

УДК 373.6

DOI 10.54835/18102883_2023_33_5

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И РОБОТОТЕХНИКА В ШКОЛЕ: ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Пустыльник Петр Наумович, кандидат технических наук,
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры
технологического образования,
pustylnikpn@herzen.spb.ru

Институт информационных технологий и технологического образования,
Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена»,
Россия, 191186, г. Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48

Статья посвящена проблеме адаптации школьников к жизни в быстроизменяющейся среде обитания, насыщаемой робототехническими системами различного назначения. **Цель:** совершенствование методики профессиональной ориентации школьников путем внедрения в учебный процесс элементов инженерного образования и образовательной робототехники. **Методы:** анализ педагогической и методической литературы; наблюдение; описание; проведение педагогического эксперимента и анализ результатов педагогического эксперимента. **Методологическая основа:** системный, деятельностный и личностный подходы. **Результаты.** Показана трансформация содержания предмета «Технология» в процессе перехода к модульной структуре учебно-воспитательного процесса в школе и внедрению сетевого взаимодействия при реализации урочной и внеурочной деятельности для школьников 5–9 классов. Представлены результаты педагогического эксперимента (2016–2022 гг.) по внедрению элементов инженерного образования во внеурочную деятельность путем привлечения школьников к занятиям в кружке робототехники. Показано развитие инженерного образования в школе 258; участие в Национальной технологической олимпиаде (трек 8–11 класс), на юношеском чемпионате «Фабрика навыков» (6–11 классы) и чемпионате «Профессионалы», юниоры (8–9 классы). Уточнено понятие «образовательная робототехника». Представлена методика обучения основам робототехники по годам обучения. Проанализировано современное состояние образовательной робототехники в школе, выделены проблемы спортивной робототехники: недостаток квалифицированных педагогов дополнительного образования, отсутствие спортивных разрядов для участников соревнований и категорий для судей робототехнических соревнований. Показаны направления совершенствования: методической системы подготовки учителей; регламента робототехнических соревнований; системы мотивации школьников путем создания сетки разрядов для участников робототехнических соревнований и введению дополнительных баллов абитуриентам (по аналогии с ГТО). Статья написана с целью обмена информацией и для обсуждения в педагогическом сообществе.

Ключевые слова: инженерное образование, образовательная робототехника, робот, профессиональная ориентация, школа, школьник, учитель.

Актуальность

Быстроизменяющаяся среда обитания, насыщаемая робототехническими системами различного назначения, требует адаптации школьников к жизни в условиях меняющихся требований рынка труда. Общеизвестно, что с 2022 г. против России страны ЕС ввели несколько пакетов экономических санкций. Часть иностранных производителей прекратили работу в РФ, что способствовало реализации программы импортозамещения с развитием отечественных промышленных предприятий. На рынке труда возрос спрос на высококвалифицированных работников для обслуживания станков с ЧПУ, роботизированных технологических линий, 3D-принтеров (в различных отраслях) и т. д. Но одновременно с этим в обществе возрастает потребность в

знаниях о возможностях информационных технологий (ИТ): может ли искусственный интеллект (ИИ) полностью заменить человека в системах управления технологическими и социальными процессами?

Эксперименты с нейронными сетями привели к появлению ChatGPT, который пробуют использовать: студенты – для написания курсовых и дипломных работ; программисты – для написания кодов и т. д.

Школа должна формировать у школьников положительный образ профессий, которые нужны социуму, следовательно, работники школ должны научиться использовать ИИ в профессиональной ориентации школьников.

У школьников 1–7 классов наблюдается несовпадение образа конкретной профессии (сформированного у школьника) и реальной

профессией (условия труда, социальный статус, доход и т. д.). Это формирует проблему: чему и как надо учить школьников, чтобы они могли обосновать свой выбор профессии?

В XXI в. в школах РФ реализовано профильное обучение по направлениям: математика, физика, химия, биология, иностранный язык и т. д., но только в 2022 г. началась организация инженерных классов (ИК). Целью обучения в ИК является формирование положительного образа профессий в сфере ИТ. В процессе обучения в ИК школьники должны ознакомиться с основами робототехники, 3D-принтерами, схемотехникой и т. д., а также посещать различные ИТ-компании. Выделение грантов на приобретение оборудования для ИК сформировало еще одну проблему: в школах не хватает учителей, умеющих обучать школьников различным направлениям образовательной робототехники.

Гипотеза исследования: Внедрение образовательной робототехники как элемента инженерного образования в процессе урочной и внеурочной деятельности (предмет «Технология») в сочетании с сетевым взаимодействием школы с различными организациями может способствовать профессиональной ориентации школьников.

Новизна. При исследовании изменения профессиональной ориентации школьников в процессе внедрения элементов инженерного образования в учебный процесс было уточнено отличие образовательной робототехники от робототехники.

Цель. Совершенствование методики профессиональной ориентации школьников путем внедрения в учебный процесс элементов инженерного образования и образовательной робототехники.

Обзор литературы

В [1] перечисляются: нормативно-правовые акты, регулирующие образование в школе, и различные федеральные программы и проекты в сфере образования; представлен обзор механических устройств с VI в. до н.э. до XX в., дан исторический обзор внедрения робототехники в систему дополнительного образования в XX в. и начале XXI в. Но в УП нет определения понятия «образовательная робототехника» (ОР/Т), нет методологии обучения робототехнике студентов педагогического университета. Необходимо уточнить содержание понятия ОР/Т.

В [2] сформулировано понятие «робототехника» – это «наука и практика проектирования, производства и применения роботов», а определения понятия «образовательная робототехника» в ГОСТ нет. Необходимо уточнить содержание понятия ОР/Т.

В [3] представлено сравнение содержания понятия «робототехника» (Р/Т) из СМИ, но нет определения из ГОСТ, а также не дано понятие «образовательная робототехника», хотя упоминается понятие «образовательный робототехнический набор». Большая часть пособия – это материалы по EV3 с сайта производителя Lego. Необходимо уточнить содержание понятия ОР/Т.

В [4] дана структура дисциплины «Робототехника в STEAM-образовании», но не даны понятия «робототехника» и «STEAM-образование». STEAM-образование построено на проектном подходе, междисциплинарном обучении с ключевыми предметами: физика, химия, биология, литература, музыка и изобразительное искусство, а также дизайн и архитектура. Поэтому STEAM-образование можно рассматривать как инженерное образование.

