

Научная статья
УДК 378+004.9
DOI: 10.15293/1813-4718.2204.04

Применение сквозных цифровых технологий для обучения школьников программированию робототехнических устройств

Ступин Андрей Анатольевич¹, Ступина Елена Евгеньевна¹, Каменев Роман Владимирович¹, Классов Александр Борисович¹

¹Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается вопрос освоения школьниками сквозных цифровых технологий. Авторы анализируют все существующие подходы в обучении школьников программированию робототехнических устройств. Обосновывается целесообразность применения действующих подходов в обучении школьников программированию и выявляется наиболее эффективный из них.

Цель статьи – представить и обосновать наиболее эффективный подход в обучении школьников программированию робототехнических устройств в условиях персонализации образовательных траекторий школьников.

Методология и методы исследования. Методология исследования базируется на сравнительно-сопоставительном анализе результатов опытно-экспериментальной работы по выявлению наиболее эффективного подхода в обучении школьников программированию робототехнических устройств в условиях персонализации образовательных траекторий школьников.

Результаты исследования, обсуждение. Сравнительно-сопоставительный анализ результатов опытно-экспериментальной работы по выявлению наиболее эффективного подхода в обучении школьников программированию робототехнических устройств в условиях персонализации образовательных траекторий школьников.

Заключение. Перспективы полученных данных связаны с решением проблемы повышения уровня владения сквозными цифровыми технологиями в условиях персонализации образовательных траекторий школьников.

Для педагогов школ, центров дополнительного образования, работающих в цифровой образовательной среде, необходимо учитывать в своей работе специальные условия и принципы для повышения уровня владения сквозными цифровыми технологиями.

Ключевые слова: цифровизация образования, цифровая образовательная среда, образование, обучение, воспитание, развитие личности, сквозные цифровые технологии, образовательные траектории, программирование

Для цитирования: Ступин А. А., Ступина Е. Е., Каменев Р. В., Классов А. Б. Применение сквозных цифровых технологий для обучения школьников программированию робототехнических устройств // Сибирский педагогический журнал. – 2022. – № 4. – С. 51–63. DOI: <https://doi.org/10.15293/1813-4718.2204.04>

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках исполнения государственного задания № 073-03-2022-037 от 13.01.2022 г. по проекту «Обучение сквозным технологиям в условиях персонализации образовательной траектории школьников».

The use of End-to-End Digital Technologies for Teaching Schoolchildren Programming of Robotic Devices

Andrey A. Stupin¹, Elena E. Stupina¹, Roman V. Kamenev¹, Alexander B. Klassov¹

¹Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The article deals with the issue of mastering end-to-end digital technologies by schoolchildren. The authors analyze all existing approaches in teaching schoolchildren programming of robotic devices. The expediency of applying existing approaches in teaching programming to schoolchildren is substantiated and the most effective of them is revealed.

The purpose of the article is to present and justify the most effective approach in teaching schoolchildren programming of robotic devices in the context of personalization of schoolchildren's educational trajectories.

Research methodology and methods. The research methodology is based on a comparative analysis of the results of experimental work to identify the most effective approach in teaching schoolchildren to program robotic devices in the context of personalization of schoolchildren's educational trajectories.

Research results, discussion. Comparative and comparative analysis of the results of experimental work to identify the most effective approach in teaching schoolchildren to program robotic devices in the context of personalization of schoolchildren's educational trajectories.

Conclusion. The prospects of the obtained presented data are associated with solving the problem of increasing the level of proficiency in end-to-end digital technologies in the context of personalizing the educational trajectories of schoolchildren. For teachers of schools, centers of additional education working in a digital educational environment, it is necessary to take into account in their work special conditions and principles to increase the level of proficiency in end-to-end digital technologies.

Keywords: digitalization of education, digital educational environment, education, training, upbringing, personality development, end-to-end digital technologies, educational trajectories, programming

For citation: Stupin, A. A., Stupina, E. E., Kamenev, R. V., Klassov, A. B., 2022. The use of end-to-end digital technologies for teaching schoolchildren programming of robotic devices. *Siberian Pedagogical Journal*, no. 4, pp. 51–63. DOI: <https://doi.org/10.15293/1813-4718.2204.04>

Funding: A study carried out with the financial support of the Ministry of Education of the Russian Federation as part of the execution of state task No. 073-03-2022-037 dated January 13, 2022 under the project «Training in end-to-end technologies in the context of personalization of the educational trajectory of schoolchildren»

Введение. Робототехника – это междисциплинарная отрасль, где применяются знания из различных предметных областей, одна из них – программирование. Поэтому актуально расширять кругозор знаний у обучающихся, формировать практические умения и навыки в разработке программ. Создание программы – это то, что определяет поведение программируемых

технологических устройств. 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 и инструкций (шагов и решений) в программном коде.

