: Python, JavaScript, Java, Go, C, C++, Ruby и т.д.

В данный момент ev3dev набирает свою популярность, ведь использование этой системы позволяет создавать сложные проекты на любом языке программирования, при этом отпадает необходимость в поиске альтернативных робототехнических наборов. Использование операционной системы ev3dev эффективно способствует профессиональному развитию учащихся в области робототехники и программирования.

Рассмотрим возможности использования языка Python для программирования EV3. Python - это язык, который подходит для программирования, поскольку он имеет простой синтаксис и позволяет использовать расширенные функции.

Программирование робота EV3 на языке Python осуществляется при помощи ev3dev с новой средой исполнения Pybricks MicroPython и библиотекой, которая включает в себя нужные для управления роботом и датчиками функции.

Например, управление цветом. Для того, чтобы изменить цвет индикатора состояния модуля используется функция: `brick.light(Color)`

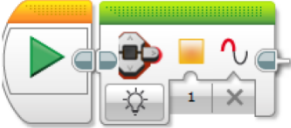
В скобках указывается параметр `Color`: BLACK, BLUE, GREEN, YELLOW, RED, WHITE, BROWN, ORANGE, PURPLE. Чтобы выключить свет у индикатора состояния модуля выбирается параметр `Color.BLACK` или `None`. В таблице 2 приведено сравнение управления индикатором состояния, который загорается оранжевым цветом в Python и EV3-G.

Управление звуком в Python осуществляется с помощью трех функций. Первая отвечает за сигнал: `brick.sound.beep(frequency, duration, volume)`

В параметрах указываются:

- `frequency` – частота сигнала в Герцах (по умолчанию 500);
- `duration` – продолжительность сигнала в миллисекундах (по умолчанию 100);
- `volume` – громкость сигнала в процентах (по умолчанию 30).

Таблица 2. Сравнение управления индикатором состояния в Python и EV3-G

| Действие                                 | Python                                 | EV3-G                                                                              |
|------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Индикатор состояния загорается оранжевым | <code>brick.light(Color.ORANGE)</code> |  |

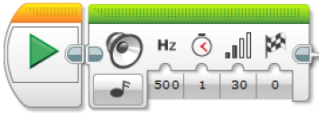


Вторая функция воспроизводит звуковой сигнал несколько раз с короткой паузой между ними: `brick.sound.beeps(numbers)`

Параметр `numbers` должен быть целым числом и указывает количество сигналов.

Третья функция воспроизводит звуковой файл: `brick.sound.file(file_name, volume)`

Параметр `file_name` отвечает за путь к файлу, включая расширение. Звуковой файл должен находиться в каталоге с проектом. Для воспроизведения стандартных звуковых файлов LEGO, в параметрах функции указывается название этого файла (табл. 3).

Таблица 3. Сравнение управления звуком в Python и EV3-G

| Действие                                            | Python                                       | EV3-G                                                                                |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Воспроизводится один звуковой сигнал                | <code>brick.sound.beep(500, 1000, 30)</code> |   |
| Сигнал воспроизводится 7 раз                        | <code>brick.sound.beeps(7)</code>            |  |
| Воспроизводится стандартный звук LEGO с лаем собаки | <code>brick.sound.file(DOG_BARK_2)</code>    |  |

Аналогично осуществляется управление выводом информации на экран, управление датчиками и двигателями.

Таким образом можно сформулировать несколько основных шагов, которые необходимо предпринять для создания любой программы. Данный перечень шагов может быть рассмотрен более детально для получения лучшего результата.

Первым шагом является наблюдение, чтобы иметь возможность описать ситуацию словами. Это описание будет затем переведено в алгоритм.

Следует отметить все элементы, которые участвуют в решении проблем. Желательно составить список всех переменных, которые будут использоваться, и всех альтернатив, с которыми придется столкнуться алгоритму. Анализ всех вариантов позволит сделать программу более защищенной от ошибок.

В качестве второго шага необходимо создать алгоритм наблюдаемой ситуации. Для сложных ситуаций может быть удобно сначала написать алгоритм, а затем передать его графическому представлению, чтобы избежать возможных ошибок, присущих процессу мышления во время рисования.

В результате этого этапа необходимо будет рассмотреть все альтернативы, предусмотренные в наблюдении, и использовать все указанные переменные. Необходимость включения новых элементов, не предусмотренных в процессе наблюдения, может возникнуть при разработке графического алгоритма, что свидетельствует о том, что процесс наблюдения был неполным. Однако это не представляет реальной проблемы для программирования, если исправлены и добавлены отсутствующие элементы.

На третьем этапе создания кода необходимо определиться с языком программирования на котором будет развиваться программа. Алгоритм предыдущего этапа упрощает этот процесс, поскольку речь идет о переводе графического алгоритма на конкретные инструкции определенного языка.

Как уже упоминалось выше, существует множество вариантов выбора языка программирования, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Можно применить такие языки как C, C++, java, Python, Arduino, Scratch и т.д.



## **Контрольные вопросы и задания**

1. Что послужило началом развития робототехники?
2. Кто и когда впервые ввел термин робототехника?
3. Перечислите основные законы робототехники.
4. По каким признакам можно классифицировать роботов?
5. Охарактеризуйте основные системы робота.
6. Каковы, на Ваш взгляд, причины широкого распространения робототехнических конструкторов фирмы Lego®?
7. Какие языки можно использовать для программирования Lego Mindstorms?
8. В чем, на Ваш взгляд, состоят преимущества и недостатки применения робототехнических конструкторов из металлических деталей в области образовательной робототехники?
9. Каковы возможности применения аппаратной платформы Arduino в образовательном процессе?
10. В чем, на Ваш взгляд, состоят преимущества и недостатки визуальных и текстовых способов программирования?

