

ИННОВАЦИИ В ПРАКТИКЕ ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 372.853:371.68
ББК 4426.223-268.4

ГСНТИ 14.25.07

Код ВАК 13.00.02

Оспенникова Елена Васильевна,

доктор педагогических наук, профессор, кафедра мультимедийной дидактики и информационных технологий обучения, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет (Пермь); 614990, г. Пермь, ул. Пушкина, 42; e-mail: evos@bk.ru.

Ершов Михаил Георгиевич,

учитель физики и информатики МАОУ «Средняя общеобразовательная школа № 135 г. Перми»; 614017, г. Пермь, ул. Старцева, 9; e-mail: er4@ Rambler.ru.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА КАК ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: техносфера; техническая культура; обучение физике; принцип политехнизма; обобщение технических знаний; образовательная робототехника; технология обучения.

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются особенности реализации принципа политехнизма в обучении. Раскрываются основные задачи политехнической подготовки учащихся. Обсуждается модель учебного процесса по освоению вопросов техники в курсе физики средней школы. Отмечается необходимость формирования у учащихся технических знаний и умений как основы развития их технической культуры. Обращается внимание на важность дополнительной политехнической подготовки школьников, связанной с техническими инновациями. Робототехника определяется как наиболее значимая и привлекательная для учащихся область технического знания и практической деятельности. Выполнен обзор методических работ по образовательной робототехнике. Отмечается ее преимущественное применение в дополнительном образовании. Подчеркивается важность внедрения образовательной робототехники в учебный процесс средней школы. Обосновывается в этой связи необходимость трактовки образовательной робототехники как специальной технологии обучения. В ее структуре выделяются три составляющие. Робототехника - это объект изучения, инструмент познания и средство обучения, развития и воспитания учащихся. Раскрывается содержание данных составляющих. Определяются основные виды работы учителя по каждому направлению. Приведены примеры использования роботизированных систем на уроках физики. Рассматриваются виды учебных проектов по робототехнике.

Ospennikova Elena Vasilevna,

Doctor of Pedagogy, Professor of Department of Multimedia Didactics and Information Technologies in Education, Perm State Pedagogical University, Perm, Russia.

Ershov Michael Georgievich,

Teacher of Physics and Computer Science, Secondary School # 135, Perm, Russia.

EDUCATIONAL ROBOTICS AS AN INNOVATIVE TECHNOLOGY OF REALIZATION OF POLYTECHNIC APPROACH OF PHYSICS EDUCATION IN SECONDARY SCHOOL

KEY WORDS: technosphere; technical culture; teaching physics; polytechnic principle; synthesis of technical knowledge; educational robotics; education technology.

ABSTRACT. The article deals with the specific features of realization of the polytechnic principle in teaching. It outlines the main objectives of polytechnic training of pupils and discusses the learning model of technical issues in the course of physics at the secondary school. The article highlights the necessity of formation of pupils' technical knowledge and skills, which would make the basis of their technical culture. The authors attract the readers' attention to the importance of additional polytechnic training of pupils associated with technological innovations. Robotics is defined as the most important and attractive area of technical knowledge and practical activities for pupils. A review of methodological publications on educational robotics is offered. It is noted that robotics can be primarily applied in the sphere of additional education. The article emphasizes the importance of implementation of educational robotics in the educational process of secondary school. In this context the need to treat educational robotics as a special technology of training is justified. There are three components in its structure. Robotics is the object of study, the instrument of knowledge and a means of training, development and education of pupils. The content of these components is described in the text of the article. The main types of the teacher's work in each direction are identified and the examples of the use of robotic systems at physics lessons are given. The paper also discusses the types of educational projects in robotics.

О беспечение политехнической направленности обучения – важное

направление модернизации современной системы среднего образования. Подготовка

будущих инженеров и квалифицированных рабочих является на сегодня определяющим фактором роста темпов социально-экономического развития нашей страны.

Успехи в реализации принципа политехнизма в обучении обеспечиваются решением трех основных задач, а именно: 1) организацией предметной учебной техносреды, адекватной современным требованиям к политехнической подготовке учащихся (ее содержанию, материально-техническому, организационно-методическому и дидактическому обеспечению); 2) развитием технической грамотности учащихся – системы технических знаний и умений (конкретных, обобщенных), а также навыков выполнения отдельных видов технической деятельности; 3) формированием технической компетентности учащихся – готовности к решению задач прикладного характера, связанных с использованием знаний по предмету в повседневной и трудовой деятельности с учетом осознания системы взаимодействий «общество (человек) ↔ техника ↔ природа», а также их возможных следствий [6, с. 99].