В целях изучения процесса повышения уровня владения сквозными цифровыми технологиями в условиях персонализации образовательных траекторий, выявления его основных элементов и сторон, основываясь на исследовании выполненном при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках исполнения государственного задания № 073-03-2022-037 от 13.01.2022 г. по проекту «Обучение сквозным технологиям в условиях персонализации образовательной траектории школьников», мы рассмотрели применение сквозных цифровых технологий для обучения школьников программированию робототехнических устройств.

Цель статьи – рассмотреть все существующие подходы в обучении учащихся программированию робототехнических устройств и выявить и обосновать наиболее эффективный из них.

Обзор научной литературы по проблеме. Вопросы, связанные с освоением робототехники в различных формах учебной и внеучебной деятельности школьников рассмотрены в работах А. П. Алексева, В. Л. Афолина, Л. Г. Беливской, А. Н. Богатырева, А. Н. Боголюбова, Л. Л. Босовой, М. В. Васильева, Д. А. Каширина, В. Л. Конюха, Д. Г. Копосова, Д. А. Никитина, Е. П. Попова, Н. Н. Самылкиной, В. А. Серенко, В. В. Тарапаты, С. А. Филиппова, В. Н. Халамова, В. Д. Цыганкова и др.

При этом, как показано в исследованиях С. А. Бешенкова, Э. В. Миндзаевой, М. И. Шутиковой, робототехника играет ключевую роль в четвертой промышленной революции, которая пришла на смену цифровой революции 80-х г. XX в. Характерными чертами этой революции являются: моделирование, интегративные систе-

мы, Интернет вещей, кибербезопасность, облачные вычисления, аддитивное производство, дополненная реальность, Big Data, автономные роботы, конвергенция различных видов технологий и др.

Теоретическую основу исследования составляют исследования в области:

– теории и методики обучения информатике: С. А. Бешенков, Л. Л. Босова, А. П. Ершов, С. Д. Каракозов, К. К. Колин, А. А. Кузнецов, М. П. Лапчик, Э. В. Миндзаева, С. М. Окулов, Е. А. Ракитина, Н. Н. Самылкина, М. И. Шутикова и др.;

– технологического подхода, педагогических технологий в образовании: Л. В. Байбородова, Ю. К. Бабанский, В. П. Беспалько, В. В. Гузеев, М. В. Кларин, В. М. Монахов, А. П. Чернявская, В. В. Юдин и др.;

– методики формирования универсальных учебных действий в различных предметных областях: Л. И. Боженкова, Н. Л. Будахина, Е. Ю. Драчева, Э. В. Миндзаева, И. В. Морозова, О. Н. Сапронова, Н. А. Чуланова и др.

Методология и методы исследования. Методологической базой исследования послужили:

– положения компетентностного подхода в образовании (А. Л. Андреев, В. И. Байденко, В. А. Болотов, Э. Ф. Зеер, И. А. Зимняя, В. В. Сериков, Ю. Г. Татур, А. В. Хуторской);

– подходы к формированию информационной компетентности в учебных заведениях различных типов и уровней (А. П. Базаева, А. В. Вишнякова, А. М. Витт, А. П. Мещеркин, А. В. Прилепина, М. В. Романова, Н. П. Табачук);

– теория периодизации возрастных этапов развития личности (А. С. Белкин, П. П. Блонский, Л. И. Божович, Л. С. Выготский, Н. С. Лейтес, Д. И. Фельдштейн, В. Д. Шадриков);

Методы исследования.

Теоретические: анализ педагогической, психологической и научно-методической

литературы по проблеме исследования; анализ документов по вопросам общего и дополнительного образования, действующих программ учреждений дополнительного образования детей, учебных пособий, методических материалов; анализ понятийного поля проблемы, специализированной литературы и обобщение педагогического опыта по теме исследования.

Эмпирические: тестирование, анализ работ школьников, математическая обработка экспериментальных данных.