В [5] дано перечисление федеральных проектов в области образования, часто упоминается понятие «образовательная робототехника», но содержания этого понятия в тексте нет. Необходимо уточнить содержание понятия ОР/Т.

В [6] часто упоминается понятие «образовательная робототехника», но содержания этого понятия в тексте нет. Необходимо уточнить содержание понятия ОР/Т.

В [7. С. 20] ОР/Т определяется как «система воспитания и обучения личности, которая за счет автоматизированных технических систем способствует формированию инженерного мышления». Это определение несколько размыто, но в статье даны варианты STEM-образования школьников в Германии, Китае, США, Южной Кореи и Японии, в которых робототехника и 3D-печать занимают большой объем учебного времени. STEM-образование, как и STEAM-образование, можно рассматривать как инженерное образование.

В [8] отмечено противоречие между освоением робототехники и отсутствием методики по одновременному формированию универсальных учебных действий (УУД) в основном общем образовании (ООО), но нет формулировок понятий «робототехника» и «образо-

вательная робототехника». Однако представлена классификация видов ОР/Т: модульная (образовательные робототехнические конструкторы – ОРК), творческая (ВЕАМ-роботы, платформа Arduino и др.), смешанная (готовые наборы для сборки, пайки и т. д.) и готовые устройства (не требуют сборки). Один из результатов: разработана методика обучения робототехнике с одновременным формированием УУД. Необходимо уточнить содержание понятия ОР/Т.

В 2021 г. была принята новая программа предмета «Технология» [9], построенная по модульной схеме с разделением учебного материала на два блока: инвариантные и вариативные модули. Дана схема построения учебного курса с выделением модулей:

а) инвариантные: Производство и технология; Технология обработки материалов и пищевых продуктов;

б) вариативные: Робототехника; 3D-моделирование, прототипирование, макетирование; Компьютерная графика. Черчение; Автоматизированные системы; Животноводство и Растениеводство.

Для школьников мира профессий представлен по областям: Природа, Техника, Знак, Человек и Художественный образ. В робототехнике изучают: алгоритм, исполнитель, робот, робототехнические проекты, 3D-принтер, понятие ИИ. Примерная программа предмета «Технология» была использована как основа для построения учебного процесса в ИК.

В [10] была отмечена неэффективность механизмов профессионального самоопределения школьников. Указанная проблема фактически стала решаться шесть лет назад, но только с 2022 г. стали организовываться инженерные классы с предоставлением грантов на улучшение материально-технической базы школ. Выводы, изложенные в диссертации, использованы при разработке методики для обучения школьников в ИК.

В [11] об эффективности использования роботов в учебной программе показано, что необходимо исследовать влияние робота на поведение и развитие ребенка, так как не хватает экспериментальных данных для количественного анализа. Отмечено, что применение роботов в образовательном процессе повышает успеваемость детей в математике и развивает языковые навыки. Этот вывод инициировал изучение изменений поведения и успеваемости школьников, посещающих во

внеурочное время кружок робототехники в школе 258 (г. Санкт-Петербург): знание физики (раздел механика) более глубокое у школьников после первого года занятий в кружке по сравнению со школьниками, не занимавшимися в кружке.

В [12] сделан вывод, что образовательная робототехника – это стык творчества, учебной деятельности и познания, поэтому сейчас формируется общий язык среди психологов и инженеров. Отмечено, что проектирование и программирование роботов развивает творческие способности студентов. Сделано предположение: что при предоставлении модели человеческого творчества для проектирования машин, психология получит новые идеи от внедрения и верификации этих моделей в роботах. Сотрудничество между психологами и робототехниками будет способствовать лучшему пониманию развития творческих людей и роботов. Выводы статьи инициировали анализ результатов робототехнических соревнований, в которых участвовали как школьники, так и студенты, что привело к составлению поправок в регламент фестиваля РобоФинист (номинация Аквароботы).

В [13] обсуждается эффективность STEM-обучения для 6–8 классов в штате Огайо. Дано описание учебной программы и стандартов образования. Сделаны сравнения STEM-обучения в Огайо, Пенсильвании и Западной Вирджинии. Представлены результаты исследования учащихся по полу, расе и социальному статусу. Выполнен многоуровневый статистический анализ с помощью иерархического линейного моделирования (Hierarchical Linear Modelling – HLM), который показал, что STEM положительно влияет на успеваемость учащихся по математике и естественным наукам. Обучаемые по STEM набрали больше баллов по OST (out-of-school time), чем их сверстники в обычной школе: по математике на 31,8 балла больше, а по естественным наукам на 38,2 балла больше. Не было выявлено никаких эффектов между участием в STEM и полом, социально-экономическим статусом, расой студентов и уровнем посещаемости. Это важно для руководителей сферы образования: они должны знать о влиянии STEM-обучения и проектного обучения (Project Based Learning – PBL) на успеваемость учащихся. Результаты показывают, что STEM-обучение в средней школе оказывает положительное влияние на успеваемость учащихся. Эти ре-

зультаты инициировали изучение влияния занятий в кружке робототехники (школа 258, г. Санкт-Петербург) на школьников начальной и основной школы.

В [14] проанализировано развитие STEM-обучения и современное состояние STEM-образования и роли учителей в нем. В STEM-образовании естественные науки и математика – это узнаваемые области, а технология и инженерное дело недофинансированы в сфере образования. Если технологическое образование – это проблемное обучение, то образовательная технология – это использование технологии для обучения. Таким образом, образовательная технология использует технологии в педагогических методах обучения и оценки. Преподаватели технологии могут использовать образовательные технологии для проведения уроков и для оценки; однако путаница между этими двумя дисциплинами, очевидно, является проблемой для большинства преподавателей. Руководители ITEEA (International Technology and Engineering Educators Association) изменили название с «Технологического образования» на «Технологическое и инженерное образование», чтобы уточнить терминологию. Уточним, что для работы в ИК надо привлекать учителей ключевых дисциплин, но это предполагает применение мер мотивации учителей.