## **Практические задания**

1. Сконструируйте модели механических передач и механизмов, используя детали конструкторов Lego
  1. Зубчатые цилиндрические передачи
  2. Зубчатые передачи с «паразитными» колесами
  3. Зубчатые конические передачи
  4. Червячные передачи
  5. Реечные передачи
  6. Планетарные передачи
  7. Фрикционные передачи
  8. Ременные передачи
  9. Цепные передачи
  10. Редукторы
  11. Мультипликаторы

12. Дифференциалы
13. Кривошипно-шатунные механизмы
14. Эксцентриковые механизмы
15. Кулачковые механизмы
16. Шарнирно-рычажные механизмы
17. Механизм Чебышева
18. Механизм Уатта
19. Механизм Саррюса
20. Механизм Липкина-Посселье

2. Сконструируйте и запрограммируйте робота для выполнения следующих задач (платформа на выбор)

1. Напишите программу для поворота робота на месте на  $90^\circ$ ; на  $180^\circ$ ; на  $270^\circ$ ; на  $360^\circ$ .
2. Напишите программу для движения робота по траектории квадрат.
3. Напишите программу для движения робота прямолинейно вперед на 5 оборотов двигателя. Развернуться на  $360^\circ$ . Проехать на  $980^\circ$  оборотов двигателя.
4. Напишите программу для движения робота по прямой на расстояние 10 см; 15 см; 20 см и возврата на линию старта.
5. Подготовьте робота с датчиком касания в передней части.
  - Запрограммируйте робота таким образом, чтобы он двигался вперед и назад при нажатии кнопки датчика касания.
  - Запрограммируйте робота таким образом, чтобы он двигался вперед, а при нажатии кнопки датчика касания крутился на месте.
  - Движение до препятствия. Используя датчик касания, напишите программу, позволяющую роботу доехать препятствия и остановиться.

- Движение до препятствия и обратно. Измените программу так, чтобы после достижения препятствия робот отъезжал от него.
  - Бесконечное циклическое движение до препятствия и обратно. Измените программу так, чтобы робот выполнял движение до препятствия и обратно бесконечное количество раз.
  - Циклическое движение до препятствия и обратно по счётчику. Измените программу так, чтобы робот выполнял движение до препятствия и обратно три раза.
6. Подключите и протестируйте датчик ультразвука, поднося к нему предметы на различном расстоянии и наблюдая результаты:
- при помощи меню LabView;
  - в поле обратной связи блока Wait.
7. Напишите программу для движения робота, который едет по прямой и останавливается перед препятствием и воспроизводит любой звук.
8. Напишите программу для движения робота, который едет по прямой, должен объехать препятствие (банка, мячик и т.п.) и вернуться к месту старта.
9. Подготовьте робота с датчиком цвета в передней части.
- Запрограммируйте робота таким образом, чтобы при движении по полю робот озвучивал название цветов при их смене.
  - Запрограммируйте робота, чтобы он двигался по полю, не пересекая черную линию.
  - Запрограммируйте робота, чтобы он двигался вдоль черной линии поля.

## **Глава 3 Проекты в образовательной робототехнике**

### **3.1 Научно-педагогические основы метода проектов в робототехнике**

Сегодня существует много стратегий и технологий обучения, которые доступны учителям, и это помогает им внедрять инновации в процессе обучения. Создание новых и мотивирующих условий обучения - это задача, которую каждый день должны стремиться решать преподаватели и обучающиеся.

Идея работы на основе метода проектов заключается в том, что школы используя их в образовательном процессе инициируют «деятельность с целью». Проекты помогают создать обогащающую среду обучения, которая не должна ограничиваться стенами школы. Одно из понятий формального образования заключается в том, что это должно осуществляться в стенах класса, что опровергается подходом основанном на использовании метода проектов.

Помимо своей практической направленности на конкретный результат метод проектов обладает признаками научности в исследовательской деятельности обучающихся. Опытное экспериментирование дает возможность обучающимся понять, как ученые создают новые знания. Педагоги также должны быть новаторами, поскольку они должны передавать обучающимся современные научные знания, а также обучать их самостоятельно «производить знания».

Научная подготовка обучающихся является проблемой, которая обращает на себя внимание исследователей в течение нескольких десятилетий. Одной из популярных педагогических технологий, используемых в данном направлении является проблемное обучение.

Обучение, основанное на решении проблем, является методологией, ориентированной на обучение, исследования и размышления, которые осуществляются обучающимися, чтобы прийти к решению проблемы, поставленной учителем.

Как правило, в рамках такого образовательного процесса преподаватель объясняет часть учебного материала, а затем предлагает обучающимся деятельность по применению такого содержания. Тем не менее, проблемное обучение является средством для применения

обучающимися знаний для решения конкретной проблемы. В этой методологии главными действующими лицами обучения являются сами обучающиеся, которые берут на себя ответственность за активное участие в образовательном процессе.

С помощью проблемного обучения обучающиеся могут развивать свое критическое мышление и способность выявлять и характеризовать проблемы, интегрируя знания, полученные из различных областей. В процессе решения проблем, возникающих в проектах, создается осознание собственного обучения, которое способствует самоотдаче и самооценке. Таким образом, обучающиеся следуют по пути исследований, которые позволят им повысить свои навыки в поиске, управлении и сохранении информации, и вынуждают их планировать стратегии решения проблем, повышать эффективность собственных рассуждений и их творческий уровень.