Результаты исследования, обсуждение. Наиболее популярной платформой для организации занятий по робототехнике в большинстве учебных заведений России является конструктор Lego Education Mindstorms EV3. Высокое качество деталей конструктора LEGO сочетается с достаточной прочностью, безопасностью, простотой сборки, не требующей специальных инструментов. Имеется методическая и дидактическая поддержка различных наборов в виде пошаговых инструкций, рекомендаций для педагога, разработок занятий, учебных курсов. Применение Lego Education Mindstorms EV3 в образовательном процессе делает решение сложных задач увлекательным исследовательским процессом, позволяя усвоить не только знания по изучаемой теме, но и освоить инструмент для изучения любых других тем. Платформа EV3 задумана как уникальный инструмент для поиска творческих альтернативных решений, способствует развитию навыков работы в команде, совместной реализации идей и проектной деятельности, может использоваться для обучающихся в возрасте от 10 до 18 лет. Система программирования конструкторов должна быть адаптирована для соответствующего возраста [2]. Поэтому при использовании таких конструкторов в образовательных целях большое внимание уделяется средствам программирования.

В образовательной робототехнике очень популярны среды программирования, ис-

пользующие визуальные языки, поскольку они проще в использовании и нагляднее, чем текстовые. В конструкторе Lego Education Mindstorms EV3 долгое время использовалась среда EV3-G Lab – программное обеспечение, поставляемое в комплекте с конструктором. EV3-G Lab создана на основе LabVIEW от компании National Instruments и позволяет визуально программировать контроллеры EV3 (на языке G). Блоки, из которых создается программа, автоматически «сцепляются» друг с другом, имеют понятное и удобное для редактирования графическое представление. Тем не менее, у среды EV3-G Lab есть свои недостатки. Для образовательной робототехники это:

- отсутствие симулятора, т. е. в среде отсутствуют возможности отладить программу на симуляторе;

- полученные навыки программирования в среде EV3-G больше нигде применить, т. к. она используется только для программирования блока Lego Education Mindstorms EV3.

В конце 2019 года компанией Lego была выпущена среда программирования EV3 Classroom (LEGO MINDSTORMS Education EV3 Classroom). В основе новой среды программирования лежит графический язык Scratch. Подобный шаг в отношении вопроса программирования EV3 означает радикальную смену вектора, а также невозможность использовать для обучения программированию роботов на базе Lego наработанных ранее учебно-методических материалов.

Другой 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. Благодаря 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. 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 [9]. Как альтернатива сегодня существует несколько вариантов сред программирования контроллеров Arduino, в том числе на языке программирования Scratch.

Scratch (<https://stretch3.github.io/>) – кроссплатформенная визуальная среда программирования с открытым исходным кодом, разрабатываемая в Массачусетском Технологическом Институте для обучения школьников основам информатики. Программирование осуществляется посредством соединения блоков, напоминающих элементы мозаики. Scratch позволяет рисовать и запрограммировать простые графические объекты, называемые спрайтами.

Для разработки онлайн-версии среды программирования создатели Scratch использовали Blockly (поддерживается компанией Google) – библиотеку для создания среды визуального программирования, которая может быть встроена в произвольное веб-приложение. Blockly включает в себя графический редактор, позволяющий составлять программы из блоков, и генераторы кода для подготовки исполнения программы в среде веб-приложения. Для создания программ пользователь должен перемещать графические блоки, не прибегая к набору текстов, за исключением ввода значений констант. Визуальное программирование на Blockly освобождает пользователя от контроля за правильностью синтаксиса программы, что является большим подспорьем на стадии начального обучения

пользователя программированию.

По сути, среда Scratch состоит из нескольких компонентов:

1. Визуальный редактор, который представляет собой набор графических блоков определенной формы. Благодаря этому редактору, одни блоки Scratch соединяются с другими.

2. Интерпретатор, генерирующий и запускающий код программы, собранной из графических блоков. Этот компонент не имеет визуального представления, он скрыт от пользователей.

3. Пользовательский интерфейс. В нем можно увидеть результат работы программы.

На базе Scratch существует большое количество расширений и сред, позволяющих программировать различные робототехнические платформы. Преимуществами Scratch-подобных сред являются легкость в изучении, привлекательный пользовательский интерфейс, открытость и бесплатность, возможность отладки удаленного управления роботом с компьютера и загрузки кода для автономного исполнения. Существует также возможность исполнения программы на виртуальном спрайте, что может рассматриваться как отладка на симуляторе. Таким образом, Scratch хорошо подходит для применения на занятиях по информатике и робототехнике [4].