В [15] обосновано, что образовательная робототехника мотивирует школьников к изучению программирования, а также является инструментом для STEM-обучения. Отмечено, что у учителей мало материалов для подготовки уроков робототехники. Дана информация об исследовании на стыке нейроразнообразия и образовательной робототехники, которое было частью более крупного проекта – Робототехника для инклюзивного развития нетипичных и типичных детей (8–14 лет). Результаты показали, что у участников проекта улучшились способности к конструированию. Эти результаты учтены при совершенствовании методики профессиональной подготовки школьников ИК.

В [16] описаны преимущества использования роботов в классе, и отмечено, что образовательная робототехника позволит учителям не только мотивировать и вдохновлять своих учеников, но и персонализировать процесс обучения в соответствии с потребностями и склонностями каждого ученика. Это способствует совершенствованию методики преподавания. ОР/Т помогает детям с такими диа-

гнозами, как аутизм, дефицит внимания или нарушения развития, развивать социальные и коммуникативные навыки. Представлены примеры роботов, которые уже появились в классах:

- Каспар – социальный робот для детей с аутизмом;
- Анастасия – роботизированная рука, разбирающаяся в шахматах;
- DOBOT – роботизированная рука, подающая стакан с водой;
- Роботы Pepper и NAO – повышают концентрацию внимания школьников, способствуют творчеству и инновациям, повышают самомотивацию и самооценку, развивают аналитическое мышление, поддерживают развитие социальных и эмоциональных навыков, способствуют общению с другими школьниками и предоставляют учителям подробную обратную связь о развитии каждого ученика;
- Элиас – социальный обучающий робот.

В [17] описано обучение на основе проекта (i-STEM PjBL): изучение базовой структуры и компонентов робота, принципов движения робота, конструкции корпуса, принципов навигации на парусных лодках и навыков проектирования и сборки парусных лодок. Показано, что i-STEM PjBL полезно, но учебных материалов по программированию недостаточно. Поэтому школьники чувствовали себя брошенными и плохо учились программированию, то есть программирование было сложным испытанием. Элементы в i-STEM PjBL включали инженерное проектирование, но их надо изучать в 5–9 классах. В обучении применяли самодельных роботов-парусников с использованием робототехнических наборов. Учителям следует предоставлять учащимся больше практики и времени на программирование, а также улучшать учебные пособия.

В [18] показано, что креативность – это открытый набор навыков творческого мышления и практических знаний, которые учителя могут развивать с помощью междисциплинарного педагогического подхода на основе модели STEAM-обучения. Отсутствие у учителей знаний о междисциплинарном сотрудничестве создало проблемы с внедрением STEAM в школах. Сообщество практиков (CoP) способствует негласному распространению знаний для поощрения творчества посредством цифровой поддержки. Показано, как в системе Digital-CoP используется подход смешанных

методов для распространения знаний в области STEAM.

Результаты [16–18] учтены в программе для ИК.

В [19] отмечено, что профориентационная работа – это социально-профессиональная адаптация с формированием у школьника готовности к получению высшего образования, но не рассмотрен вариант, когда школьник ориентирован на обучение в учреждениях среднего профессионального образования (СПО). Представлена процессная модель (на основе деятельностного подхода) профориентационной работы со школьниками в рамках довузовской подготовки с учетом организационно-образовательных рисков при рассогласовании требований рынка труда и возможностей системы образования. К сожалению, в модели «школа–вуз» не рассматривались учреждения СПО.

В [20] отмечено, что образ профессии у школьника влияет на выбор профессии. Поэтому необходимо педагогическое сопровождение создания положительного образа профессии у школьников, что предполагает ознакомление школьников с содержанием разных профессий на основе деятельностного подхода. Разработанная процессуально-деятельностная модель не касается экономической составляющей профессий, а большинство школьников всегда задают вопрос: Сколько платят?

На основании изложенного можно предположить, что STEM-обучение по содержанию близко к инженерному образованию в школе, так как в инженерном классе школьники работают с робототехническими конструкторами (РТК) и робототехническими наборами (РТН), участвуют в Национальной технологической олимпиаде (трек 8–11 класс), на юношеском чемпионате «Фабрика навыков» (6–11 классы) и Международном фестивале «РобоФинист».

Изучение научных и учебных материалов позволило автору сформировать учебные программы:

1) для школьников:

- а) первый год обучения: работа с РТК и участие в робототехнических соревнованиях;
- б) второй год обучения: работа с РТН и РТК и участие в робототехнических соревнованиях, конкурсах и олимпиадах;
- в) третий год обучения и далее: изучение школьниками учебной и научной лите-

ратуры по выбранной профессии; участие в робототехнических соревнованиях, конкурсах и олимпиадах;

2) для студентов:

- г) бакалавриат: конструирование роботов и программирование в визуально-графических средах; на Си-подобных языках программирования; участие в робототехнических соревнованиях в роли участников и судей;
- д) магистратура: конструирование роботов и программирование на Python, Си-подобных языках программирования; участие в робототехнических соревнованиях, конкурсах и олимпиадах в роли судей и руководителей школьных команд.

Методы: анализ педагогической и методической литературы; наблюдение; описание; проведение педагогического эксперимента и анализ результатов педагогического эксперимента. Методологическая основа: системный, деятельностный и личностный подходы.

Этапы исследования

Первый этап (2016–2019):

- а) преподавание робототехники в РГПУ им. А.И. Герцена (студентам бакалавриата и магистратуры) и в рамках внеурочной деятельности в школе 258 (учитель информатики по совместительству);
- б) обучение в магистратуре РГПУ им. А.И. Герцена; изучение научной педагогической литературы.

Второй этап (2019–2022):

- в) преподавание робототехники в РГПУ им. А.И. Герцена (студентам бакалавриата и магистратуры) и в рамках внеурочной деятельности в школе 258 (учитель информатики по совместительству);
- г) работа наставником школьников в Национальной технологической олимпиаде (НТО, трек 8-11 класс);
- д) работа экспертом в чемпионатах WSR Junior (разного уровня) в категории «Мобильная робототехника» и прием демонстрационного экзамена («Мобильная робототехника») в колледже Электроники и Приборостроения (г. Санкт-Петербург)
- е) работа руководителем команд школьников и судьей на робототехнических соревнованиях разного уровня в категориях «Мобильная робототехника» и «Аквароботы».