Приведем пример алгоритма рассмотрения проблемы:

- 1 Ознакомление с проблемой
- 2 Провести мозговой штурм
- 3 Составить список того, что известно
- 4 Составить список того, что неизвестно
- 5 Составить список того, что нужно сделать, чтобы решить проблему
- 6 Определение проблемы
- 7 Получение информации
- 8 Представление результатов

Для реализации проблемного обучения в образовательном процессе у учителя должны быть подготовлены и продуманы проблемные ситуации, над которыми будут работать обучающиеся. Данные проблемные ситуации должны быть соотнесены с целями, которые обучающиеся должны достигать в процессе деятельности. Необходимо предусмотреть возможность как индивидуальной, так и групповой работы обучающихся, что позволяет обмениваться идеями, выявлять трудности и направления решения проблемы. Время для решения проблемы должно быть ограниченным, с учетом сложности проблемы.

Работа в группе является часто используемым преподавателями методом. Она может быть организована как с распределением обязанностей, когда каждый член группы отвечает за выполнение конкретной задачи, а на завершающем этапе все участники объединяются, так и совместной, когда все члены группы одновременно выполняют все необходимые задачи.

Обучение в школе требует совместной работы и сотрудничества. Таким образом, обучающиеся развивают свои индивидуальные и групповые навыки. Процессы обсуждения, присущие деятельности, подготавливают членов команды к защите своих идей на основе последовательных аргументов, а также учат принимать идеи других.

В соответствии с теориями обучения Выготского, Дьюи и других педагогов совместная групповая работа подготавливает обучающихся:

- Активно участвовать в коллективной деятельности;
- Принимать и выполнять групповые обязательства;
- Оказывать помощь другим и просить, когда это необходимо;
- Предоставлять на службу другим свои индивидуальные сильные стороны;
- Принимать мнения других;
- Понимать потребности других;
- Устанавливать контакты с окружающими, в том числе представителями других культур;
- Устанавливать цели, задачи, ресурсы, роли и т.д.;
- Критически и уважительно слушать своих собеседников;
- Излагать свои идеи и подходы в обоснованной форме;
- Принимать обоснованную критику со стороны других людей;
- Развивать навыки межличностного общения и т.д.

Многие исследования показывают, что в наибольшую эффективность в работе демонстрируют группы, в которые входят люди с разным типом мышления, нежели с однотипным.

Сотрудничество в проектной работе возникает из признания того, что есть действия, которые нельзя сделать в одиночку. Поэтому для повышения эффективности результатов положенной в основу

обучения по методу проектов практико-ориентированной деятельности необходимо не только генерировать собственные знания, но и делиться ими с другими членами группы.

Таким образом, обучение состоит в том, чтобы взять на себя ответственность за процесс приобретения, обработки, анализа информации и организации передачи результатов другим. Преподаватель несет ответственность за информирование об этом обучающихся и оказание им помощи в создании подходящих условий для обучения.

Формирование групп может происходить на основе следующих факторов:

- Ограничения по количественному составу группы (чаще в качестве оптимального рекомендуется состав из 3-4 человек);
- Объединение в группы с учетом личных симпатий обучающихся;
- Объединение в группы преподавателем исходя из педагогических целей;
- Случайное объединение в группы.

При организации образовательного процесса нужно учитывать, что каждая группа состоит из студентов различной производительности. При этом рекомендуется, чтобы средняя производительность каждой группы должна быть одинаковой. Также рекомендуется сбалансированное распределение состава групп по половому признаку.

Робототехнические проекты могут разрабатываться с использованием различных инструментов. Анализ проектов, позволяет выделить в данной деятельности важные аспекты.

В целом совместный исследовательский проект состоит из этапа планирования, этапа реализации и этапа оценки, которые подробно будут описаны далее. Однако в процессе разработки подобного совместного проекта обучающимся может потребоваться работать как в группах, так и по отдельности. Нужно учесть, что обычного помещения учебного класса для этого может быть недостаточно. Возможно некоторым из участников потребуется отправиться в библиотеку, другим в компьютерный класс. Классная комната или рабочее место обучающихся расширяют свои границы, потому что задачи обучения

расширяются. Это необходимо учитывать и изучать преимущества и недостатки перехода от традиционной организации к планированию и реализации совместных проектов.

Совместное обучение значительно отличается от теории и практики традиционного обучения в классе и требует другого подхода к работе с детьми. Совместное обучение не включает исключительно задачи, направленные на "производство", где элементы являются конкретными и предсказуемыми результатами, и где достижение "продукта" определяет деятельность. В совместном обучении, хотя навыки могут быть конкретными, не всегда возможно указать их результаты.

### **3.2 Инженерное проектирование в образовательной робототехнике**

При разработке проектов в области образовательной робототехники можно говорить о формировании у обучающихся основ инженерного проектирования, под которым понимается научно обоснованный вид деятельности человека по решению технических задач, учитывающих потребности общества при реализации результата.

В данном определении инженерного проектирования существенным является несколько факторов. Первый – техническая направленность действия, т.е. результатами проектирования являются новые устройства, системы или процессы. Второй – решение должно быть научно обоснованным, т.е. требует применения специальных знаний. Третий фактор заключается в том, что создается не любое новое, а только то, что приносит обществу определенную пользу, удовлетворяет какие-либо потребности или нужды.

При этом инженерное проектирование – это вид деятельности именно человека. Следовательно, по характеру проектная деятельность должна быть в определенной степени творческой. Таким образом, инженеры используют инженерное проектирование, чтобы найти творческое решение сложных технических проблем.



Процесс инженерного проектирования обычно начинается с постановки проблемы, в результате чего генерируется идея. На занятиях по робототехнике также реализуется процесс обдумывания обучающимися будущего проекта, но в большинстве случаев отсутствует разработка конструкторской документации. По мнению некоторых преподавателей, это замедляет процесс инженерного проектирования и делает занятия менее привлекательными для обучающихся.

Однако обязательная разработка конструкторской документации на занятиях по робототехнике будет способствовать повышению уровня инженерных проектов, так как удастся избежать многих ошибок. На наш взгляд, в робототехнике целесообразно составлять документацию по конструкции робота и программному обеспечению.