В 2021 г. нами была разработана модель повышения уровня владения сквозными цифровыми технологиями школьников и образовательный портал «Сквозные цифровые технологии для школьников» [7]. Одна из сквозных цифровых технологий – робототехника. Для обучения школьников программированию роботов мы решили использовать язык Scratch, что дает ряд преимуществ: наглядность, универсальность, легкость освоения. Освоив язык Scratch, школьники могут программировать практически любых роботов, встречающихся в образовательной робототехнике: Lego, VEX, Arduino, micro:bit, DOBOT, RoboMaster, mBot и др.

В связи с тем что в рамках проекта используются дистанционные технологии, мы разместили на портале «Сквозные цифровые технологии для школьников» (<https://cifra.nspru.ru/>) онлайн-уроки (в том числе видеоуроки) и задания по программированию роботов на различных онлайн-симуляторах в на языке Scratch.

Размещенные на портале материалы для обучающихся по изучению программирования на языке Scratch рассчитаны на самостоятельное освоение.

В качестве первого шага по игровому изучению программирования мы предложили игру *Blockly Game* (<https://blockly.games>).

Игра Blockly Game содержит в себе восемь обучающих этапов из мини-игр, каждая из которых включает десять уровней. Эта серия игр позволяет шаг за шагом вникнуть в принципы программирования на языке Scratch. Каждая мини-игра учит отдельным принципам – задавать цвет, форму объекта, приводить объект в движение, реагировать на движение других объектов. Программа состоит из блоков, отвечающих за определенные функции, в итоге пользователь видит, как программный код выглядит на языке JavaScript.

Далее обучающимся предлагается выполнить задания на различных онлайн-эмуляторах, используя Scratch.

Open Roberta Lab (<https://lab.openroberta.org/>)

Open Roberta – это облачная среда визуального программирования роботов, с интерфейсом языка Scratch. Программы, написанные с помощью Open Roberta, имеют собственную семантику и синтаксис на встроенном языке NEPO и работают через свою прошивку. Ее можно установить на SD-карту и запускать вместо оригинальной прошивки Lego EV3. С одной стороны, это создает дополнительные сложности. С другой – благодаря этому Open Roberta совместима с наборами Lego NXT, которые выпускались до EV3. В список поддержжи-

ваемых систем также входят Lego WeDo и Arduino.

VEXcode VR (<https://vr.vex.com/>)

VEXcode VR позволяет обучающимся быстро и легко начать программировать. VEXcode VR позволяет закодировать виртуального робота, используя среду блочного кодирования на основе Scratch Blocks или текстовое кодирование на основе Python. VEXcode VR основан на VEXcode, той же среде кодирования, которая используется для роботов VEX 123, GO, IQ и V5.

Microsoft MakeCode

MakeCode – это бесплатная браузерная платформа, с помощью которой можно создать программы на языке Scratch для множества устройств, от Arduino до роботов в Minecraft. В этом списке и LEGO Mindstorms EV3.

Версия редактора MakeCode <https://maker.makecode.com/> нацелена на поддержку плат от разных производителей, в том числе и Arduino, с упором на поддержку макетирования.

Версия Microsoft MakeCode для LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 (<https://makecode.mindstorms.com/>) предназначена для программирования роботов Lego EV3. В основном окне MakeCode можно составлять программу для EV3 из блоков. Форма блоков подсказывает, как их нужно выставлять, переменные выставляются списками в окошках внутри. Слева в режиме реального времени идет демонстрация программы. Из графического редактора одним кликом можно перейти в JavaScript – здесь также будет работать интерактивная демонстрация и выбор функций.

mBlock (<https://mblock.makeblock.com/>)

Программный продукт от компании MakeBlock – одного из лидеров в области создания базы для STEM обучения.

mBlock – среда визуального программирования, основанная на Scratch и позволяющая программировать различные микроконтроллеры.

Среда программирования mBlock, в пер-

вую очередь, была создана для работы с робототехническими наборами MakeBlock. Сегодня она активно используется как для MakeBlock, так и для самого широкого спектра плат Arduino.

Поддерживаются множество распротраненных вариантов плат, есть возможность управления устройствами в интерактивном режиме и простой механизм «загрузки» программ в устройства для их автономной работы.