Результаты

В СМИ при описании ОР/Т часто указывают только два взаимосвязанных направления обучения: Конструирование и Программирование, но это некорректно. Занятие образовательной робототехникой неразрывно связано с профессиональной ориентацией школьников, что предполагает ознакомление с различными технологиями: производственными, медицинскими, военными и т. д.

Среду обитания человека можно разделить на сферы: производственную и социальную, вооруженные силы и органы правопорядка и т. д. Отметим, что технологии во всех сферах непрерывно меняются, но существуют промышленные комплексы, образующие систему технологий с устойчивыми связями, которые неизменны на протяжении XX в. и XXI в.: металлургический комплекс (МК), машиностроительный комплекс (МСК) и топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Для иллюстрации связей между комплексами можно построить цепочку: МК (черная и цветная металлургия) → (металлопрокат, поковки и литье) → МСК (машиностроительные отрасли) → (машины, оборудование) → ТЭК (электроэнергетика, добывающие отрасли (газовая, нефтяная, угольная, сланцевая и т. д.)) → (электроэнергия, газ, нефть, уголь, сланец и т. д.) → и т. д. Учитель технологии должен уметь рассказать школьникам, как робототехнические системы используются в различных промышленных комплексах, но для этого необходима корректность в терминологии.

В научных трудах наблюдается попытка разобраться с робототехнической терминологией, применяемой в образовании. На основе анализа научной литературы можно предположить, что авторы российских публикаций не утруждают себя изучением ГОСТ с целью уточнения используемой терминологии. Результат сопоставления содержания понятий «робототехника» и «образовательная робототехника» можно показать как таблицу, описывающую понятия как системы, состоящие из трех подсистем (Таблица).

Рассмотрим подсистемы в робототехнике:

1) научные исследования: прикладные в области проектирования роботов (формулирование проблем в среде обитания человека, которые можно решить с помощью роботов);

2) создание роботов: в каждой сфере – свои технологии и задачи, поэтому для решения конкретной задачи создаются свои роботы, которых можно классифицировать по разным признакам:

2.1) по среде перемещения: летающий, мобильный, надводный и подводный;

2.2) по конструкции: самолетного типа или коптер; колесный, гусеничный или шагающий; катер или катамаран; торпеда или батискаф и т. д.

2.3) по назначению: промышленный, медицинский, военный и т. д.

3) эксплуатация роботов: в процессе создания робота разрабатываются:

3.1) требования, знание которых необходимо для управления роботом (алгоритмы действий в конкретной ситуации и требования техники безопасности (рис. 1));

3.2) требования, знание которых необходимо для обслуживания робота в процессе эксплуатации (рис. 2).

Таблица. Содержание понятий «робототехника» и «образовательная робототехника»
Table. Content of the concepts of «robotics» and «educational robotics»

Робототехника Robotics	Образовательная робототехника Educational Robotics
Научные исследования Scientific research	Дидактика Didactics
Создание роботов Creation of robots	Методика Methodology
Эксплуатация роботов Robot operation	Профессиональная ориентация Career guidance

В образовательной робототехнике другие подсистемы:

1) дидактика (научные исследования): анализирует учебную и воспитательную составляющие учебного процесса;

2) методика (разработка): методические материалы по преподаванию образовательной робототехники помогают преподавателям научить школьников:

2.1) конструировать роботов из РТК или с помощью РТН;

2.2) программировать собранных или готовых роботов;

2.3) участвовать в робототехнических соревнованиях, конкурсах, олимпиадах и т. д.;

3) профессиональная ориентация: создание у школьников положительного образа профессий, необходимых на рынке труда.

Перечислим возможные образы профессии: положительный, нейтральный и отрицательный. Следует отметить, что представление о профессии меняется со временем, так как жизненный опыт влияет на восприятие образа профессии: положительный образ может превратиться в отрицательный образ, и наоборот.



Рис. 1. Требования техники безопасности
Fig. 1. Safety requirements

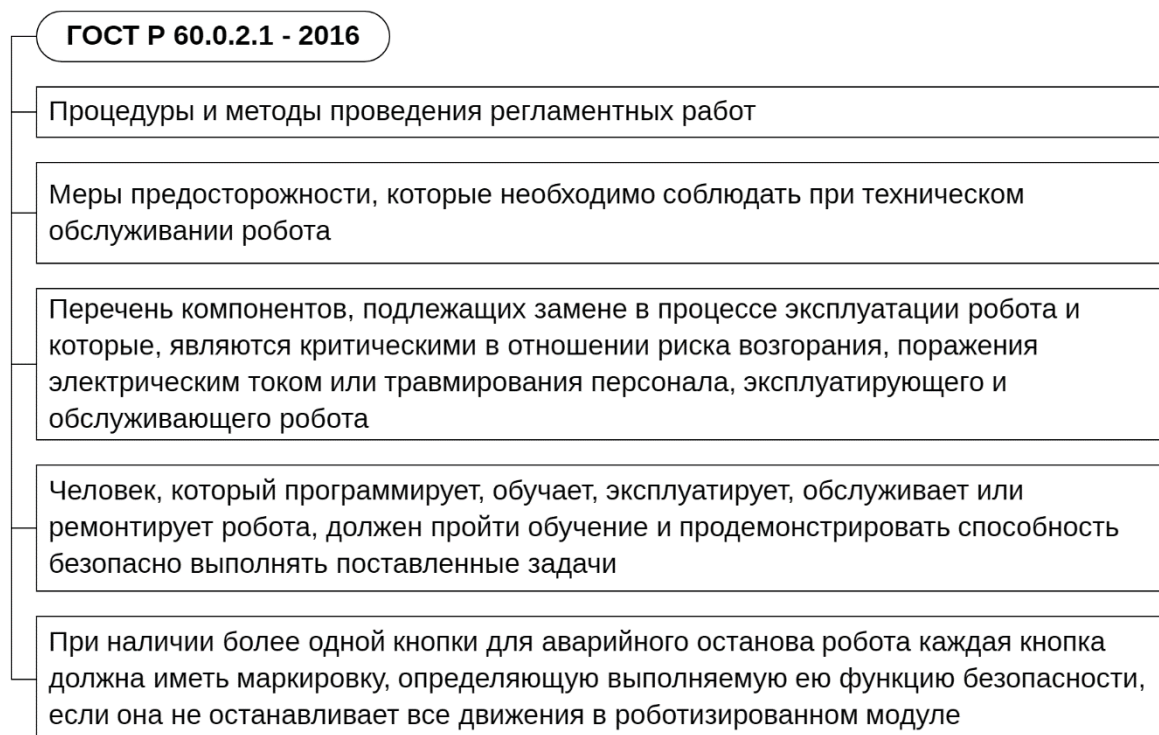


Рис. 2. Требования техники безопасности для обслуживания робота
Fig. 2. Safety requirements for robot maintenance