Конкретизация этих задач применительно к учебному процессу по физике раскрывает весь комплекс составляющих политехнической подготовки школьников по предмету: *условия обучения* (предметная учебная техносреда), *содержание учебного процесса* (система технических знаний, умений и компетенций), *организацию обучения* (методы, средства, формы, вариативные практики) и его *результаты* (предметные, метапредметные и личностные).

В исследовании И. В. Ильина и Е. В. Осипенниковой [6] разработана обобщенная модель учебного процесса по освоению вопросов техники в курсе физики средней школы, определены положения методики формирования технических знаний, как базового направления реализации принципа политехнизма, предложена технология обучения, в которой овладение техническими знаниями (*конкретными, обобщенными, включая метауровень обобщения*) рассматривается в качестве основы развития технической культуры школьников.

Формирование у учащихся метатехнического знания – одна из важнейших целей реализации принципа политехнизма в его современном толковании. Под *метатехническим знанием* (МТЗ) понимается *система знаний о техносфере: ее элементах и их взаимосвязи, особенностях функционирования, факторах и закономерностях развития, методологии научно-технического исследования*. МТЗ составляет основу становления у учащихся представлений о современной технической картине мира – картине «второй природы», опреде-

ляет развитие у них технического мышления нового типа и служит регулятивом их жизнедеятельности в техносфере [1, с. 112].

Наряду с техническими знаниями школьники должны приобрести начальный опыт работы с отдельными техническими объектами и, прежде всего, с объектами приборной и аппаратной техники, применяемой в физике как области научного знания. Является обязательным для учащихся овладение умениями и навыками решения несложных технических задач, а при наличии склонности к технической деятельности они могут быть включены в творческую проектную деятельность политехнической направленности.

Помимо базового направления политехнической подготовки учащихся, связанного с формированием у них системы ключевых технических знаний и умений, в учебной практике по предмету могут и должны быть реализованы дополнительные направления политехнического обучения. Их выбор определяется разными факторами, важнейшими среди которых являются реализуемые в социуме технические инновации. Такая подготовка позволит учащимся на доступном для них уровне познакомиться с концептуальными и процессуальными составляющими технической инноватики, осмыслить ее роль в формировании техносферы.

Одним из значимых направлений развития современной техносреды является робототехника. Роботостроение сформировалось и стремительно совершенствуется как самостоятельная отрасль производства. Обозначены все ее необходимые черты как одной из «*несущих*» производственных отраслей пятого технологического уклада [2] В настоящее время в мировой производственной практике робототехника переходит на принципиально новый уровень своего развития [4]. В действие вступили факторы, которые позволяют последовательно снижать стоимость роботизированных систем, делать их более универсальными, эффективными и доступными для использования не только на производстве, но и в быту.

Роботы (робототехнические системы) становятся *неотъемлемыми объектами современной техносреды*. Их преимущества очевидны, что определяет высокий уровень заинтересованности общества в развитии робототехники. В России робототехника включена в перечень приоритетных направлений технологического развития, которые заявлены на правительственном уровне в рамках «Стратегии развития отрасли информационных тех-

нологий в РФ на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года».

Роботизированная техносреда – это среда обитания человека в ближайшем будущем. В связи с этим обозначены и существуют две основные социально-педагогические проблемы, требующие от общества постоянных усилий для их решения, а именно: 1) подготовка квалифицированных кадров для производства роботизированных систем; 2) формирование классов потребителей услуг роботизированной среды и развитие у различных субъектов социума соответствующей технической культуры.

В отечественной системе образования робототехника (РТ) стала одним из самых популярных направлений дополнительной политехнической подготовки учащихся. Это связано с необходимостью ориентации наиболее способной части учащейся молодежи на выбор в будущем инженерных профессий, а также важностью раннего обучения детей в области робототехнического конструирования. Активно развивается в этой связи система поддержки школьной робототехники. Особая популярность РТ обеспечивается высоким уровнем интереса молодежи к этой сфере технической деятельности.