AI Blocks (<https://mitmedialab.github.io/prg-extension-boilerplate/create/>)

Это совместный проект Personal Robots Group в MIT Media Lab и Amazon Future Engineer, разработанный в рамках программы «Демократизация ИИ для образования K-12». Он создан для облегчения взаимодействия обучающихся с искусственными интеллектами и моделями машинного обучения.

ArduBlock (<http://ardublock.ru/>)

Программное обеспечение ArduBlock – это среда программирования для Arduino, которая позволяет пользователю программировать визуальными блоками Scratch.

Преимущество ArduBlock в том, что он генерирует строки кода на модификации языка C++, используемого в Arduino IDE, т. е. ArduBlock генерирует тот же исходный код, что и Arduino IDE. В дополнение к блокам, которые являются буквальными переводами функций в библиотеки Arduino, она также предоставляет некоторые предопределенные блоки для работы с различными электронными компонентами [11].

Полученный в ArduBlock код можно переносить в эмулятор Autodesk Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>) для проверки работоспособности запрограммированных робототехнических конструкций при дистанционном обучении [3].

Основная цель этого исследовательского проекта состояла в том, чтобы проверить, может ли использование Scratch улучшить результаты обучения школьников программированию роботов на базе Arduino в рамках изучения сквозных цифровых технологий (курс «Робототехника»). На рис. 1 показан процесс, которому мы следовали в этом исследовании.



Рис. 1. Процесс проведения эксперимента

Исследование проводилось со школьниками 7-х классов школ Новосибирской области, не изучавших ранее программирование. Всего в исследовании приняло участие 74 школьника. Мы разделили выборку на две группы с общими характеристиками: контрольную группу ($n = 38$) и экспериментальную группу ($n = 36$). В контрольной группе программирование роботов на базе микроконтроллера Arduino преподавалось по традиционной методике (в среде Arduino IDE на языке C++) [1]. В экспериментальной группе для обучения программированию роботов на базе микроконтроллера Arduino использовался язык Scratch [6].

Эксперимент проводился в течение 16-часового курса с применением дистанционных технологий обучения. Мы создали несколько инструментов оценки для сбора информации на каждом этапе проекта. Первым инструментом был входной тест, а последним был экзамен для измерения приобретенных навыков программирования после прохождения курса.

Цель входного теста состояла в том, чтобы определить у учащихся уровень знаний программирования. Результаты его были использованы для анализа однородности групп в начале эксперимента.

Каждая группа изучала одинаковые понятия: переменные, условные операторы, циклы, ветвления и пр. и использовала блок-схемы для теоретического представления своих решений. Что касается практических занятий, то они проводились с использованием языка программирования C++ (контрольная группа) и Scratch (экспериментальная группа).

Для определения СОУ (степени обученности учащихся) при входном тестировании производилась диагностика по формуле В. П. Симонова [8]:

$$COY = (N(5)*100+N(4)*64+N(3)*36+N(2)*16+N(н.а)*7)/N, \quad (1)$$

где $N(5)$, $N(4)$, $N(3)$, $N(2)$ – количество учащихся, выполнивших работу на «5», «4», «3», «2» соответственно;

N – количество учащихся, выполнивших работу.



Рис. 2. СОУ при входном тестировании

Анализ данных входного тестирования демонстрирует, что результаты констатирующего этапа эксперимента показали недостаточный уровень степени обученности учащихся программированию. Так,

в контрольной группе (КГ) количество учащихся, находящихся на низком уровне обученности учащихся программированию, составило 91,0 % (СОУ = 9 %), в экспериментальной группе (ЭГ) – 89,0 %

(COУ = 11 %).

Для проверки различий между группами мы использовали критерий Стьюдента в предположении нормального распределения данных и однородности дисперсии [5].

Предлагаемый метод статистического анализа позволяет и не зная самих значений вероятностей попадания объектов обеих выборок в каждую категорию, так как метод требует только установления между ними соотношения равенства или отличия. Для определения этого соотношения можно воспользоваться значением статистики «Т», которая определяется по формуле:

$$T_{\text{набл}} = \frac{1}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^c \frac{(n_{i1} O_{2i} - O_{1i})^2}{O_{2i} + O_{1i}} \quad (2)$$

При уровне вероятности ошибки не более 5 %, то есть $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $\gamma = c - 1 = 3 - 1$, критическое значение критерия уровня степени обученности учащихся программированию $T_{\text{критич.}} = 5,99$, где α – принятый уровень значимости; c – число категорий.