Внеурочная деятельность, дополнительное образование, СМИ, общение с родителями и друзьями способствуют получению школьниками некоторых знаний о мире профессий и ситуации на рынке труда, что приводит к формированию представления о профессии (на основе эмоционального оценивания профессий) – мечте, которая может быть реализована (рис. 3). Можно составить цепочку: Знания о мире профессий (рынка труда) → Эмоциональное оценивание → Формирование образа профессии → Профессиональное самоопределение (профессиональные пробы) → Выбор профессии (обоснование выбора профессии).

ОР/Т следует рассматривать как один из инструментов адаптации детей к непрерывно трансформирующейся технологической сфере, которая меняет ситуацию на рынке труда. Перечислим элементы образовательной робототехники:

- а) РТН: робототехнические наборы (сборка робота на основе плат Arduino и т. п.);
- б) ОРТК: образовательные робототехнические конструкторы (сборка робота с установкой контроллера);

- в) схемотехника (беспаячные конструкции и с пайкой элементов: BEAM-роботы и т. п.);
- г) готовые роботы.

Обучение ОР/Т осуществляется по схеме: новая информация → закрепление → контроль → оценка (робот или выполняет задание, или нет).

Для приобщения школьников к программированию роботов следует применять программирование в визуально-графических средах (BGC) и виртуальных мирах: TRIKStudio, Colobot и т. д.

В ОР/Т можно выделить два направления:

- а) спортивная робототехника: школьники соревнуются на точность выполнения задания или на скорость прохождения трассы;
 - б) техническое творчество: школьники создают проекты различной сложности, участвуют в олимпиадах и инженерных конкурсах.
- В спортивной робототехнике не решены следующие проблемы:

- а) недостаток квалифицированных педагогов: на робототехнических соревнованиях это проявляется в том, что результаты участников одной возрастной категории различаются в разы;

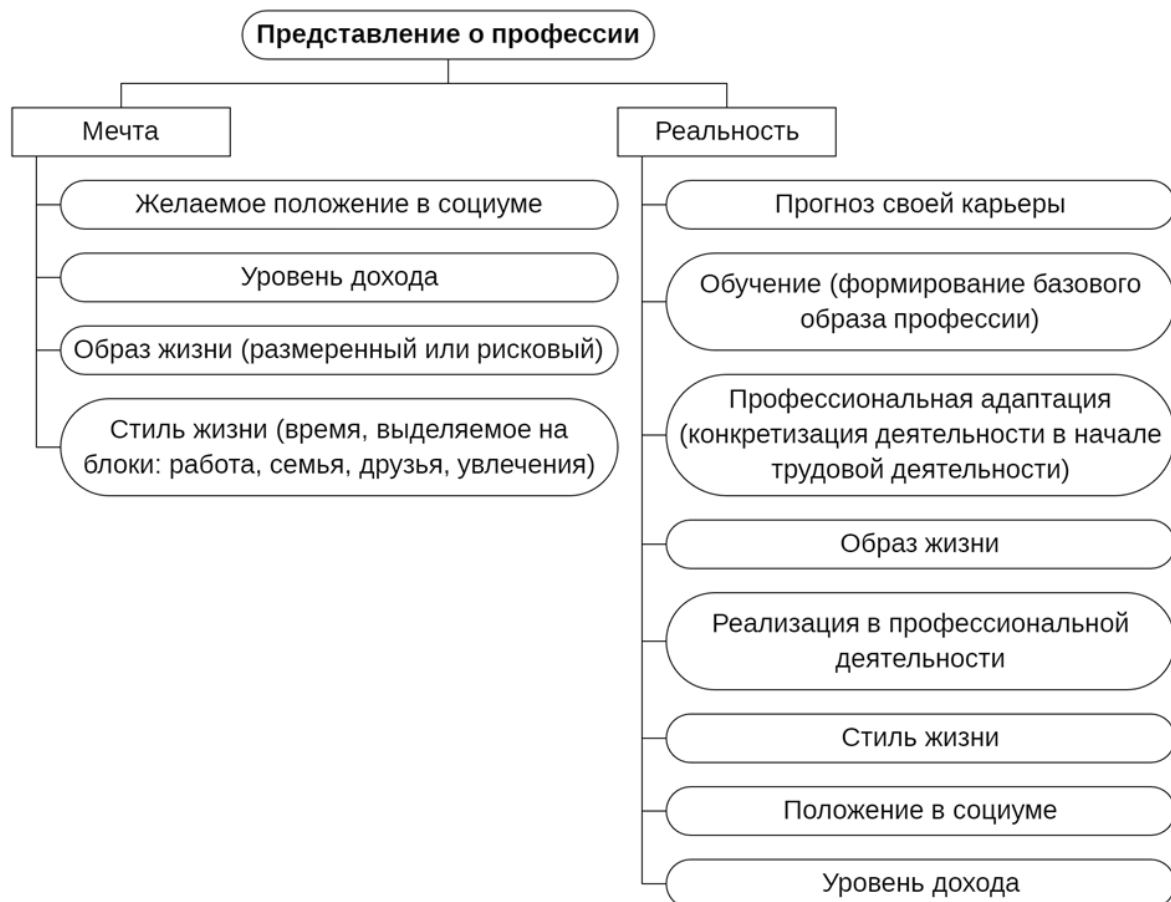


Рис. 3. Представление о профессии
Fig. 3. Vision of the profession

- б) отсутствие спортивных разрядов для участников робототехнических соревнований: школьники после 7 класса уходят из робототехники в программирование, так как 100 баллов по информатике на НТО упрощает поступление в вуз; спортивный разряд и знак ГТО дают дополнительные баллы при поступлении в вуз;
- в) отсутствие категорий для судей робототехнических соревнований: судьи не имеют мотивации повышать свою квалификацию (главное знать текущий регламент соревнований).

