

Начальное обучение алгоритмике дошкольников и других новичков с помощью умных роботов-игрушек

А.Г. Кушниренко¹, А.Г. Леонов², Д.В. Машенко³, М.В. Райко⁴, И.Н. Грибанова⁵

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, agk_@mail.ru;

²ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, dr.l@vip.niisi.ru;

³ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, г. Москва, Россия, mashchenko.darya.vlad@yandex.ru;

⁴ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, г. Москва, Россия, mila.rayko@gmail.com;

⁵ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, nig@niisi.msk.ru

Аннотация. В современном мире алгоритмика становится в один ряд со школьной арифметикой, ведь базовые элементы программирования, освоенные дошкольником, будут сопровождать его на протяжении всей жизни в связи с глобальной цифровизацией. В статье описаны мировые практики по обучению детей алгоритмике, отмечены плюсы и минусы различных методик. Особое внимание уделено бестекстовой учебной среде программирования ПиктоМир, описан опыт организации и проведения систематических пропедевтических курсов алгоритмики и программирования для дошкольников и младшеклассников. Описана необходимость демонстрации детям обратной связи между компьютером и роботом. Авторами предложено решение, заключающееся в добавлении в среду ПиктоМир нового робота, отвечающего на команды-вопросы. Сделаны выводы о направлении дальнейших исследований, в частности, о необходимости повышения вовлеченности детей в процесс выполнения программы роботом.

Ключевые слова: алгоритмика, ПиктоМир, дошкольный курс программирования, бестекстовая среда программирования, умные роботы-игрушки, программирование с обратной связью

1. Что такое алгоритмика и почему ее должны осваивать дошкольники 21 века

Алгоритмика (азы программирования) – это универсальный набор понятий и конструкций, позволяющий людям планировать будущую деятельность, разворачивающуюся во времени. Если планируемая деятельность рассчитана на её проведение с использованием компьютеров или других автоматических устройств, то принято называть этот процесс планирования программированием. Человека, занимающегося программированием, называют программистом, а результат работы программиста называют программой. Программа материальна и может быть закодирована скоплениями электронов в ячейках памяти компьютера, или составлена из букв и цифр на бумаге или экране компьютера, или составлена педагогом из картинок-пиктограмм на магнитных карточках на классной доске или выложена ребенком из кубиков с картинками на своем рабочем столе.

Аналогично тому, как школьная арифметика является фундаментом и основанием и школьной и высшей математики, алгоритмика – набор

понятий и конструкций, позволяющих описывать планы действий, разворачивающихся во времени – является фундаментом и учебной, и профессиональной информатики. Все мы знаем, что в дошкольном возрасте дети охотно осваивают на практике азы счета, оперируя материальными предметами и заучивая слова и знаки, обозначающие цифры и числа, операции сложения, вычитания и сравнения чисел. Эти знания и навыки со временем не устаревают: одними и теми же базовыми элементами арифметики, цифрами и знаками операций, выученными в раннем детстве, оперируют и дошкольники, и пенсионеры, и продавцы магазинов, и ученые ракетных наук. В алгоритмике и программировании есть свои базовые элементы: циклы, ветвления, подпрограммы, счетчики и др. Базовые навыки программирования, выученные дошкольником 21 века, пригодятся ему и в школе, и на работе, и в повседневной жизни по той причине, что на планете Земля сегодня, в первой четверти 21 века, завершается переход человечества к цифровому образу жизни. Революция цифровизации охватила все стороны жизни человечества: промышленность и торговлю, науку и образование, быт и социальные отношения. Выдвинутый 40 лет назад известным российским ученым Андреем Ершовым броский лозунг

«программирование – вторая грамотность» сегодня воплощается в жизнь в форме чуть более точного тезиса: «программирование – одна из обязательных грамотностей 21 века».

2. Как люди учились арифметике последние две с половиной тысячи лет и как будут учиться алгоритмике ближайшие 50 лет

Арифметике и математике уже несколько тысяч лет, десятичной позиционной системе счисления – две с половиной тысячи лет, и столько же лет люди учились преподавать арифметику и математику, изобретали и внедряли счетные палочки и абак, придумывали занимательные задачи (см. Рис.1).



Рис. 1. Придумки педагогов, преподающих арифметику

Можно утверждать, что методика преподавания арифметики достаточно устоялась и в России, и во всем мире. Знакомство с цифрами, числами и счетом начинается в дошкольном возрасте, систематически арифметика изучается в начальной школе, и каждый выпускник начальной школы на планете Земля сегодня владеет азами арифметики.

Алгоритмика и программирование гораздо моложе арифметики математики. Базовые элементы алгоритмики, подобно базовым элементам арифметики - цифрам и операциям сложения и вычитания - могут быть освоены в раннем детстве, если только детям будет предоставлена материальная среда, позволяющая освоить эти элементы в деятельностно-игровой форме. Человечество сегодня находится в процессе создания подобной среды. Эта материальная среда оказывается более сложной, чем среда для освоения элементов счета. Эта сложность вызвана объективными причинами – описание процессов составления программы человеком и последующего выполнения программы автоматическим устройством требует введения не менее дюжины базовых понятий [1-2], в то время как для описаний процессов счета и использования его результатов можно обойтись гораздо меньшим количеством понятий.

В 21 веке ученые и педагоги всех стран мира

пришли к единому мнению о том, что оптимальный путь освоения азов программирования ребенком – составление программ управления реальными и виртуальными роботами. Постепенно вырабатывается консенсус и по вопросу о том, что начинать знакомство с программированием нужно в дошкольном возрасте. Однако вопрос о том, каких роботов и по каким методикам нужно использовать, остается открытым, равно как и вопросы о том,

- каковы цели ознакомления детей с программированием, и насколько систематичным должно быть это знакомство,

- при каких условиях нужно комбинировать в начальном курсе программирования для дошкольников работу в реальных и виртуальных средах, и при каких условиях можно обойтись только виртуальной средой.

3. Мировой опыт

В поисках ответов на эти вопросы в мире создано несколько популярных учебных бестекстовых сред программирования и робототехнических наборов, рассчитанных на детей возраста 5-8 лет.

3.1. Scratch Junior

Сегодня это самая популярная среда бестекстового программирования (см. Рис.2).



Рис. 2. Экран бестекстовой среды программирования **Scratch Junior**.