Для определения среднего уровня СОУ мы использовали формулу показателя среднего балла:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_i x_i \quad (3)$$

где n_i – количество учащихся, получивших определённый балл,

x_i – балл, который получил ученик,

n – количество учеников,

k – максимальное количество баллов.

При подстановке в формулу (2) значений параметров получим $T_{\text{набл.}}$:

$$T_{\text{набл.}} \approx 0,47$$

То есть $T_{\text{набл.}} < T_{\text{критич.}}$ ($0,47 < 5,99$). Таким образом, полученные результаты не дают основания для подтверждения первой части нулевой гипотезы, то есть мы не можем утверждать, что СОУ до введения экспериментального комплекса у контрольной и экспериментальной групп различны. Соответственно, они одинаковы до введения экспериментального комплекса.

При подстановке в формулу (3) значений

параметров СОУ для контрольной группы (КГ) получили:

$$\bar{x} = 1,1$$

Для экспериментальной группы (ЭГ) получили:

$$\bar{x} = 1,1$$

Видим, что показатели среднего уровня СОУ до начала эксперимента одинаковы и являются низкими.

Формирующий этап эксперимента проходил в условиях дистанционного образовательного процесса в рамках внеурочной деятельности. В ЭГ для обучения программированию роботов на базе микроконтроллера Arduino использовался язык Scratch.

В КГ программирование роботов на базе микроконтроллера Arduino преподавалось по традиционной методике.

После проведения в КГ и ЭГ 16-часового курса в дистанционном формате был проведен экзамен. Учащиеся должны были выполнить ряд заданий по программированию микроконтроллера Arduino. Правильность работы программ проверялась в эмуляторе Autodesk Tinkercad. Оценивались работы по 100-бальной шкале, минимальный балл для сдачи курса – 70.

На рисунках 3 и 4 представлены результаты [10], достигнутые обеими группами на экзамене.

В частности, на рисунке 3 показано распределение баллов с помощью коробчатых диаграмм. Здесь можно заметить, что контрольная группа имеет явно худшие результаты по сравнению с экспериментальной группой. Примечательно, что более 75 % учащихся из контрольной группы получили оценки ниже минимума, необходимого для прохождения (70 баллов). Этот показатель выше у учащихся из экспериментальной группы.

Для демонстрации полученных результатов приведена столбчатая диаграмма на рисунке 4, которая показывает, что в экспериментальной группе увеличилась доля успешной сдачи экзамена учащимися, по сравнению с контрольной группой в 4 раза, т. е. с 10,5 % до 47,2 %.

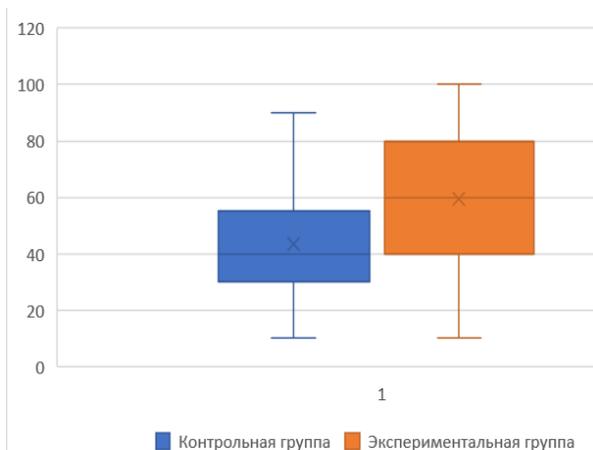


Рис. 3. Распределение баллов, набранных учащимися на экзамене



Рис. 4. Доля учащихся, успешно сдавших и не сдавших экзамены

Учащийся считается сдавшим экзамен, когда набран соответствующий балл больше или равный 70.

Мы подтвердили, что между КГ и ЭГ наблюдаются различия с помощью t-теста на равенство средних. Согласно расчетов, соответствующее значение p ($= 0,021$) меньше $0,05$, поэтому нулевая гипотеза (равенство средних) может быть отвергнута.

Заключение. Улучшение академических результатов учащихся в овладении

программированием робототехнических устройств может быть сложной задачей. Мы предложили новый педагогический подход на основе инструментария Scratch для преподавания предмета более наглядным и игровым способом, который оказался более привлекательным для большинства школьников. Это позволяло им быстрее ознакомиться с синтаксисом языка и углубиться в основы программирования. Scratch является инструментом, разра-

ботанным для школьников, однако сегодня является универсальным языком программирования для образовательной робототехники, с помощью которого можно решать задачи от программирования роботов до машинного обучения и искусственного интеллекта.