Необходимо:

- а) создать сетку разрядов для участников робототехнических соревнований, чтобы робототехники-разрядники могли получать дополнительные баллы при поступлении в технические вузы и колледжи;
- б) разработать требования для категорий судей;
- в) формулировать положения регламента робототехнических соревнований, не допускающих двойственного толкования, чтобы исключить поток жалоб и апелляций от руководителей команд, которые каждое решение судей пытаются оспорить (если команда проигрывает).

Инженерное образование в школе состоит из несколько учебных блоков (УБ): работа с ручным инструментом, 3D-моделирование и 3D-печать, образовательная робототехника, основы искусственного интеллекта и т. д. Каждый УБ завершается выполнением практического задания или проекта. Это упрощает понимание об уровне знаний и умений школьника и способствует адаптации школьников к меняющейся среде обитания.

Об успешности адаптационных мероприятий можно судить по цифровому следу человека, проходящего обучение в ОУ и ДООУ. В цифровом следе человека можно выделить три блока: учебный (аттестаты об образовании, дипломы ОУ), научный (аспирантура, докторантура, научные публикации) и карьерный (записи в трудовой книжке, достижения на соревнованиях, конкурсах и т. д.).

В инженерном образовании в школе главным источником информации является учитель (не фасилитатор и не координатор), так как учитель дает информацию, позволяющую сформировать системное представление об изучаемом предмете: конструирование, программирование, создание материального

объекта и т. д. Так как все технологии в XXI в. меняются, будущий учитель (студент) должен знакомиться с материалами различных конференций и выставок. В процессе обучения в бакалавриате, при получении базовых знаний, у студента должна сформироваться мотивация к непрерывному самообразованию. Если студент, кроме учебы в вузе на оценку «отлично», участвует с докладами в различных конференциях, выставках и т. д., то к его учебному цифровому следу добавляется научный.

На формирование положительного образа профессий у школьников направлено участие в Национальной технологической олимпиаде (НТО) и Всероссийской олимпиаде школьников (ВсОШ). В НТО в 2022 г. было открыто 39 профилей для школьников 8–11 классы. Учителя могут стать наставниками НТО (существует система подготовки наставников).

Для внедрения инженерного образования и образовательной робототехники в школах открывают ФабЛабы, IT-кубы, ИнфинИТИ, инженерные классы и т. п. Школьники могут заниматься в учреждениях дополнительного образования (УДО): ЦДЮДТТ, Кванториуме, ТехноПарке и т. п. Следует отметить, что если урочная работа регламентирована ФГОС, то внеурочная работа ограничена возможностями людей, работающими в общеобразовательном учреждении (ООУ).

Пример 1. Школа 258 (г. Санкт-Петербург) весной 2022 г. выиграла грант на осуществление сетевого проекта «Terra Incognita 2.0» (продолжение проекта «Terra Incognita») и создание инженерного класса (школьники 8–11 классов). На грант закупается оборудование: 3D-моделирование (Компас) и 3D-принтер, а также станки: фрезерный и лазерный. В инженерном классе будет углубленное изучение математики, физики и информатики, а также создание проектов для выступления на конференции «Инженеры будущего» (январь–февраль 2023 г.). Создается сетевое сообщество: школы, технические вузы и колледжи, а также предприятия ООО «ИЗ-Картекс» (карьерные экскаваторы) и ООО «Моторика» (бионические протезы) для совершенствования профориентационной деятельности. Разработка учебных проектов предполагает: 1) применение творческого мышления при создании проекта; 2) логичность и ясность при презентации своего проекта. Проект «Terra Incognita 2.0» поддерживает школьников, участвующих в предметных олимпиадах и в НТО, так как

участие в НТО рассматривается как вариант профориентационной работы. В финале НТО 2022 г. учащийся 11 класса Калинин Георгий стал победителем в номинации «Разработка компьютерных игр».

Пример 2. В РФ профориентационная работа последних лет была направлена на международные конкурсы профессионального мастерства, но в 2022 г. (из-за санкций со стороны ЕС) WorldSkills Russia (WSR) вышла из WorldSkills International (WSI) и WorldSkills Europe (WSE). Поэтому Академия цифровых технологий (АЦТ, г. Санкт-Петербург) в 2022 г. организовала Фабрику навыков (ФН). 30.11.2022 был проведен тестовый юниорский чемпионат ФН (6–11 класс). Одна из компетенций – мобильные робототехнические системы, имеющие машинное зрение, элементы ИИ, электронику и работающие под управлением разрабатываемых программ устройства. Цель ФН: ознакомление школьников с работой конструкторов, программистов, кибернетиков и мехатроников. Участники выполняли задания с использованием конструктора Vex IQ, а недостающие детали либо изготавливали с помощью ручных инструментов, либо проектировали и распечатывали на 3D-принтере. Команды состояли из двух человек, выполнявших роли: инженер-механик и программист.

Пример 3. В период 16–20.04.2023 г. в АЦТ провели региональный чемпионат «Профессионалы» в номинации «Мобильная робототехника», юниоры (8–9 классы). Команды состояли из двух человек, выполнявших роли: инженер-механик и программист. Участники выполняли задания с использованием конструктора Studica, а недостающие детали либо изготавливали с помощью ручных инструментов, либо проектировали и распечатывали на 3D-принтере.

Выводы

Инженерное образование в школе состоит из несколько УБ: работа с ручным инструментом, 3D-моделирование и 3D-печать, образовательная робототехника, основы искусственного интеллекта и т. д. Каждый УБ завершается выполнением практического задания или проекта. Это упрощает понимание об уровне знаний и умений школьника.

Предложенная методика профессиональной ориентации школьников путем внедрения в учебный процесс элементов инженерного образования и образовательной робототехники включает:

- 1) посещение школьниками ИТ-компаний и предприятий, изготавливающих робототехнические конструкторы или наборы, высокотехнологичные изделия (бионические протезы для рук, различные роботы (воздушные, наземные, морские) и т. д.);
- 2) для приобщения школьников к программированию роботов применяется программирование в визуально-графических средах и виртуальных мирах: TRIKStudio, Colobot и т. д.;
- 3) участие школьников в различных робототехнических соревнованиях: чемпионатах «Фабрика навыков» (6–11 классы) и «Профессионалы» (8–9 классы), фестивале РобоФинист, Всероссийской робототехнической олимпиаде, РОББО-олимпиаде и т. п.;
- 4) проект «Terra Incognita 2.0» (школа 258):
 - а) изучение отдельных модулей предмета «Технология» с распределением учащихся школы между различными образовательными площадками (школами, техническими вузами и колледжами);
 - б) подготовка школьников к участию в олимпиадах и других мероприятиях инженерного направления.