В нижней строке показаны пиктограммы команд персонажа Котенок

Персонажи, события и процессы, моделируемые в среде Scratch Junior и показываемые на экране, носят игрушечный характер, развиваются в воображаемых, условных двумерных обстановках и потому задача материального воплощения этих обстановок разработчиками Scratch

Junior не ставилась. Дети, начинающие знакомиться с программированием в среде Scratch Junior, с первых шагов погружаются в воображаемый виртуальный мир и, как правило, остаются в нем в течение всего периода обучения. Как ис-

ключение, в среде Scratch Junior можно составлять программы, управляющие несложными роботами-игрушками (см. ниже проект Роббо), но без взаимодействия этого робота с виртуальными обстановками и персонажами Scratch Junior. Так что составление программ управления реальными роботами-игрушками в Scratch Junior радикально отличается от программирования воображаемых двумерных персонажей, ради чего и

создавался Scratch Junior

3.2. Lightbot (Фонарщик)

Замечательная головоломка, способная увлечь ребенка и мотивировать к изучению программирования (см. Рис.3)

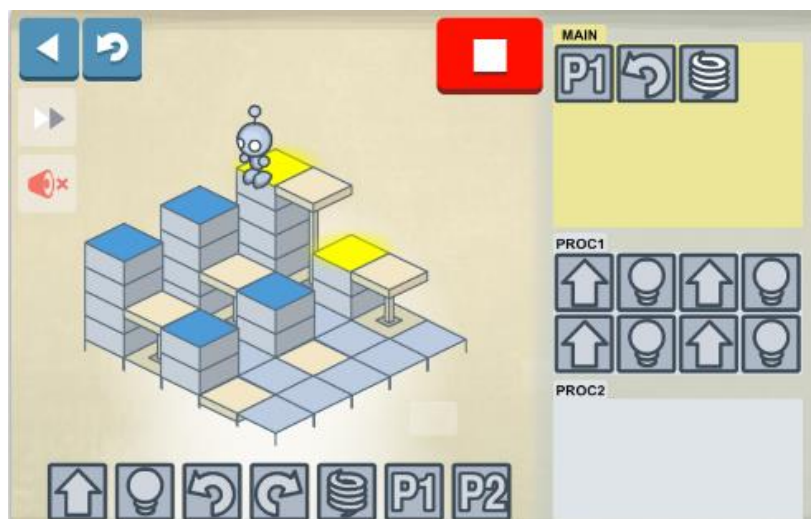


Рис. 3. Экран бестекстовой среды программирования Lightbot. Требуется составить программу, по которой робот, прыгая по блокам, зажжет все блоки, помеченные синим цветом. На данном уровне игры задан шаблон программы, состоящий из главной части программы (main) и двух подпрограмм (proc1 и proc2)

Игра Lightbot позволяет освоить такие концепции, как система команд робота, и подпрограмма, однако не охватывает все доступные дошкольникам базовые концепции программирования. Виртуальная среда, в которой «живет» Фонарщик, сложна, и попытки ее реализации в реальном мире никем не проводились.

3.3. Робомышь

Замечательный робототехнический набор, позволяющий детям освоить концепции программного управления (см. Рис.4).

На корпусе реального робота-игрушки Ро-

бомышь размещены которой 7 кнопок с командами, которые умеет выполнять робот. Ребенку показывается игровое поле, на котором размещены Робомышь, препятствия и «кусочек сыра». Ребенок должен придумать последовательность команд, которые нужно дать Робомыши, чтобы она дошла до сыра. Придуманную последовательность команд – программу движения Робомыши – ребенок с помощью карточек с пиктограммами команд выкладывает на столе и затем «загружает» эту программу в память Робомыши, нажимая на кнопки на ее корпусе. Далее Робомышь самостоятельно проходит запланированный ребенком маршрут.

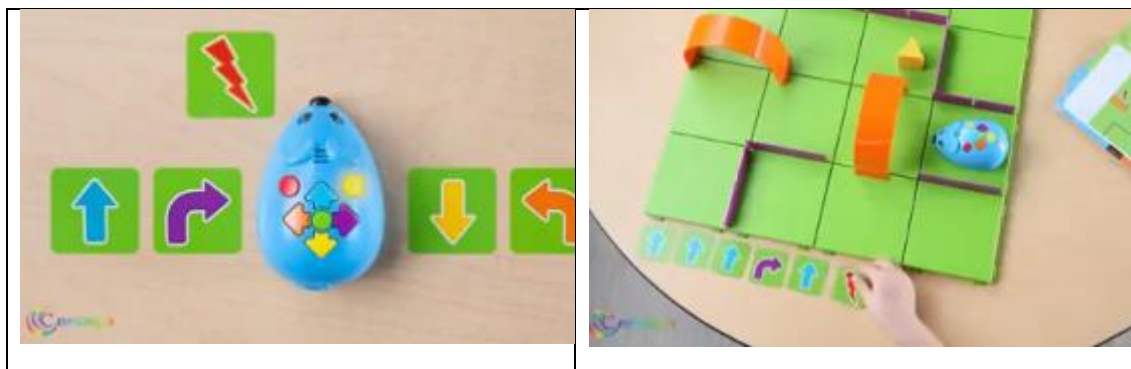


Рис. 4. Слева роботымышь, на корпусе которой 7 кнопок с командами, справа – игровая обстановка и программа из карточек, которую выкладывает ребенок

Данный робототехнический набор помогает детям освоить общую идею программного управления, но только на простейших примерах. Еще одним недостатком данного набора, затрудняющим освоение детьми идеи программного управления, является тот факт, что «загруженная» в память мыши программа не наблюдаема детьми. Наконец, с помощью Робомыши нельзя познакомиться с концепциями подпрограмма, ветвление, цикл. То есть Робомышь полезна и

эффективна, но только на первых шагах знакомства с программированием.

3.4. Matatalab

Прекрасный робототехнический набор, позволяющий создавать и выполнять программы в материальном мире (см. Рис.5).



Рис. 5. Слева – управляющая башня набора и выложенная на ее пьедестале программа. Справа – игровое поле, по которому движется управляемый башней робот («водитель» виден через прозрачный оранжевый купол водительского отсека). Выше игрового поля показана крупным планом фрагмент управляющей программы – подпрограмма с именем f0.

Набор Matatalab позволяет составлять программы управления без всякого компьютера, перемещая в материальном мире карточки, на которых изображены пиктограммы команд. По нажатии на кнопку пуск, компьютер управляющей башни «смотрит» на программу, «загружает» ее в свою память и выполняет. Набор позволяет освоить концепции системы команд робота, программного управления и подпрограммы, набрать опыт составления программ. К недостаткам набора следует отнести бедный набор поддерживаемых базовых конструкций программирования, что не позволяет с помощью

данного набора освоить весь набор конструкций структурного программирования.

3.5. Робототехнический набор Lego We Do 2.0

Данный набор хорош своей интегрированностью, он включает и компоненты для сборки простейших роботов, и смешанную пиктограммно-текстовую среду программирования собранных роботов. Однако эта среда программирования специализирована, содержит много сложных команд, позволяющих управлять аппаратными компонентами, включенными в набор. Тем самым набор нацелен на изучение детьми

функций и взаимосвязей основных компонент робототехнических систем, а не на освоение основ программирования на примере робототехнических систем. Поэтому набор хорош для изучения азов робототехники детьми возраста 8-12 лет, но для систематического освоения программирования неэффективен.