Для образовательной робототехники нами выработан определенный подход к инженерному проектированию, рассмотрим его.

### *1. Определить проблему*

Без полного понимания проблемы она не может быть успешно решена. Этот шаг часто делается методически неграмотно или неполно, что приводит в дальнейшем к техническим сбоям или полному отказу в работе созданной конструкции. Важно определить истинную проблему, а не просто симптомы предполагаемой проблемы.

### *2. Составление технических требований*

Каковы технические характеристики будущей конструкции? В технических требованиях определяется набор характеристик, которым должна удовлетворять будущая конструкция. Технические требования, как правило, появляются из проектных ограничений и функциональных требований.

Например, ограничения могут касаться физических параметров робота (габариты, масса и пр.) или области его применения. Функциональные требования описывают, как готовая конструкция должна выполнять возлагаемые на нее функции.

Технические требования определяют в общих чертах: для чего предназначен проект, насколько качественно он будет реализовывать то, что на него возложено. Но в то же время в технических требованиях не определяется, как процесс будет реализован. Так, в образовательной робототехнике в технических требованиях описывается то,

что робот делает, а не то, как он это делает, потому что, уделяя много времени в инженерном проектировании на то, как реализуется проект, ограничивается креативность участников. В то же время проектировщику необходимо обдумывать, как реализуется проект, чтобы понимать, что это вообще возможно.

На соревнованиях по робототехнике проектировщикам ставится некоторая задача, в которой их робот будет конкурировать с роботами соперников. Эта задача описывается в регламенте, там же даются ограничения и требования, которым должен удовлетворять каждый робот, – проектные ограничения, относящиеся к первому типу технических требований, с которыми сталкиваются проектировщики. Вот некоторые примеры таких ограничений:

- максимальный вес робота;

- максимальный размер робота;

- разрешенная система управления;

- разрешенные двигатели;

- требуемая батарея;

- разрешенные строительные материалы или робототехнические наборы;

- ресурсы, используемые для проекта.

Ко второму типу технических требований относятся ограничения, которые могут быть наложены проектировщиком самостоятельно при составлении технических требований. Например:

- не должно быть сложных узлов;

- необходимо уложиться в бюджет проекта;

- необходимо использовать части уже имеющегося проекта.

Третий тип технических требований базируется на функциональных особенностях робота, они связаны с задачами, которые стоят перед проектировщиками.

Например:

- робот должен работать в течение 15 минут непрерывно без подзарядки;

- робот должен провести 10 игровых раундов;

- робот должен управляться оператором с расстояния 50 метров;

- робот должен передвигать груз в 20 кг;

робот должен разогнаться до максимальной скорости менее чем за 1 секунду.

С выполнением третьего типа технических требований сложно определиться на ранней стадии проектирования, так как многое зависит от характеристик готовой конструкции. Как эффективно выполнить эти требования, решается в процессе доработки конструкции и вносятся изменения.

### *3. Ранжирование технических требований*

Все определенные в предыдущем шаге технические требования не равнозначны между собой, одни из них более важны для проекта, чем другие.

Проектировщик должен определить, какие из них самые главные и почему. Технические характеристики необходимо распределить по степени их важности. Рекомендуется использовать такую градацию:

- Личные предпочтения (не так важно, но было бы неплохо, если возможно).
- Предпочтительные (важно, но проект можно выполнить и без этого).
- Обязательные (имеют решающее значение для проекта, должны быть включены в задание).

Пример ранжирования технических характеристик:

- Робот может отслеживать 5 целей одновременно.
- Робот может отслеживать 10 целей одновременно.
- Робот может отслеживать 15 целей одновременно.

В приведенном примере ранжирование дает понять, что робот должен отслеживать 5 целей одновременно, если возможно, он должен отслеживать 10 целей, а проектировщик был бы очень рад, если бы он отслеживал 15 целей. Благодаря составлению технических требований и их ранжированию можно выделить именно те требования, которые проектная группа должна реализовать, и к какому идеалу она должна стремиться.

### *4. Создание концепции и альтернативы*

Каждый раз, решая какую-либо проблему, люди думают о различных альтернативных способах ее решения, даже если они делают это подсознательно. Формальное документирование этого интуитив-

ного действия может помочь при решении сложных инженерных задач. Этот шаг в процессе инженерного проектирования включает в себя выяснение того, «как» выполнить «что-то» из технических характеристик. На данном этапе конструкция не должна быть полностью проработана, она должна представлять собой эскиз (набросок), по которому понятно, как это будет реализовано. Это шаг, который требует творческого, креативного подхода к решению проблемы. Проектировщик должен провести мозговой штурм, чтобы придумать несколько способов, как реализовать указанные требования. Важно помнить, что решение поставленной задачи нужно искать в любом доступном месте: книги, журналы, Интернет, выставки и т.п. Здесь применим принцип: использовать лучшее и изобрести остальное, т.е. решение часто берется из открытых источников в окружающем мире и адаптируется для данной задачи. Часто рассматривая идеи двух или более альтернативных проектов решения задачи, можно найти лучшее решение на основе объединения проектов. Важно не останавливаться на первом решении, а стремиться найти лучшее.

В робототехнике необходимо разработать концепцию для общей системы и для отдельных подсистем и механизмов. Какие-то из этих систем будут зависеть от других и влиять друг на друга. Так, общая конструкция системы влияет на входящие в нее подсистемы, а каждая из подсистем будет влиять на общую систему. Разработка этих концепций, как правило, происходит в процессе мозгового штурма с участием всей команды разработчиков. Результаты записываются в виде диаграмм, схем, эскизов и описаний.