Для повышения мотивации школьников заниматься спортивной робототехникой необходимо решить проблемы:

- а) создать сетку разрядов для участников робототехнических соревнований, чтобы робототехники-разрядники могли получать дополнительные баллы при поступлении в технические вузы и колледжи (по аналогии с ГТО);
- б) разработать требования для категорий судей;
- в) сформулировать положения регламента робототехнических соревнований, не допускающих двойственного толкования, чтобы исключить поток жалоб и апелляций от руководителей команд, которые каждое решение судей пытаются оспорить (если команда проигрывает).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Образовательная робототехника / Д.Ю. Чупин, А.А. Ступин, Е.Е. Ступина, А.Б. Классов. – Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. – 114 с.
2. Роботы и робототехнические устройства Термины и определения. ГОСТ Р 60.0.0.4 – 2019. – М.: Стандартинформ, 2019. – 31 с.
3. Гребнева Д.М. Основы робототехники. – Ульяновск: Зебра, 2021. – 80 с.
4. Анисимова Т.И., Сабирова Ф.М. Актуализация магистерской программы «Цифровое образование» посредством дополнения ее модулем «Технологии STEAM-образования» // Общество: социология, психология, педагогика. – 2022. – № 8. – С. 186–191. DOI: <https://doi.org/10.24158/spp.2022.8.27>
5. Развитие образовательной робототехники: проблемы и перспективы / С.А. Зайцева, В.В. Иванов, В.С. Киселев, А.Ф. Зубаков // Образование и наука. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 84–115. DOI: [10.17853/1994-5639-2022-2-84-115](https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-2-84-115).
6. Кудашева А.А. Робототехника как вид педагогической технологии // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – Т. 8-3. – С. 72–74. DOI: [10.24412/2500-1000-2022-8-3-72-74](https://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-8-3-72-74)
7. Орлов С.Ю. Подготовка специалистов для преподавания робототехники в разных странах // Педагогическая перспектива. – 2021. – № 3. – С. 19–26.
8. Филиппов В.И. Методика использования робототехники для формирования универсальных учебных действий у обучающихся во внеурочной деятельности по информатике: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Мю, 2020. – 22 с.
9. Примерная рабочая программа основного общего образования «Технология» (для 5-9 классов образовательных организаций). – М.: ИСРО РАО, 2021. – 79 с.
10. Котова Н.В. Стимулирование профессионального самоопределения школьников к инженерному образованию: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Казань, 2012. – 25 с.
11. A review on the use of robots in education and young children / L.P.E. Toh, A. Causo, P.W. Tzuo, I.M. Chen, S.H. Yeo // Journal of Educational Technology & Society. – 2016. – V. 19. – № 2. – P. 148–163.
12. Educational Robotics and Robot Creativity: An Interdisciplinary Dialogue / A. Gubenko, C. Krisch, J.N. Smilek, T. Lubart, C. Houssemand // Frontiers in Robotics and AI. – 2021. – V. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/frobt.2021.662030>. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2021.662030/full> (дата обращения 15.12.2022).
13. Chine D.R. A pathway to success? A longitudinal study using hierarchical linear modeling of student and school effects on academic achievement in a middle school STEM Program. – CO, USA: ISTES Organization Monument, 2022. – 151 p.
14. Daminov S.A., Kasimova G.A. Stem education and its benefits on teaching fields // European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies. – 2022. – V. II. – Iss. IV. – P. 350–354. DOI: <https://doi.org/10.55640/eijmrms-02-04-66>
15. Kálózi-Szabó C., Mohai K., Cottini M. Employing robotics in education to enhance cognitive development – a pilot study // Sustainability. – 2022. – V. 14. – Iss. 23. – 15951. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142315951>.
16. Brezgov S. Robots in education: is the educational revolution just around the corner? 2020. URL: <https://scholarlyoa.com/robots-in-education-is-the-educational-revolution-just-around-the-corner/> (дата обращения 16.12.2022).
17. Chang C.C., Chen Y.K. Educational values and challenges of i-STEM project-based learning: A mixed-methods study with data-transformation design // Frontiers in Psychology. Section Educational Psychology. – 2022. – V. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.976724> URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.976724/full> (дата обращения 16.12.2022).
18. Wu Z. Understanding teachers' cross-disciplinary collaboration for STEAM education: Building a digital community of practice // Thinking Skills and Creativity. – 2022. – V. 46. – 101178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101178>.
19. Олиндер М.В. Профориентационная работа со старшеклассником в довузовской подготовке: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Оренбург, 2020. – 24 с.
20. Кривцова Н.С. Педагогическое сопровождение формирования положительного образа профессии у старшеклассников: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Саратов, 2018. – 23 с.

Дата поступления: 10.02.2023 г.

Дата принятия: 17.05.2023 г.

UDC 373.6

DOI 10.54835/18102883_2023_33_5

ENGINEERING EDUCATION AND ROBOTICS AT SCHOOL: PROFESSIONAL ORIENTATION OF SCHOOLCHILDREN

Petr N. Pustynnik,

Cand. Sc., assistant professor,
pustynnikpn@herzen.spb.ru

Herzen State Pedagogical University,
48, Moika river embankment, 191186, St. Petersburg, Russia