Кроме того, наши результаты показали приемлемый уровень удовлетворенности результатами в группе, которая использовала Scratch как технологический инструмент для обучения.

Что касается оценок, то экспериментальная группа набрала значительно больше

баллов, чем контрольная группа.

Таким образом, мы считаем, что предложенный нами подход в обучении учащихся программированию роботов увеличивает вероятность их успешной сдачи экзамена. В частности, обучающиеся, которые учатся с помощью Scratch, в четыре раза лучше сдали экзамен, чем те, кто учился в соответствии с традиционным методом.

Основываясь на этих результатах, можно сделать вывод, что включение Scratch в классы по основам программирования роботов внесет положительный вклад в качество результатов обучения.

Список источников

1. Варлашин В. В., Шмаков О. А. Методика преподавания робототехники на базе платформы Arduino в рамках дополнительного образования в общеобразовательных учреждениях // Робототехника и техническая кибернетика. – 2018. – № 2 (19). – С. 16–20.

2. Ершов М. Г. Робототехника как средство индивидуализации образовательного процесса по физике // Пермский педагогический журнал. – 2014. – № 5. – С. 104–109.

3. Маркушевич М. В. Организация дистанционного преподавания робототехники на базе микроконтроллера Arduino Uno в виртуальной среде Autodesk Tinkercad // Информатика в школе. – 2020. – № 8 (161). – С. 12–20.

4. Мордвинов Д. А., Литвинов Ю. В. Сравнение образовательных сред визуального программирования роботов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2016. – № 3. – С. 32–49.

5. Олейникова О. Д., Сидорина Т. В., Чечулин А. А., Худорошко Л. А. Введение в психологию и технологию научно-исследовательской деятельности: учебное пособие для аспирантов и соискателей. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 1999. – 220 с.

6. Самарина А. Е. Возможности использования визуальных сред программирования

Arduino в обучении робототехнике // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи: сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2018. – С. 40–46.

7. Сартаков И. В., Каменев Р. В., Ступина Е. Е., Ступин А. А., Классов А. Б. Разработка модели повышения уровня владения сквозными цифровыми технологиями в условиях персонализации образовательных траекторий школьников // Сибирский педагогический журнал. – 2022. – № 1. – С. 19–32.

8. Симонов В. П. Диагностика степени обученности учащихся: учебно-справочное пособие. – М.: МРА, 1999. – 48 с.

9. Чупин Д. Ю., Ступин А. А., Ступина Е. Е., Классов А. Б. Образовательная робототехника: учебное пособие. – Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. – 114 с.

10. Яковлев Е. В., Яковлева Н. О. Педагогическое исследование: содержание и представление результатов. – Челябинск: Изд-во РБИУ, 2010. – 317 с.

11. Müller Martin. Der kleine Hacker: Programmieren für Einsteiger mit Arduino: Spielerisch Grundkenntnisse der Elektronik erwerben und mit ArduBlock programmieren. – German: Franzis Verlag GmbH: 2017. – 98 p.

References

1. Varlashin, V. V., Shmakov, O. A., 2018. Methods of teaching robotics based on the Arduino platform as part of additional education in educational institutions. Robotics and technical cyber-

netics, no. 2 (19), pp. 16–20. (In Russ.)

2. Ershov, M. G., 2014. Robotics as a means of individualization of the educational process in physics. Perm Pedagogical Journal, no. 5,

pp. 104–109. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Markushevich, M. V., 2020. Organization of remote teaching of robotics based on the Arduino Uno microcontroller in the virtual environment of Autodesk Tinkercad. *Informatics at school*, no. 8 (161), pp. 12–20. (In Russ.)

4. Mordvinov, D. A., Litvinov, Y. V., 2016. Comparison of educational environments for visual programming of robots. *Computer tools in education*, no. 3, pp. 32–49. (In Russ.)

5. Oleinikova, O. D., Sidorina, A. A., Chechulin, T. V., Khudoroshko, L. A., 1999. Introduction to the psychology and technology of research activities: a textbook for graduate students and applicants. Novosibirsk: NSPU Publ., 220 p. (In Russ.)