В ходе мозгового штурма участники высказывают свои идеи, направленные на решение поставленной задачи, причем как логичные, так и абсурдные. В процессе мозгового штурма, как правило, вначале решения не отличаются высокой оригинальностью, но по истечении некоторого времени типовые, шаблонные решения исчерпываются, и у участников начинают возникать необычные идеи. Все идеи, возникшие в ходе мозгового штурма, записываются или как-то иначе регистрируются. Затем, когда все идеи высказаны, производится их анализ, развитие и отбор. В итоге находится максимально эффективное и часто нетривиальное решение задачи.

## *5. Прототипирование*

На этом шаге выбирается несколько концептуальных решений и изготавливаются их прототипы. Цель состоит в том, чтобы понять, как решение будет работать в реальной жизни и взаимодействовать с окружающей средой. Именно на этом этапе разработчик определяет, какая концепция будет работать наилучшим образом. Эти прототипы могут быть грубыми и не эстетичными, но достаточно функциональными, чтобы сделать вывод.

Нет необходимости прототипировать все решения, а только те, которые требуется проверить в работе, испытать конструкцию в «реальных условиях», чтобы увидеть, как все работает, найти, что нужно улучшить в конструкции. Например, грубый картонный макет – это часто все, что нужно, чтобы узнать о несоответствии конструкции техническим требованиям (например: «не вписывается в габариты»). Также на этом этапе важно провести некоторые базовые тесты (например, узнать сколько силы требуется для подъема предмета).

Многие проектировщики используют масштабные модели как способ поэкспериментировать с концепциями дизайна. Особенно полезно это для решения проблем с «телом робота», когда проектировщик пытается установить несколько механизмов в ограниченной области (например, габариты робота ограничены техническим заданием).

Существует ряд роботизированных наборов, которые хорошо подходят для такого типа прототипов (например, LEGO MINDSTORMS EV3 или VEX ROBOTICS EDR), которые позволяют создавать полностью функциональные модели. Иногда эти модели могут быть даже «полноразмерными».

На данном этапе можно столкнуться с проблемой недостатка ресурсов: так, наборов LEGO MINDSTORMS может просто не хватать, чтобы проверить все необходимые решения. Тогда можно создать виртуальные прототипы конструкций из деталей LEGO. Для этого удобно пользоваться специальной программой для создания всевозможных 3D-объектов на основе виртуальных частей конструктора LEGO. Существуют следующие программы:

1. LEGO Digital Designer. В этой программе присутствует довольно большой набор самых разнообразных деталей, включая конструкции узкого назначения, например железнодорожные рельсы. LEGO Digital Designer обладает простым и удобным интерфейсом, позволяющим строить модели без особых трудностей. Ее можно бесплатно скачать с сайта компании LEGO.

2. LDraw – это открытый стандарт для программ-конструкторов LEGO (LEGO CAD), которые позволяют создавать виртуальные модели и сцены. С помощью этих бесплатных программ можно задокументировать физически собранные модели, создать инструкцию по сборке в стиле LEGO, создать реалистичные 3D-изображения виртуальной модели и даже сделать анимацию. В распоряжении проектировщика будут официальные и неофициальные каталоги деталей LEGO.

3. SR 3D Builder. Главное отличие данной программы от аналогичных – возможность точно определять место соединения деталей. Программа постоянно дорабатывается, в нее вносятся изменения, добавляются новые функции. Она имеет большое количество деталей, есть режим анимации. Если при моделировании использовать такие детали, как шестеренки, то в готовом проекте их можно увидеть в действии.

4. LeoCAD – это среда проектирования моделей LEGO: каждый отдельный блок можно поворачивать, перемещать в пространстве и менять его цвет. Просмотр проекта возможен в семи различных видах, включая изометрический. Программа включает в себя пополняемую библиотеку блоков, редактор персонажей, а также возможность экспорта в популярные форматы 3D Studio и Wavefront и рендеринга с помощью POV-Ray.

После того как модель создана, ее можно импортировать в Virtual Robotics Toolkit – симулятор, реализующий выполнение законов физики и взаимодействие с окружающей средой, позволяющий ставить и решать задачи разработки и тестирования ПО автономного управления роботом, а также решать задачи отработки тактики применения, планирования сложных задач. Virtual Robotics Toolkit содержит цифровую модель сенсорной системы (датчики LEGO). Раз-

работанное на симуляторе ПО может быть загружено в блок управления роботом LEGO EV3.

#### *6. Выбор концепции*

На данном этапе имеется несколько вариантов построения робота для решения поставленной задачи. Далее, основываясь на данных, полученных на этапе прототипирования, необходимо определиться, какая конструкция является «лучшей», и продолжить работать с ней. Это не всегда легкое и очевидное решение. Иногда «лучшее» решение сразу видно. Поэтому необходимо сравнить, насколько каждая из конструкций точнее соответствует техническому заданию, и выбрать наиболее соответствующую. При групповом принятии решения в данном случае не рекомендуется осуществлять выбор на основе голосования. Когда речь заходит о выборе лучшей конструкции, эффективнее сделать выбор путем достижения консенсуса, где каждый участник должен обосновать свое мнение, опираясь на конкретные данные (например, эта конструкция легче на 15%). В случае принятия решения, когда консенсус не достигается, выбор варианта конструкции может взять на себя руководитель группы (проекта), сравнив альтернативы. В некоторых случаях может быть принято решение о построении двух роботов, а далее сравнить их на практике.

#### *7. Детальная проработка конструкции*

Как только окончательная концепция выбрана, ее нужно реализовать. Цель этого шага – разработка конструкторской документации. На этом этапе создаются САД модели (например, с помощью САПР: Компас 3D, SolidWorks, SketchUp), сборочные чертежи, спецификации и пр.

Сначала это будет грубая модель конструкции, которая в процессе проекта будет детализироваться. На этом этапе проводятся все необходимые расчеты (прочность материала, вес, стоимость и т.д.).