The article is devoted to the problem of adaptation of schoolchildren to life in a rapidly changing environment saturated with robotic systems for various purposes. **Objective:** improving the methodology of professional orientation of schoolchildren by introducing elements of engineering education and educational robotics into the educational process. **Methods:** analysis of pedagogical and methodological literature; observation; description; conducting a pedagogical experiment and analyzing the results of a pedagogical experiment. **Methodological basis:** systemic, activity-based and personal approaches. **Results.** The article shows the transformation of the content of the subject «Technology» in the process of transition to the modular structure of the educational process at school and the introduction of network interaction in the implementation of scheduled and extracurricular activities for schoolchildren of grades 5–9. The paper presents the results of a pedagogical experiment (2016–2022) on the introduction of elements of engineering education into extracurricular activities by attracting schoolchildren to robotics classes. The development of engineering education at school 258 is shown; participation in the National Technological Olympiad (grades 8–11), at the youth championship «Skills Factory» (grades 6–11) and the championship «Professionals», juniors (grades 8–9). The article clarified the concept of «educational robotics» and presents the concept of a training program for the basics of robotics by years of study. The author analyzes the current state of educational robotics at school. The article highlights the problems of sports robotics: the lack of qualified teachers of additional education, the lack of sports categories for participants of competitions and categories for judges of competitions in robotics, and shows the directions of improvement: 1) methodical system of teacher training and 2) rules of robotics competitions. The author proposes a system for motivating schoolchildren by creating a grid of categories for participants of robotic competitions and introducing additional points to applicants (by analogy with the complex «TRP»). The paper is written for exchanging information and for discussion in the pedagogical community.

Key words: engineering education, educational robotics, robot, professional orientation, school, schoolchild, teacher.

REFERENCES

1. Chupin D.Yu., Stupin A.A., Stupina E.E., Klassov A.B. *Obrazovatel'naya robototekhnika* [Educational robotics]. Novosibirsk, Sibprint Publ., 2019. 114 p.
2. *GOST R 60.0.0.4-2019. Roboty i robototekhnicheskie ustroystva. Terminy i opredeleniya* [SS R 60.0.0.4-2019. Robots and robotic devices. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 31 p.
3. Grebneva D.M. *Osnovy robototekhniki* [Fundamentals of robotics]. Ulyanovsk, Zebra Publ., 2021. 80 p.
4. Anisimova T.I., Sabirova F.M. Actualizing of the MA Program in «Digital Education» by Adding a Module on «STEAM Education Technologies». *Society: Sociology, Psychology, Pedagogics*, 2022, no. 8, pp. 186–191. In Rus. DOI: <https://doi.org/10.24158/spp.2022.8.27>
5. Zaytseva S.A., Ivanov V.V., Kiselev V.S., Zubakov A.F. Development of educational robotics: problems and prospects. *The Education and Science Journal*, 2022, vol. 24, no. 2, pp. 84–115. In Rus. DOI: 10.17853/1994-5639-2022-2-84-115
6. Kudasheva A.A. Robotics as a type of pedagogical technology. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2022, vol. 8-3 (71), pp.72–74. In Rus. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-8-3-72-74.
7. Orlov S.Yu. Training of specialists for teaching robotics in different countries. *Pedagogical perspective*, 2021, no. 3, pp. 19–26. In Rus.
8. Filippov V.I. *Metodika ispolzovaniya robototekhniki dlya formirovaniya universalnykh uchebnykh deystviy u obuchayushchikhsya vo vneurochnoy deyatel'nosti po informatike*. Avtoreferat Diss. Kand. nauk [Methodology for the use of robotics for the formation of universal learning activities for students in extracurricular activities in informatics. Cand. Diss. Abstract]. Moscow, 2020. 22 p.

9. *Primernaya rabochaya programma osnovnogo obshchego obrazovaniya «Tekhnologiya» (dlya 5–9 klassov obrazovatelnykh organizatsiy)* [Approximate work program of basic general education «Technology» (for grades 5–9 of educational organizations)]. Moscow, ISRO RAO Publ., 2021. 79 p.
10. Kotova N.V. *Stimulirovanie professionalnogo samoopredeleniya shkolnikov k inzhenernomu obrazovaniyu*. Avtoreferat Diss. Kand. nauk [Stimulation of professional self-determination of schoolchildren for engineering education. Cand. Diss. Abstract]. Kazan, 2012. 25 p.
11. Toh L.P.E., Causo A., Tzuo P.W., Chen I.M., Yeo S.H. A Review on the Use of Robots in Education and Young Children. *Journal of Educational Technology & Society*, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 148–163.
12. Gubenko A., Krisch C., Smilek J.N., Lubart T., Houssemand C. Educational robotics and robot creativity: an interdisciplinary dialogue. *Frontiers in Robotics and AI*, 2021, vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/frobt.2021.662030>. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2021.662030/full> (accessed: 15 December 2022).
13. Chine D.R. *A Pathway to success? A longitudinal study using hierarchical linear modeling of student and school effects on academic achievement in a middle school STEM Program*. CO, USA, ISTES Organization Monument, 2022. 151 p.
14. Daminov S.A., Kasimova G.A. Stem education and its benefits on teaching fields. *European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies*, 2022, vol. II, Iss. IV, pp. 350–354. DOI: <https://doi.org/10.55640/eijmrms-02-04-66>
15. Kálózi-Szabó C., Mohai K., Cottini M. Employing robotics in education to enhance cognitive development – a pilot study. *Sustainability*, 2022, vol. 14, Iss. 23, 15951. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142315951>
16. Brezgov S. *Robots in education: is the educational revolution just around the corner?* 2020. Available at: <https://scholarlyoa.com/robots-in-education-is-the-educational-revolution-just-around-the-corner/> (accessed 16 December 2022).
17. Chang C.C., Chen Y.K. Educational values and challenges of i-STEM project-based learning: A mixed-methods study with data-transformation design. *Frontiers in Psychology. Section Educational Psychology*, 2022, vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.976724>. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.976724/full> (accessed 16 December 2022).
18. Wu Z. Understanding teachers' cross-disciplinary collaboration for STEAM education: building a digital community of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 2022, vol. 46, 101178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101178>.
19. Olinder M.V. *Proforientatsionnaya rabota so starsheklassnikom v dovuzovskoy podgotovke*. Avtoreferat Diss. Kand. nauk [Career guidance work with a high school student in pre-university training. Cand. Diss. Abstract]. Orenburg, 2020. 24 p.
20. Krivtsova N.S. *Pedagogicheskoe soprovozhdenie formirovaniya polozhitelnogo obraza professii u starsheklassnikov*. Avtoreferat Diss. Kand. nauk [Pedagogical support for the formation of a positive image of the profession among high school students. Cand. Diss. Abstract]. Saratov, 2018. 23 p.

Received: 10 February 2023.

Reviewed: 17 May 2023.