3.6. Роббо

Робототехнический набор, состоящий из мобильной расширяемой колесной платформы и так называемой Роббо-лаборатории (см. Рис.6).

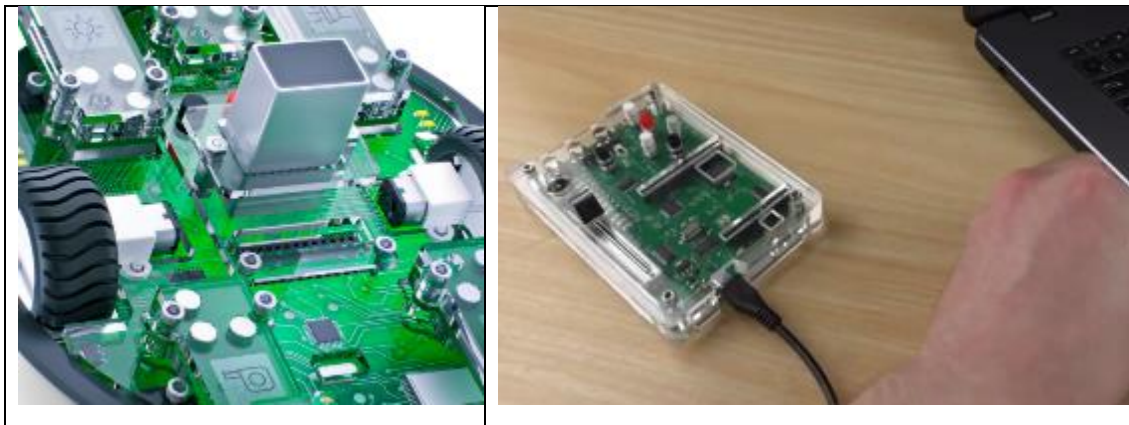


Рис. 6. Слева – колесная платформа Роббо, справа – Роббо-лаборатория

При использовании платформы Роббо дети фактически имеют дело с одним единственным, готовым, уже собранным колесным вездеходом. Никакая деятельность по механической сборке движущегося робота, подобная сборке различных роботов Lego из типовых механических элементов, в наборе Роббо не предусмотрена. К готовой колесной платформе ребенок может подключить с помощью быстросъемных магнитных разъемов один, два или более датчиков, включенных в набор его изготовителем. Движением платформы с использованием информации от установленных на ней сменяемых датчиков можно управлять с помощью программы, созданной в учебной среде программирования Scratch или даже на производственном языке

программирования C++. Роббо-лабораторию можно подключить по USB-кабелю к любому компьютеру и превратить в пульт управления мобильной платформой или любыми персонажами программной среды Scratch.

3.7. ПиктоМир

Бстекстовая учебная среда программирования, разработанная по заказу Академии Наук РФ для организации систематического знакомства дошкольников с алгоритмикой (азами программирования), будет подробно описана в следующем разделе (см. Рис.7).



Рис. 7. Решение в среде ПиктоМир задачи по программированию демоверсии ОГЭ по информатике для 9 класса

4. Отечественная сетевая инновационная площадка ПиктоМир по разработке методики, программных средств и учебных пособий для преподавания азов программирования дошкольникам и младшим школьникам

Данная сетевая площадка развернута в 2020 году Академией Наук России совместно с Самарским Институтом Образовательных Технологий и по состоянию на май 2023 года охватывает около 700 детских садов и начальных школ России из 54 субъектов РФ (см. Рис.8).

Отечественный подход к преподаванию алгоритмики (азов программирования) дошкольникам во многом определяется тем, что дошкольное и школьное образование в России централизовано и на 70% проводится по федеральным стандартам и программам и потому может и должна быть поставлена задача интеграции дошкольного курса алгоритмики с школьными стандартами и программами. Из этого следует, что знакомство с азами программирования на дошкольном уровне образования целесообразно сделать достаточно глубоким и систематическим – усилия по освоению программирования на дошкольном уровне образования облегчат

всем школьникам освоение программирования на последующих ступенях обучения, а способным школьникам позволят раньше выбрать естественно-техническую специализацию в системе дополнительного образования.

Тем самым, перед дошкольным уровнем образования может быть поставлена задача освоения азов программирования в объеме, охватывающем полный набор конструкций структурного программирования и их наиболее часто встречающихся на практике сочетаний. Число таких сочетаний около 20, и если принять, что каждое сочетание должно быть подкреплено десятком примеров, то получится, что в дошкольном курсе программирования каждый ребенок должен самостоятельно составить около 200 простейших программ.

Двенадцатилетний опыт работы ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН в детских садах городов Москва и Сургут и опыт работы с 2020 года с десятками тысяч детей и несколькими сотнями детских садов в рамках сетевой инновационной площадки ПиктоМир показывает, что на освоение азов программирования с такой глубиной требуется порядка 60 занятий при условии проведения одного занятия в неделю, то есть требуется организация двухлетнего курса.

За три года работы на площадке ПиктоМир накоплен опыт организации и проведения систематических пропедевтических курсов алгоритмики и программирования для дошкольников и младшеклассников. Наш опыт показывает, что за

два года занятий по одному разу в неделю в неделю, все без исключения дошкольники с охотой и без затруднений набирают опыт самостоятельного составления и отладки около двух сотен программ и осваивают в отечественной бестекстовой среде программирования ПиктоМир все

базовые конструкции структурного программирования и методику использования счета в программах управления реальными и виртуальными роботами.

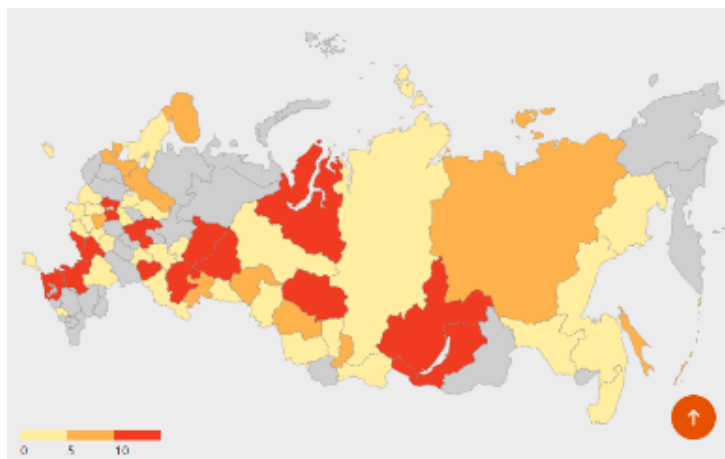


Рис. 8. Распределение по регионам участников инновационной площадки ПиктоМир

Наш опыт показывает также, что прохождение двухгодичного дошкольного курса алгоритмики (год в старшей группе и год в подготовительной группе) обеспечивает достижение учащимися ряда существенных результатов (см.