Некоторые проектировщики могут создавать проект, используя только свой предыдущий опыт и интуицию, не рассчитывая каждую деталь. Но такой подход может сработать для проектов в области образовательной робототехники, но не будет работать при проектировании промышленных роботов.

Чем больше работы сделано на этапе проработки конструкции, тем легче будет потом. Любые проблемы будут решены до того, как они превратятся в серьезные неполадки. Так, намного легче передвинуть отверстие в модели САПР, чем перемещать его в реальной жизни, когда деталь уже сделана. Необходимо продумать каждый винт, заклепку, шестерню и т. д. К тому же передовые технологии производства в настоящее время требуют подробных САПР чертежей деталей для их изготовления (3D-печать, лазерная резка, гидроабразивная резка, ЧПУ и т. д.). Детали изготавливаются непосредственно из 3D-моделей САПР.

#### *8. Презентация конструкции и ее утверждение*

Завершающий этап в конструировании робота – презентация и утверждение проекта перед его реализацией. Презентация может проходить в разных формах. Например, она может проходить в виде собрания группы проектировщиков, где они описывают сделанную работу и пытаются найти какие-либо ошибки. Другая форма: представление конструкции лицу, принимающему решение, для окончательного утверждения. Так, в образовательной робототехнике проектировщик робота или группа проектировщиков должны представить окончательный вариант дизайна робота для остальной части команды или руководства команды для утверждения проекта. Команда разработчиков на свою презентацию может пригласить спонсоров, администрацию образовательного учреждения, членов попечительского совета образовательного учреждения (это отличный способ получить поддержку, в том числе финансовую, в утвержденном проекте).

Презентация является важной частью инженерного процесса. Многие инженеры считают, что владение навыками ораторского искусства и презентации для них не важны, потому что они инженеры. Это далеко от истины. Если у инженера имеется идея, но он не может ее донести до общественности, он бесполезен. Способность обобщать, представлять и защищать идеи (в устных докладах, письменных отчетах, слайд-шоу, инженерной документации, презентациях) – это абсолютно необходимые умения для современных проектировщиков (инженеров).



Цель презентации проекта – не просто одобрить дизайн конструкции, а также найти проблемы в конструкции или потенциальные места, где она может быть улучшена. В течение процесса проектирования было создано несколько альтернативных концепций и выбрана одна. Некоторые из них были сделаны во время процесса прототипирования. Обоснование выбора окончательного варианта является одним из ключевых моментов презентации. Необходимо показать, что альтернативы были исследованы, что конструкция была хорошо продумана.

Вот некоторые вопросы, на которые необходимо быть готовым ответить в ходе презентации:

Почему было сделано именно так?

Считали ли вы, что надо по-другому?

Почему вы исключили альтернативы?

Соответствует ли конструкция требованиям технического задания?

Как возможно улучшить работу?

Как возможно уменьшить вес?

Как возможно сделать это быстрее?

Как возможно сделать его более надежным?

Как возможно сделать это меньше?

Как возможно сделать его более эффективным?

Как возможно сделать это дешевле?

Как возможно сделать это проще для построения?

Какую еще функциональность можно добавить?

Во время презентации важно провести анализ затрат и результатов. При проведении такого анализа проектировщик рассматривает, сколько стоит проект, и какую пользу он представляет. Стоимость не всегда считается в денежном выражении. Необходимо учитывать затраченное время, труд людей, задействованных в проекте, оборудование и пр. Также необходимо проанализировать альтернативные действия в реализации проекта.

Возможности, обеспечивающие большую выгоду за небольшую стоимость, являются теми, которые должны быть добавлены к конструкции (важно искать их на всех этапах процесса, простое дополне-

ние может часто дать отличные результаты). Функции с высокой стоимостью должны быть реализованы только в том случае, если они обеспечивают очень большую выгоду.

#### *9. Производство и реализация*

После того как проект представлен и одобрен, он должен быть реализован. В образовательной робототехнике – это создание законченного функционального робота. Этот этап может включать покупку компонентов, изготовление деталей (печать на 3D-принтере, изготовление на станках с ЧПУ), заказ изготовления деталей у подрядчиков, сборку и многое другое, все, что требуется для производства конечного продукта. На этом же этапе робот программируется. Есть множество различных способов создания робота. Если робот создается для соревнований, то каждый конкурс имеет свой регламент, в котором описывается характеристика робота.

#### *10. Тестирование и анализ*

Даже наличие факта реализации разработанного решения еще не означает, что работа проектной группы завершена. Реализованное решение должно быть рассмотрено на предмет того, что из задуманного работает как надо, а что нет, и что следует улучшить. Процедура и результаты тестирования должны быть задокументированы. Главное, что должно быть определено на этом этапе - работает ли окончательная версия проекта, как ожидалось, и выполняются ли заявленные технические требования.

Проектная группа должна разработать план улучшения, если потребуется. Как только решение будет реализовано, проанализировано и признано приемлемым - процесс проектирования можно будет считать завершенным.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Каковы, на Ваш взгляд, причины широкого применения метода проектов в области образовательной робототехники?
2. В чем заключаются особенности применения метода проектов в области образовательной робототехники?

3. В чем заключаются основные трудности применения метода проектов в области образовательной робототехники?
4. Достижению каких результатов способствуют групповые проекты обучающихся?
5. Чем отличается инженерный подход в проектировании?
6. Перечислите и охарактеризуйте этапы инженерного проектирования в образовательной робототехнике.