6. Samarina, A. E., 2018. Possibilities of using Arduino visual programming environments in teaching robotics. Development of scientific and technical creativity of children and youth. Collection of scientific papers of the II All-Russian scientific-practical conference with international participation, pp. 40–46. (In Russ.)

7. Sartakov, I. V., Kamenev, R. V., Stupina, E. E., Stupin, A. A., Klassov, A. B., 2022. Development of a model for increasing R.V. the level of proficiency in end-to-end digital technologies in the context of personalization of schoolchildren's educational trajectories. *Siberian Pedagogical Journal*, no. 1, pp. 19–32. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Simonov, V. P., 1999. Diagnosis of the degree of learning of students: educational and reference manual. Moscow: MRA Publ., 48 p. (In Russ.)

9. Chupin, D. Y., Stupin, A. A., Stupina, E. E., Klassov, A. B., 2019. Educational robotics: textbook. Novosibirsk: Sibprint Publ., 114 p. (In Russ.)

10. Yakovlev, E. V., Yakovleva, N. O., 2010. Pedagogical research: content and presentation of results. Chelyabinsk: RBIU Publ., 317 p. (In Russ.)

11. Müller, Martin, 2017. Der kleine Hacker: Programmieren für Einsteiger mit Arduino: Spielerisch Grundkenntnisse der Elektronik erwerben und mit ArduinoBlock programmieren. German: Franzis Verlag GmbH, 98 p. (In German)

Информация об авторах

Р. В. Каменев, канд. пед. наук, доц., директор Института физико-математического, информационного и технологического образования, Новосибирский государственный педагогический университет, romank54.55@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9367-3997>, г. Новосибирск, Россия

Е. Е. Ступина, канд. пед. наук, доц., заместитель директора Института физико-математического, информационного и технологического образования, Новосибирский государственный педагогический университет, stupina.ee@yandex.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9114-344X>, г. Новосибирск, Россия

А. А. Ступин, канд. пед. наук, доц. кафедры информационных систем и цифрового образования Института физико-математического, информационного и технологического образования, Новосибирский государственный педагогический университет, aastupin@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2499-0112>, г. Новосибирск, Россия

А. Б. Классов, канд. техн. наук, доц. кафедры информационных систем и цифрового образования Института физико-математического, информационного и технологического образования, Новосибирский государственный педагогический университет, aklklas@mail.ru, г. Новосибирск, Россия

Information about the authors

Roman V. Kamenev, Cand. Sci. (Pedag.), Assoc. Prof., Professor, Director of the Institute of Physics and Mathematics, Information and Technology Education, Novosibirsk State Pedagogical University, romank54.55@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9367-3997>, Novosibirsk, Russia

Elena E. Stupina, Cand. Sci. (Pedag.), Assoc. Prof., Deputy Director of the Institute of Physics, Mathematics, Information and Technology Education, Novosibirsk State Pedagogical

University, stupina.ee@yandex.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9114-344X>, Novosibirsk, Russia

Andrey A. Stupin, Cand. Sci. (Pedag.), Assoc. Prof., Department of Information Systems and Digital Education of the Institute of Physics, Mathematics, Information and Technology Education, Novosibirsk State Pedagogical University, aastupin@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2499-0112>, Novosibirsk, Russia

Alexander B. Klassov, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Department of Information Systems and Digital Education, Institute of Physics, Mathematics, Information and Technology Education, Novosibirsk State Pedagogical University, alklas@mail.ru, Novosibirsk, Russia

Вклад авторов:

Ступин А. А. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; обоснование подходов в обучении школьников программированию; сбор эмпирических данных.

Каменев Р. В. – сбор эмпирических данных; обработка и анализ данных стандартизированных методик; оформление научного текста.

Ступина Е. Е. – проведение эксперимента, реализация исследования, оформление научного текста.

Классов А. Б. – проведение эксперимента, обработка, анализ и интерпретация данных эксперимента, оформление научного текста.

Contribution of the authors:

Stupin A. A. – scientific management; research concept; development of methodology; collection of empirical data.

Kamenev R. V. – collection of empirical data; processing and analysis of data from standardized methods; design of scientific text.

Stupina E. E. – conducting an experiment, implementing a study, designing a scientific text.

Klassov A. B. – conducting an experiment, processing, analyzing and interpreting experimental data, designing a scientific text.

Поступила в редакцию 12.06.2022

Принята редакцией 08.07.2022

Submitted 12.06.2022

Accepted by the editors on 08.07.2022