Рис. 9) освоения темы программирование, сформулированных в документе «РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, ИНФОРМАТИКА, БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ» [3]

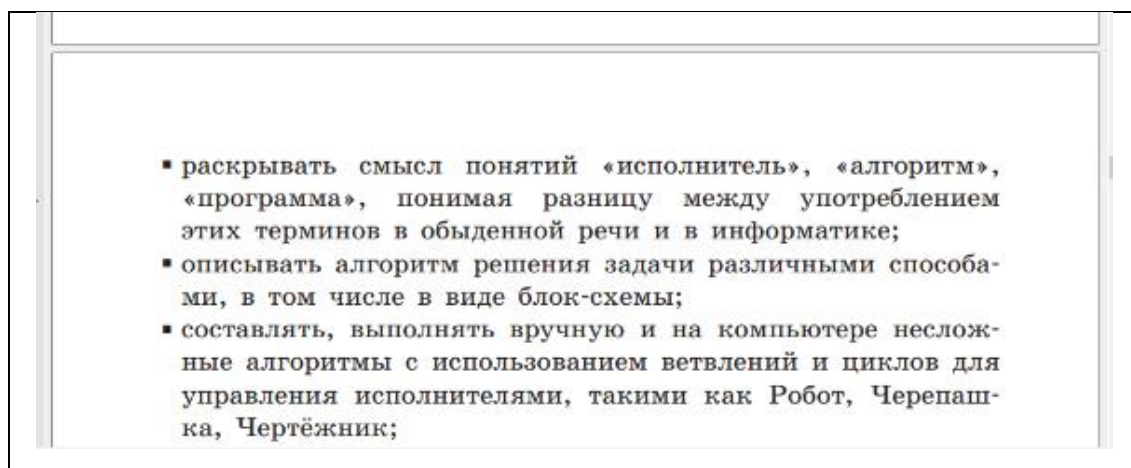


Рис. 9. Извлечение из раздела «Результаты 9 класс» документа [3]

5. Методика преподавания алгоритмики дошкольникам с помощью среды ПиктоМир – акцент на действия в реальном мире

Двухгодовой курс алгоритмики для дошкольников начинается в старшей группе, для детей возраста около 5 лет. Для этого возраста важна наглядность и вещественность учебных пособий. Поэтому в отличие от подхода, развиваемого разработчиками Scratch Junior, российский подход делает акцент на объекты и действия роботов и детей в материальном, а не в экранно-виртуальном мире. Среда ПиктоМир поддерживает пультовое и программное беспроводное управление реальными роботами-игрушками, перемещающимися по реальным игровым полям, составленным из сочленяемых ковриков, а виртуальные роботы, подобно тому, как это происходит в современной науке и промышленности, вводятся как цифровые двойники реальных роботов с целью облегчения процесса их разработки и эксплуатации.

Более того, сами процессы программирования и выполнения программы на начальной стадии знакомства дошкольников с программированием, выносятся в реальный мир (подобно тому как это сделано в среде Мататалаб, только более удобно методически и технологически). Программы составляются из материальных объектов (англ. tangible objects): деревянных кубиков или магнитных карточек с нанесенными на них пиктограммами команд. Место выкладывания программы не привязано к управляющей башне, а может быть выбрано произвольно. Дети, начиная с возраста 4 года, без затруднений механически размещают кубики или карточки на плоской поверхности рабочего стола или магнитной доски, составляя из них программу по определенным правилам. Такую программу ребенок может выполнить самостоятельно, командуя реальным роботом звуковыми командами с помощью пульта, либо может показать эту программу компьютеру (планшету) воспитателя, после чего планшет выполнит эту программу, командуя роботом на глазах у ребенка и подавая роботу звуковые команды, слышимые и понимаемые ребенком (см. Рис.10).

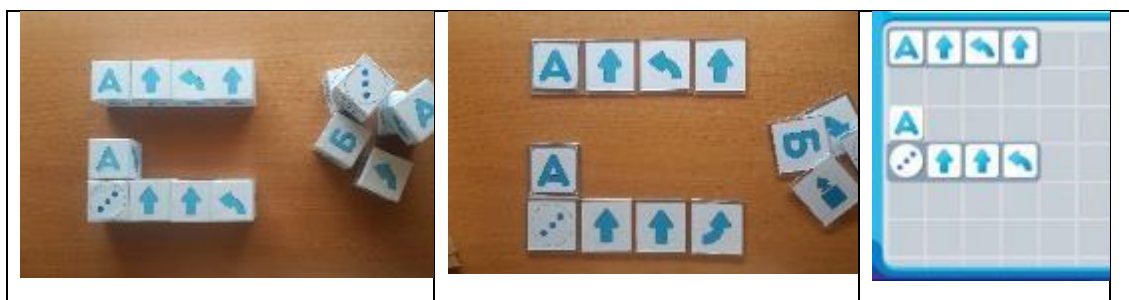


Рис. 10. Программа, выложенная ребенком из кубиков (карточек) на столе и «показанная» ребенком планшету воспитателя и та же программа, «понятая» планшетом, на экране планшета

По методике, разработанной в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, обучение дошкольников алгоритмике проводится с использованием учебного набора, содержащего (см. Рис.13)

- средства создания детьми реальных игровых полей для роботов игрушек (собираются из сочленяемых разноцветных ковриков),

- средства создания детьми программ из деревянных кубиков и магнитных карточек,
- мягкие игрушки, имитирующие реальных и виртуальных роботов,
- дистанционно управляемые реальные роботы-игрушки (см. Рис.11, 12).