### **Примерная тематика проектов для разработки**

1. Робот в жизни человека
2. Робот – исследователь
3. Человекоподобный робот
4. Шагающий робот
5. Робот – эколог
6. Робот – спасатель
7. Робот – шахматист
8. Робот – художник
9. Робот – принтер
10. Лимоноид – робот, подающий напитки
11. Робот – пожарный
12. Робот – сортировщик
13. Робот – погрузчик
14. Робот – экскурсовод
15. Робот – щенок
16. Робот – кормушка
17. Робот – часы
18. Робот – газонокосилка
19. Робот – трансформер
20. Танцующий робот
21. Гоночный робот
22. Робот – Марсоход
23. Автономный робот, объезжающий препятствия
24. Робот, который едет по черной линии
25. Робо-рука

## Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования от 17 декабря 2010 г. N 1897 (в ред. Приказа Минобрнауки России от 29.12.2014 N 1644 [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://fgos.ru>
2. Распоряжение Правительства РФ от 29.12.2014 № 2765-р «О Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы» [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://government.ru/docs/16479/>
3. Примерная основная образовательная программа основного общего образования (Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию в 2015г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosreestr.ru/registry/primernaya-osnovnayaobrazovatel'naya-programma-osnovnogo-obshhego-obrazovaniya-3>
4. Концепция преподавания предметной области «Технология» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/c4d7feb359d9563f114aea8106c9a2aa>
5. Приоритетный проект в области образования «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» (утвержден Правительством Российской Федерации 25 октября 2016 года). [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://neorusedu.ru/>
6. Алексеев А. П. и др. Робототехника: учебное пособие для 8–9 классов средней школы. М.: Просвещение. 1993. 160 с.
7. Артамкин Е.Ю. Классификация роботов и области их применения // Наука и техника. Электронный журнал. Режим доступа URL: <http://www.doctus.ru>
8. Бачинин А., Панкратов В., Накоряков В. Основы программирования микроконтроллеров. ООО «Амперка», 2013. 207 с.
9. Белиовский Н.А., Белиовская Л.Г. Использование LEGO-роботов в инженерных проектах школьников. Отраслевой подход. М.: ДМК-Пресс, 2016. 88 с.
10. Боголюбова А.Н., Никитина Д.А. Популярно о робототехнике. Киев: Наук. Думка, 1989. 200 с.
11. Вязовов С.М., Калягина О.Ю., Слезин К.А. Соревновательная робототехника: приемы программирования в среде EV3. М.: Издательство «Перо», 2014. 88 с.

12. Газизов Т.Т., Нетесова О.С., Стась А.Н. Модель внедрения элементов робототехники в образовательный процесс школы // Доклады ТУСУРа, 2013. № 2 (28).
13. Голобородько Елена Николаевна Робототехника как ресурс формирования ключевых компетенций обучающихся. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://robot.edu54.ru/publications/108/>
14. Горский М. Создание кружка робототехники. Проблемы и трудности // VII Всероссийская конференция "Современное технологическое обучение: От компьютера к роботу. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://www.youtube.com/watch?v=phxRbnCF3s4>
15. Гуляева Л. И., Ушакова М. А. Решение задач в курсе «Робототехника» как средство развития УУД во внеурочной деятельности // Материалы научно-практической конференции Актуальные вопросы интеграции математического и естественнонаучного образования в современной школе. Нижний Тагил: НТФ ГАОУ ДПО СО ИРО, 2016. С. 112-2016.
16. Дундукова О.В. Педагогические приёмы формирования универсальных учебных действий в урочной деятельности. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://gazeta.lbz.ru/2015/1/1nomer.pdf>
17. Ершов М.Г. Возможности использования образовательной робототехники в преподавании физики // Проблемы и перспективы развития образования: материалы IV Междунар. науч. конф. [Электронный ресурс] URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/72/4129/>
18. Злаказов А.С. и др. Уроки Лего-конструирования в школе: методическое пособие. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 120 с.
19. Ильина А.В., Таран Т.В. и др. Включение элементов робототехники в образовательный процесс общеобразовательной организации в условиях реализации ФГОС общего образования: методические рекомендации по включению элементов образовательной робототехники в содержание предметов технологического и естественно-математического циклов; под ред. Солодковой М.И., Ильиной А.В. Челябинск: ЧИППКРО, 2015. - 60 с.
20. Калугин Д.Ю., Лейбов А.М., Осокина О.М. Ресурсное обеспечение робототехники // Образовательная робототехника: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (г. Новосибирск, 25-27 ноября 2015 г.) под ред. А. М. Лейбова; Мин-во образования и науки РФ Новосиб. гос. Пед. ун-т. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2016. С.36-48.

21. Карпутина А.Ю. Образовательная робототехника // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 12 [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/12/74896>
22. Комплексная программа «Развитие образовательной робототехники и непрерывного IT-образования в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://pandia.ru/text/80/194/44353.php>
23. Копосов Д.Г. Начало инженерного образования в школе // STEM-образование в России, 2015. №1. С. 125-128.
24. Копосов Д.Г. Первый шаг в робототехнику: практикум для 5-6 классов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 250 с.
25. Копосов Д. Г. Уроки робототехники в школе; цикл видеолекций издательства «БИНОМ». [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://metodist.lbz.ru/content/video/koposov.php>
26. Костюнина О.А. Образовательная робототехника во внеурочной деятельности в условиях реализации ФГОС // Статья на портале Социальная сеть работников образования [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://nsportal.ru>
27. Лабутин В.Б. Образовательная робототехника как инструмент выполнения требований ФГОС и ПООП по предмету «Технология»: материалы к видео-семинару. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://metodist.lbz.ru/authors/techologia/3/obr-rob.pdf>
28. Лабутин В.Б. Организация проектной деятельности обучающихся при реализации робототехнических проектов в соответствии с обновленным содержанием курса «Технология». [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://metodist.lbz.ru/authors/techologia/3/org-pr-d-rob-pr.pdf>
29. Миллер А.В. Рекомендации по проведению кружка по робототехнике. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://robot.edu54.ru/publications/104/>
30. Накано Э. Введение в робототехнику; пер.с яп. канд. техн. наук А.М. Филатова. М.: Мир, 1998. 334 с.
31. Никитина Т.В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников: учебное пособие. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2014. 169 с.
32. Образовательная робототехника: дайджест актуальных материалов / ГАОУ ДПО «Институт развития образования Свердловской области»; Библиотечно-информационный центр; сост. Т. Г. Попова. Екатеринбург: ГАОУ ДПО СО «ИРО», 2015. 70 с.