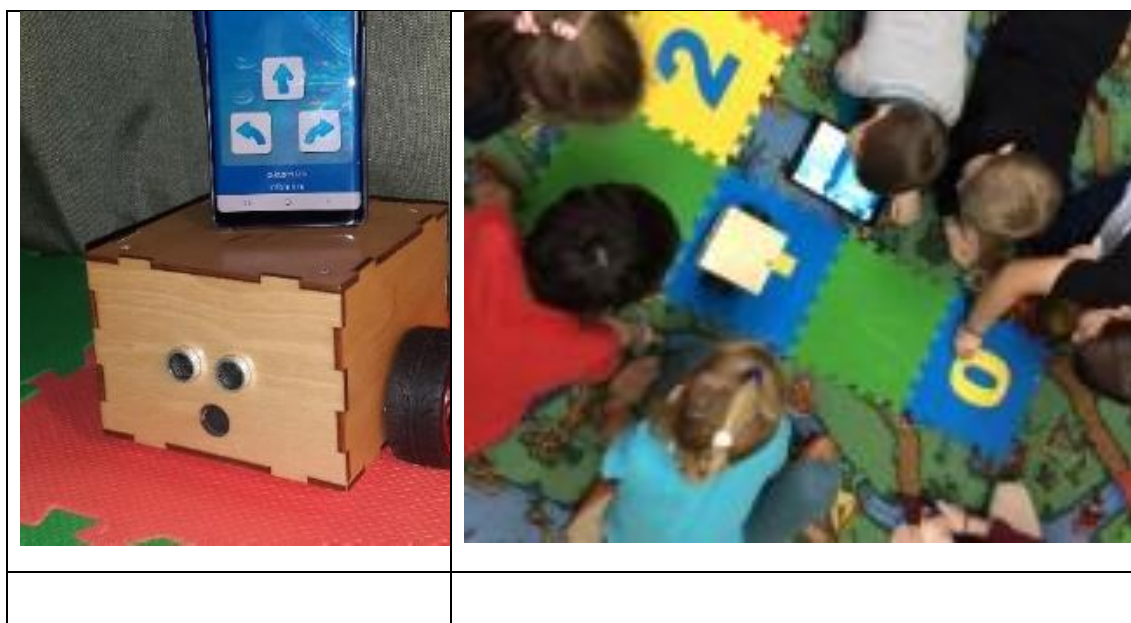


Рис. 11. Реальный робот Ползун и его звуковой пульт управления; Ползун на реальном игровом поле движется под управлением программы, составленной из кубиков и загруженной в память планшета системой Пикто-Мир

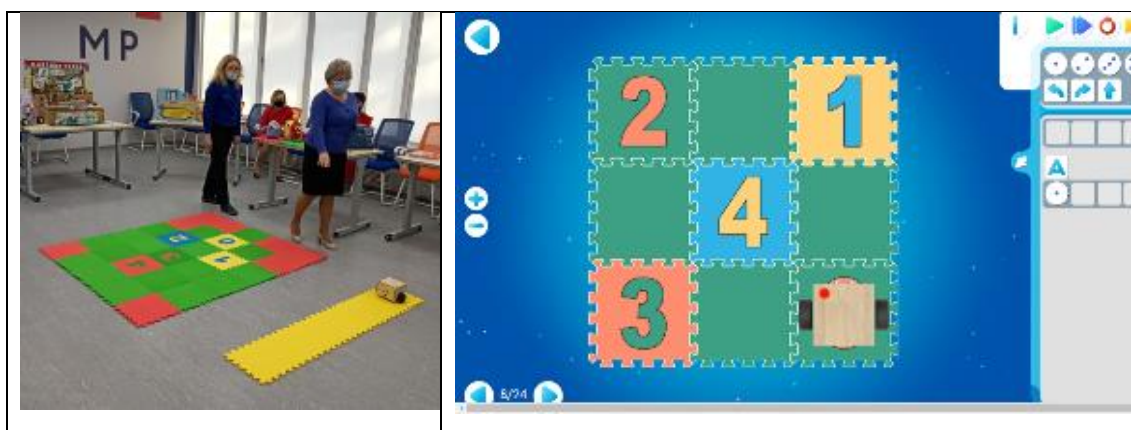


Рис. 12. Ползун на реальном игровом поле из ковриков и его цифровой двойник на экране среды программирования ПиктоМир

К 2020 году, началу совместной деятельности РАН и самарского ИОТ, по результатам десятилетнего преподавания алгоритмики десяткам тысяч дошкольников, Академия Наук России

отобрала и опробовала систему основных понятий программирования, доступных для освоения дошкольниками, и разработала методику и материальную среду, позволяющую освоить эти понятия в деятельностно-игровой форме.



Рис. 13. Учебный набор «ПиктоМир»

6. Необходимость добавления в учебный набор ПиктоМир роботов, умеющих отвечать на вопросы

И набор понятий, изложенный в статьях [2-3], и поддерживающая его материальная среда (Учебный набор «ПиктоМир», Рис. 13) ориентированы в первую очередь на так называемое программирование без обратной связи. Эта ограниченность легко объяснима. Дело в том, что эти статьи суммируют опыт преподавания алгоритмики в подготовительных группах детских садов в годичном курсе «Алгоритмика для дошколят». Хотя созданная в РАН учебная бестекстовая среда программирования «ПиктоМир» в полной мере поддерживает весь базовый набор конструкций структурного программирования, в том числе и инструменты программирования с использованием обратной связи, в годовой курс для дошкольников (при условии проведения в курсе «Алгоритмика для дошколят» одного 30-минутного занятия в неделю) программирование с обратной связью просто-напросто не умещается. За год занятий дети успевают самостоятельно составить и отладить 100+ простейших программ управления роботами и освоить все конструкции структурного программирования, которые нужны для составления программ без обратной связи. Конструкции ветвление и цикл пока демонстрируются детям на последней паре занятий, однако поработать с ними детям не удастся. Можно сказать, что годовой курс алгоритмики для дошкольников обрывается на самом интересном месте.

При работе инновационной площадки выяснилось, что ввиду того, что учебный набор не содержит реальных роботов, позволяющих наглядно продемонстрировать детям обратную связь между компьютером и роботом путем выполнения команд-вопросов, освоение конструкций ветвление и цикл ПОКА требует больших

усилий, чем мы предполагали при разработке двухлетнего курса. Это недоработка, которую следует устранить, заказав изготовителям учебного набора нового робота-игрушку, умеющего отвечать на вопросы (умеющих выполнять не только команды-приказы, но и команды вопросы) и добавив в цифровую среду ПиктоМир цифрового двойника этого нового робота.

7. Добавление в среду ПиктоМир нового робота, умеющего отвечать на вопросы

7.1. Команды-приказы, команды-вопросы и термин обратная связь в программировании

И в наших курсах, и в других курсах программирования для новичков обучение, как правило, ведется путем составления программ управления роботами с простыми, компактными системами команд. Например, реальный робот Ползун из учебного набора и его цифровой двойник в среде ПиктоМир имеет всего 3 команды: «вперед», «налево» и «направо», эти команды называются командами-приказами. Команды подаются реальному Ползуну звуковыми сигналами. Реальный робот Ползун функционирует в игровой среде, составленной из сочленяемых разноцветных ковриков, причем на некоторых ковриках имеются цифры от 0 до 9. Цифровые двойники этих реальных полей и перемещающийся по ним цифровой двойник реального Ползуна изображаются на экране ПиктоМира. Сигналы реальному Ползуну может подавать человек-Командир с помощью звукового пульта, или компьютер, в память которого помещена (программисты говорят «загружена») программа управления роботом. Получив команду-приказ, реальный Ползун делает следующее:

- повторяет название команды голосом,
- выполняет команду,
- говорит «ГОТОВО»,

после чего готов к выполнению следующей команды. Между компьютером и роботом устанавливается связь в двух направлениях. Направление от компьютера к роботу условно называется «прямым», а направление от робота к компьютеру – «обратным». При выполнении команды-приказа информация пересылается в прямом направлении.

Ползун и его цифровой двойник – очень простые роботы. Программа для Ползуна логически представляет собой длинную последовательность команд «вперед», «налево» и «направо». В ПиктоМире мы можем записать эту длинную последовательность не в одной строке, а в нескольких строках или можем «зашифровать» эту последовательность, сделать ее короче с помощью конструкций повторитель или вспомогательный алгоритм. Но суть программы от этого не изменится, по такой программе компьютер всегда выдаст Ползуну одну и ту же последовательность команд.

Мы хотим включить в учебный набор нового реального робота, который умеет отвечать на вопросы. По получении команды-вопроса новый робот не будет производить никаких движений, а будет только исследовать обстановку вокруг себя, и сообщать компьютеру информацию об этой обстановке, то есть будет отвечать на вопрос компьютера. В этом диалоге информация будет путешествовать сначала в прямом направлении, от компьютера к роботу, а потом в обратном. Поэтому программирование роботов, умеющих отвечать на вопросы, называют программированием с использованием обратной связи.

7.2. Какой новый робот нам нужен

Нового робота мы назовем Толкун – он будет толкать грузы по игровому полю. Это игровое поле будем собирать из тех же ковриков учебного набора, что используются для игровых полей Ползуна. Только на игровом поле для Тягуна дополнительно будут расставлены грузы – ящики с квадратным основанием – на каждый из которых тем или иным способом будет нанесена цифра от 0 до 9. Десяток таких грузов, предположительно изготовленные из картона или пластика, также нужно будет включить в учебный набор.

Детям будет предложено составить программу управления роботом Толкуном, при выполнении которой Толкун переместит каждый груз в клетку с той же цифрой, что и написанная на грузе. У Толкуна будут 5 команд-приказов:

«вперед», «налево», «направо», «мигнуть» и «толкать».

и 2 команды-вопроса

«впереди свободно?»,

«впереди груз?».

Предположительно, производитель сможет

изготовить робота Толкуна доработкой уже существующего робота Ползуна, добавив к Ползуну дальномер – ультразвуковой датчик расстояния до препятствия.

По команде «толкать» Толкун будет первым делом проверять ультразвуковым дальномером, есть ли перед ним груз, и если груза нет – сообщит, что команда невыполнима. Если же впереди Толкуна груз есть, то он подойдет к нему вплотную, запомнив, какое расстояние он преодолел, затем будет толкать груз в следующую клетку поля на расстояние, равное размеру клетки игрового поля, а потом задним ходом вернется в центр той клетки, в которой ранее стоял груз. По завершении выполнения команды Толкун скажет «готово» и будет готов к получению следующей команды.

Получив команду-вопрос «впереди груз?», Толкун ультразвуковым дальномером измерит расстояние до ближайшего препятствия. Если это расстояние окажется меньше ширины клетки игрового поля, то Толкун ответит компьютеру ДА, а в противном случае ответит компьютеру НЕТ. На команду-вопрос «впереди свободно?» Толкун ответит НЕТ, если впереди груза нет, и ответит ДА в противном случае. Наконец, получив команду «вперед», Толкун будет первым делом проверять ультразвуковым дальномером, есть ли перед ним груз, и если груза есть – сообщит, что команда невыполнима, а если груза нет – продвинется вперед на одну клетку.

7.3. Как и зачем дети будут играть с роботом Толкуном

Игры с роботом Толкун должны подготовить детей к программированию с обратной связью, к которому дети подготовительной группы приступают во второй половине второго года обучения. Толкун умеет «разговаривать»: при включении сообщает свое Имя и выражает готовность к работе, а если про него «забыть» на несколько минут, «обидится» и скажет, что выключается.

Команды роботу Толкуну подаются, как и роботу Ползуну с помощью звукового кодирования, каждая команда кодируется проигрыванием определенных сигналов.

Команды-приказы:

- команда «вперед» — • — 1 бип (короткий звук, **точка** азбуки Морзе)
- команда «налево» — • • — 2 бипа (2 коротких звука)
- команда «направо» — • • • — 3 бипа (3 коротких звука)
- команда «толкать» — • • • • — 4 бипа (4 коротких звука)
- команда «мигнуть» — • • • • • — 5 бипов (5 коротких звуков)

Команды-вопросы:

- команда «*вперед свободно?*» — — — 1 бип (1 длинный звук. **тире** азбуки Морзе)
- команда «*вперед груз?*» — — — — 2 бипа (2 длинных звука)

Команды Роботу могут отдаваться либо Командиром с помощью звукового пульта управления (смартфоном, на котором установлено новое приложение ПМ Пульт для Толкуна) либо компьютером (на котором установлена новая версия ПиктоМира, поддерживающая работу с роботом Толкуном).

Кто бы ни командовал роботом Толкуном, дети могут слышать, как команда подается, и видеть (и слышать), как робот ее выполняет. При выполнении каждой команды, радиоуправляемый робот Толкун, подобно роботу Ползуну, должен сообщать детям голосом, какую команду он выполняет.

Замечание. Для надежности, слышимые детьми звуковые сигналы и ответы Толкуна ДА или НЕТ должны дублироваться радиосигналами, как это уже сделано в Ползуне.

Пульт со звуковыми командами можно использовать в играх, в которых дети распределяют роли: Робот, Командир, Программист. Робот выполняет команды, двигаясь по коврикам игрового поля; Командир нажимает на кнопки на экране пульта; Программист выкладывает программу из кубиков.

Толкун материален, его можно потрогать, пощупать, покрутить в руках. Он может выполнять команды и по каждой команде выполнять понятное действие. Команды Толкуну даются не словесно, а звуковыми сигналами. Подобно солдату, получив команду, Толкун говорит, что он будет делать по этой команде, а по окончании выполнения команды докладывает «готово».

В случае, если Толкун не может выполнить полученную команду-приказ, он сообщает об этом командиру. Если, например, Толкун получил команду «*вперед*», а в клетке перед Толкуном стоит груз, Толкун сообщает: «Команда невыполнима. Вперед груз». А если Толкун получил команду «*толкать*» при отсутствии груза, он сообщает «Команда невыполнима. Нечего

толкать».

Пульт Толкуна, похож на пульт Ползуна, но дополнен командами-вопросами (см. Рис.14). При выполнении команд-вопросов Толкун выдает голосом такие сообщения:

«отвечаю на вопрос «*вперед свободно?*». Ответ: ДА»

«отвечаю на вопрос «*вперед свободно?*». Ответ: НЕТ»,

«отвечаю на вопрос «*вперед груз?*». Ответ: ДА»,

«отвечаю на вопрос «*вперед груз?*». Ответ: НЕТ»

Толкун реагирует только на те звуковые команды, которым его «научили» на заводе-изготовителе. Чтобы ребенок смог изображать нового робота, с которым его знакомят, нужно показать ребенку, как Толкун выполняет звуковые команды-приказы и команды-вопросы, и какие слова он при этом говорит. При этом нужно не забыть показать и такие ситуации, в которых Толкун не может выполнить полученную команду-приказ. Научив ребенка изображать робота, можно дать ему повязку «робот», а другому ребенку – повязку «командир». После этого «командир» может начать командовать «роботом».