33. Овсянницкая Л.Ю. Курс программирования робота Lego Mindstorms EV3 в среде EV3: основные подходы, практические примеры, секреты мастерства. Челябинск: ИП Мякотин И.В., 2014. 69 с.
34. Петракова О.В., Ракитин Р.Ю. Особенности изучения робототехники в школе [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://robot.edu54.ru/publications/109/>.
35. Петровская Н.В. Образовательная робототехника: продуктивно-когнитивный подход [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://robot.edu54.ru/publications/228/>
36. Пономарева Ю. С. Практикум по основам робототехники. Задачи для Legomindstormsnext и ev3: учебно-методическое пособие. Волгоград: ВГСПУ, 2016. 36 с.
37. Пузырная Е.В., Пророкова А.А. Методические аспекты внедрения основ робототехники в образовательный процесс. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://robot.edu54.ru/publications/105/>
38. Пронин С.Г. Возможность использования образовательной робототехники в обучении учащихся средней школы. [Электронный ресурс] Режим доступа URL <https://moluch.ru/archive/65/10476/>
39. Российская ассоциация Образовательной робототехники: сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://www.raor.ru>
40. Тарапата В.В., Самылкина Н.Н. Робототехника в школе: методика, программы, проекты. М.: Лаборатория знаний, 2017. 109 с.
41. Ушаков А.А. Задачи для факультатива робототехники: Сборник задач. Демонстрационный вариант. Барнаул: Гимназия №42, 2009. 91с.
42. Ушаков А. А., Робототехника в средней школе – практика и перспективы. г. Барнаул. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://robot.edu54.ru/publications/8/>
43. Филиппов С.А. Онлайн курс «Основы робототехники» [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://www.lektorium.tv/robotics>
44. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей; под ред. А.Л. Фрадкова. СПб.: Наука, 2010. 195 с.
45. Филиппов С.А. Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление. М.: Лаборатория знаний, 2018. – 190 с.
46. Чупин Д.Ю. Организационные аспекты образовательной робототехники в современной школе // Образовательная робототехника: сборник статей Международной научно-практической конференции. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2017. С. 108-113.

47. Чупин Д.Ю. Подготовка учителей технологии к применению образовательной робототехники в профессиональной деятельности // Подготовка педагогических кадров технологического профиля в условиях реиндустриализации региона: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2018. С. 22-26.
48. Чупин Д.Ю. Современные требования к содержанию подготовки педагогических кадров технологического профиля в Новосибирской области // Нижегородское образование. 2017. № 2. С. 92-96.
49. Чупин Д.Ю. Техническое моделирование и конструирование как основа для изучения элементов робототехники в технологической подготовке школьников // Образовательная робототехника: состояние проблемы перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2018. С. 108-113.
50. Юревич Е.И. Основы робототехники. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
51. Ruiz, J, Salazar, R. Introduction to Robotics. Chapter 1. Universidad de Chile. Available in: <http://robotica.li2.uchile.cl/EL63G/capitulo1.pdf>.
52. Stella Vosniadou, how children learn, International Academy of Education. Available in: <http://www.ibe.unesco.org/International/Publications/EducationalPractices/prachome.htm-what>
53. Tellez, Ricardo. Angulo, Cecilio. Generating an autonomous robotic agent from the evolution of simple cooperative sub-agents. Available in: <http://www.ouroboros.org/papers/paper3.pdf-what?>



## Оглавление

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение .....                                                                                       | 3   |
| Глава 1 Понятие и роль образовательной робототехники на современном этапе развития образования ..... | 5   |
| 1.1 Актуальность внедрения робототехники в сферу образования ..                                      | 5   |
| 1.2 Нормативно-правовые аспекты реализации робототехники в образовании.....                          | 14  |
| 1.3 Подходы и рекомендации по реализации робототехники в образовании.....                            | 22  |
| 1.4 Межпредметные связи образовательной робототехники .....                                          | 29  |
| Глава 2 Основы робототехники в образовании .....                                                     | 41  |
| 2.1 Введение в робототехнику.....                                                                    | 41  |
| 2.2 Робот как система .....                                                                          | 54  |
| 2.3 Платформы образовательной робототехники.....                                                     | 59  |
| 2.4 Программирование в образовательной робототехнике .....                                           | 74  |
| Глава 3 Проекты в образовательной робототехнике.....                                                 | 92  |
| 3.1 Научно-педагогические основы метода проектов в робототехнике .....                               | 92  |
| 3.2 Инженерное проектирование в образовательной робототехнике .....                                  | 96  |
| Список литературы.....                                                                               | 108 |

Чупин Д.Ю., Ступин А.А., Ступина Е.Е., Классов А.Б.

## **ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА**

*Учебное пособие*

Подписано в печать 12.08.2019. Формат 60\*84/16. Бумага офсетная.

Тираж 150 экз. Уч.-изд. л. 6,17. Усл. печ. л. 6,62. Печать цифровая.

Заказ № 0812/2019

Отпечатано в типографии ООО Издательство «Сибпринт»

630099, г. Новосибирск, ул. М. Горького, д. 39

тел. +7 (383) 218-00-36, e-mail: [izdat-nsk@list.ru](mailto:izdat-nsk@list.ru)

[www.ifb.ru](http://www.ifb.ru)

книг.рус