Еще интереснее, если рядом с «роботом-ребенком» поставить настоящего робота. По командам «командира» оба робота будут выполнять одни и те же движения, говорить одни и те же слова. Если ребенок научился командовать роботом так, чтобы робот прошел по какому-то маршруту, то команды, которые проводят робота по этому маршруту можно запомнить, составив программу.

Программа позволяет запомнить какие команды и в каком порядке нужно давать роботу, чтобы он прошел по данному маршруту. Программу можно составлять из «пикто-квадратиков» или из «пикто-кубиков». На гранях квадрата или кубика изображены движения, которые должен делать робот: «*вперед*», «*налево*», «*направо*», «*толкать*», «*мигнуть*». С правилами составления простейших программ дети познакомились, играя с Ползуном. Но при составлении программ для Толкуна нужно освоить пиктограммы команд-вопросов и их использование

в конструкциях цикл ПОКА  и ЕСЛИ 

		 	 
<i>вперед свободно?</i>	<i>вперед груз?</i>	ЕСЛИ вперед груз выполнить алгоритм А	ПОКА вперед свободно выполнить команду НАЛЕВО

Рис. 14. Команды-вопросы Толкуна и примеры их использования

7.4. Примеры заданий, выполняемых с роботом Толкуном

Задание на использование конструкции ЕСЛИ. Рядом с Толкуном несколько грузов,

сколько именно – неизвестно. Толкун должен каждый из этих грузов отодвинуть на одну клетку и вернуться в исходную позицию (см. Рис.15).

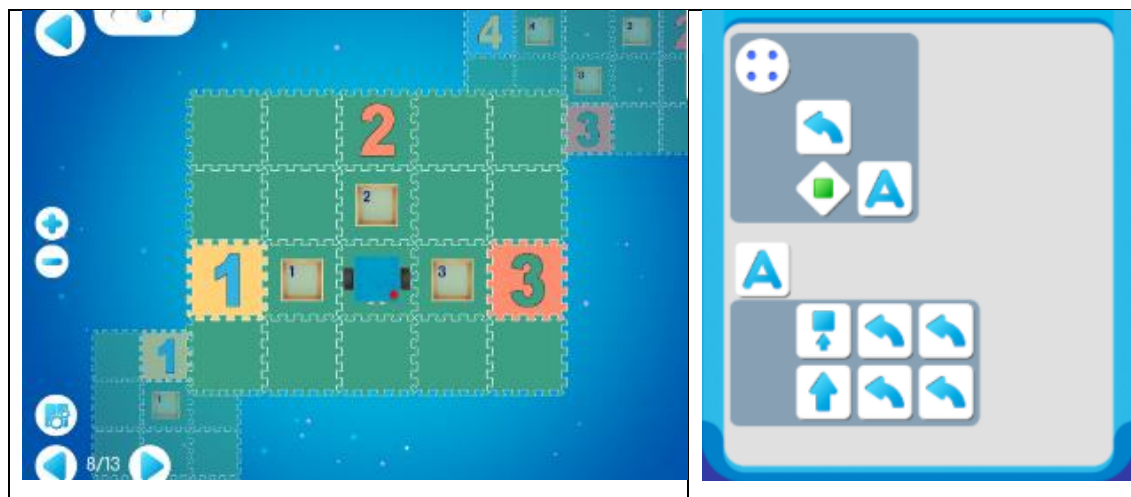


Рис. 15. Решение задания на использование конструкции ЕСЛИ

Идея решения. Сначала составляем алгоритм А, который отодвигает на одну клетку груз, лицом к которому стоит Толкун и возвращает Толкуна в исходную позицию. В главном алгоритме в цикле 4 раза поворачиваем Толкуна и в каждом из его 4-х положений проверяем, есть ли «впереди груз», если ДА, то выполняем алгоритм А,

то есть отодвигаем обнаруженный ящик.

Задание на использование цикла ПОКА. Рядом с Толкуном стоит груз, в какую сторону «смотрит» Толкун – неизвестно. Толкун должен сдвинуть груз на одну клетку (см. Рис.16).

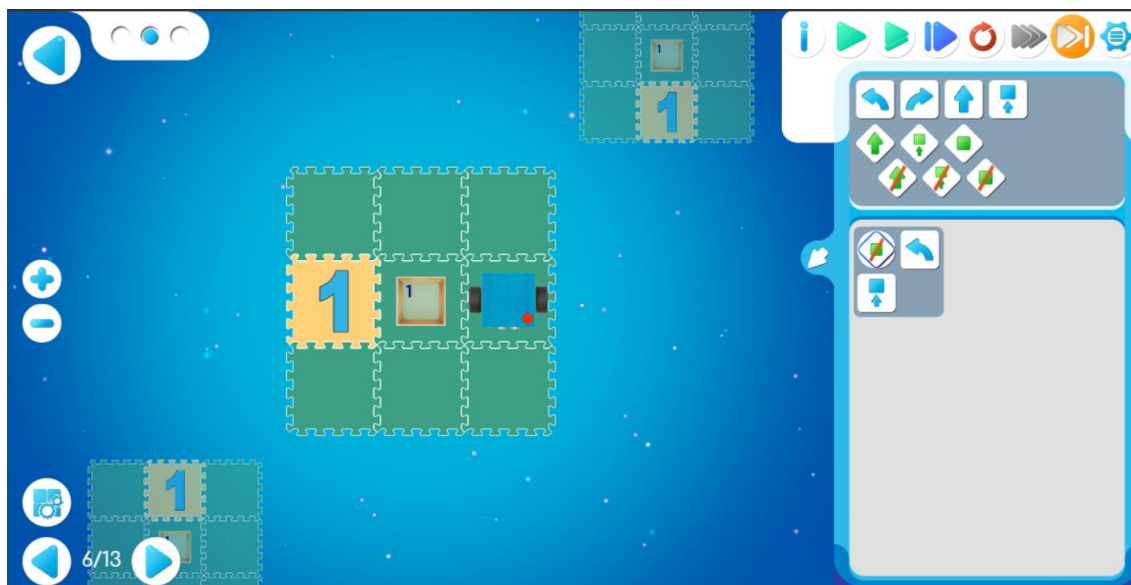


Рис. 16. Решение задания на использование конструкции цикл ПОКА

Идея решения. В программе используется цикл ПОКА. Компьютер задает Толкуну вопрос «*вперед свободно?*». Получив ответ ДА, компьютер дает Толкуну команду-приказ «*налево*» и снова и снова задает вопрос «*вперед свободно?*», пока не получит ответ НЕТ. В этот момент выполнение цикла ПОКА завершается и компьютер выполняет следующую команду программы – дает Толкуну команду-приказ «*толкать*».

8. Повышение вовлеченности детей в процесс выполнения программы роботом Толкуном

Чтобы повысить вовлеченность детей в процесс выполнения программы Толкуном, нужно включить в состав системы команд Толкуна такие команды, которые он будет выполнять с помощью ребенка. Назначив ребенка помощником Толкуна, мы сделаем ребенка полноправным участником и процессов выполнения роботом отдельных команд, и процесса выполнения программы компьютером.

Какие новые команды можно было бы ввести. На игровом поле Толкуна уже расставлены грузы, и задача Толкуна – перемещать эти грузы в нужные места. Можно было бы сделать нового робота Толкун-2, который имеет манипулятор и умеет, подойдя к грузу, подхватить его и поставить себе на крышу. Переместившись по полю в нужное место, Толкун-2 мог бы с помощью ма-

нипулятора выгрузить груз с крыши в свободную клетку перед собой. Это позволило бы Толкуну-2 быстрее выполнять многие работы.

Толкуну-2 нужно добавить бы две новые команды-приказа: «погрузить» и «разгрузить». Конструирование и изготовление робота Толкун-2, возможно, но робот получится сложным и дорогим. Чтобы этого избежать, поступим так.

Не меняя механизмов робота Толкуна, научим его понимать еще две команды-приказа:

- команда «погрузить» — ● — ●
(точка тире точка)
- команда «разгрузить» — ● — — ●
(точка тире тире точка)

По команде «*погрузить*» Толкун-2 должен говорить: «*получил команду погрузить, прошу помощи*» и далее начинает обратный отсчет: «*девять, восемь, семь, шесть, пять, четыре, три, два, один*». По завершении обратного отсчета Толкун-2 говорит «*погрузка завершена, спасибо*». Аналогично могла бы выполняться команда «*разгрузить*». Пока Толкун-2 ведет обратный отсчет, ребенок, назначенный в помощь Толкуну-2, должен успеть провести погрузку или разгрузку Толкуна-2: поставить груз на крышу или снять груз с крыши и поставить его в клетку перед Толкуном. Пользуясь ультразвуковым дальномером, Толкун-2 должен анализировать обстановку перед собой и отказываться выполнять команду «*погрузить*», когда перед ним свободная клетка и команду «*разгрузить*», когда перед ним груз.

Представляется, что дети охотно включились бы в описанное выше взаимодействие с Толкуном-2 и быстрее освоили бы идею команд-вопросов и примеры их использования. От изготовителя Толкуна и разработчиков звукового

пульта управления Толкуном добавление двух новых команд потребовало бы только небольшого изменения программного обеспечения.

Описанный выше порядок выполнения Толкуном-2 команд «погрузить» и «разгрузить» обладает тем недостатком, что время, выделяемое на погрузку или разгрузку фиксировано. Если сделать его слишком большим, это приведет к ненужным паузам в выполнении программы, а если сделать его слишком маленьким, ребенок может не успеть погрузить или разгрузить груз.

От этого недостатка можно было бы избавиться, если бы изготовитель робота придумал способ добавить в конструкцию Толкуна-2 датчик, который определяет, есть ли груз на крыше Толкуна-2 или нет. При наличии такого датчика, Толкун-2 по команде «погрузить» говорил бы: *«получил команду погрузить, прошу помочь»* и начинал подавать прерывистый звуковой и световой сигнал. А в тот момент, когда датчик показал, что груз уже установлен, говорил бы *«погрузка завершена, спасибо»*. Аналогично могла бы выполняться команда «разгрузить».

Кроме того, наличие подобного датчика позволило бы Толкуну-2 отвечать на команды-вопросы «багажник занят?» и «багажник свободен?», а также отказываться выполнять команду «погрузить», если багажник занят и команду «разгрузить», если багажник свободен.

9. Заключение

С появлением компьютеров и цифровых технологий, алгоритмика и программирование стали неотъемлемой частью образования в 21 веке. В статье был проведен обзор и выявлены достоинства и недостатки различных учебных сред, с помощью которых сейчас дети уже в дошкольном возрасте могут осваивать базовые навыки программирования. По опыту обучения дошкольников в среде ПиктоМир, была отмечена необходимость демонстрации детям обратной связи между компьютером и роботом, и предложено решение, заключающееся в создании нового робота, отвечающего на команды-вопросы. Также была проведена работа по добавлению такого робота в среду ПиктоМир и составлены методика и задания с его использованием. Однако необходимо продолжать исследования в области обучения алгоритмики и программирования, чтобы повышать вовлеченность детей в процесс выполнения программы роботом. Для этого можно включить в состав системы команд робота две новые команды, которые он будет выполнять с помощью ребенка.

Работа выполнена в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН в рамках фундаментальных исследований по теме FNEF-2022-0010.

Авторы благодарны К.А. Мащенко и А.В. Шляхову за многочисленные полезные обсуждения.

Initial Algorithmic Training for Preschoolers and Other Beginners with the Help of Smart Robot Toys

A.G. Kushnirenko, A.G. Leonov, D.V. Mashchenko, M.V. Raiko, I.N. Gribanova

Abstract. In the modern world, algorithmics is becoming on a par with school arithmetic, because the basic programming elements mastered by a preschooler will accompany him throughout his life because of global digitalization. The article describes the world practices of teaching algorithmics to children, the pros and cons of various techniques are noted. Special attention is paid to the textless educational programming environment PiktoMir, the experience of organizing and conducting systematic propaedeutic courses of algorithmics and programming for preschoolers and junior high school students is described. The necessity of demonstrating feedback between a computer and a robot to children is described. The authors proposed a solution consisting in adding a new robot to the PiktoMir environment that answers commands-questions. Conclusions are drawn about the direction of further research, in particular, about the need to increase the involvement of children in the process of implementing the program by a robot.

Keywords: algorithmics, PiktoMir, preschool programming course, textless programming environment, smart robots-toys, programming with feedback

Литература

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, ИНФОРМАТИКА, БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ, (для 7–9 классов образовательных организаций) Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол 3/21 от 27.09.2021 г.
https://edsoo.ru/Primernaya_rabochaya_programma_osnovnogo_obschego_obrazovaniya_predmeta_Informatika_proekt_.htm
2. В.Б. Бетелин, А.Г. Кушниренко, А.Г. Леонов. Основные понятия программирования в изложении для дошкольников // Информатика и ее приложения, 2020 г. Т. 14. Вып. 3. С. 56-62. DOI: 10.14357/19922264200308
3. Betelin V.B., Kushnirenko A.G., Leonov A.G., Mashchenko K.A. Basic Programming Concepts as Explained for Preschoolers // International Journal of Education and Information Technologies (NAUN). DOI: 10.46300/9109.2021.15.25. Volume 15, 2021, pp. 245-255, E-ISSN: 2074-1316