Образовательные возможности робототехники как направления технической инноватики чрезвычайно высоки. Однако в настоящее время в основном развивается соревновательная робототехника и проектное робототехническое творчество в системе дополнительного образования. Методика и технологии применения робототехники в предметном обучении еще не стали пока предметом целенаправленных педагогических исследований.

Направления и способы применения робототехники в предметном образовательном блоке не вполне очевидны. Ее внедрение в учебный процесс – новое направление теории и методики политехнического обучения, интегрирующее знания и опыт преподавания целого ряда школьных предметов. В его разработке должны быть учтены специфика робототехнических систем как нового и значимого по масштабам своего распространения объекта техносреды, возможности различных областей предметного знания в его изучении, а также особенности школьного образования разных уровней и профилей.

Анализ и обобщение первых отечественных методических разработок по образовательной робототехнике (А. Н. Боголюбов, Д. А. Никитин, А. П. Алексеев, А. Н. Богатырев, В. А. Серенко, Д. А. Каширин, А. С. Филиппов, Д. Г. Копосов, Л. Г. Белиов-

ская, В. Н. Халамов, М. В. Васильев и др.), ряда зарубежных публикаций [3, 5, 10, 12, 13, 14, 15 и др.], а также результатов исследований авторов настоящей статьи [6, 8, 9 и др.], связанных с поиском наиболее эффективных практик применения РТ в учебном процессе по физике, позволяют рассматривать робототехнику как самостоятельную технологию обучения. В структуре этой технологии мы выделяем три составляющие, характеризующие основные образовательные функции робототехники: 1) РТ как *объект изучения*, 2) РТ как *инструмент познания*, 3) РТ как *средство обучения, развития и воспитания* учащихся. Рассмотрим содержание этих составляющих.

Робот как объект изучения. Робот в учебном процессе – это, прежде всего, междисциплинарный технический объект, устройство и принцип действия которого есть область приложения знаний целого комплекса наук. Изучение конкретных робототехнических систем как объектов современной техносреды должно сопровождаться последовательным предъявлением школьникам специальной учебной информации. Они должны получить сведения по истории робототехники и современным перспективам роботостроения. Необходимо продемонстрировать учащимся место и роль робототехнических систем в современной техносреде. Следует в доступной форме изложить элементы методологии робототехники (общей, специальной): разъяснить сущность понятия «робот», продемонстрировать его отличительные признаки; познакомить с видами роботов и обосновать необходимость создания роботов разных видов, дать представления о базовых законах робототехники (А. Азимов, Ш. Ноф) и основных подходах к проектированию робототехнических систем.

С целью реализации системного подхода к анализу РТ как объекта изучения целесообразно познакомить школьников с технологической структурой робота. С точки зрения теории управления в его структуре выделяют: *систему управления, систему исполнения и систему сбора данных*. Каждая из систем имеет собственную элементную базу, которая включает различные технические изобретения: начиная с рычага и колеса и заканчивая самыми современными объектами, созданными благодаря открытиям не только в области физики, но и смежных областях научного знания – в математике, информатике, биологии, физиологии, химии, медицине и др., а также в рамках современных междисциплинарных направлений развития науки (биомеханики, нейрокибернетики и др.). Элементная база современного робота является показа-

телем уровня развития технической культуры общества.

Немалая часть физических законов и явлений, используемых в робототехнике, изучается в школьном курсе физики. Это позволяет вполне успешно иллюстрировать технические приложения физики на примере создания и функционирования различных робототехнических систем. Следует различать уровни глубины изучения элементной базы роботов (начальный, базовый, повышенный). Более высокие уровни обучения обеспечиваются включением в учебный процесс элективных курсов и факультативов по робототехнике, организацией дополнительного образования и самообразования учащихся.

Робот как инструмент познания (научного, научно-технического). В этом качестве РТ может использоваться в учебном процессе по физике в двух направлениях: 1) при проведении эксперимента; 2) при моделировании роботизированных систем с целью создания их новых видов, модернизации имеющихся, а также отладки эффективных режимов их функционирования.

Физический эксперимент, реализуемый с применением технологий робототехники, можно назвать *роботизированным*. Во многих областях научного исследования такие эксперименты уже не редкость (космонавтика, исследования микромира, археология, подводные исследования и др.). К особенностям такого эксперимента относятся более качественная реализация хода исследования, широкий спектр и высокая точность регистрации данных. Его дидактическим результатом является знакомство учащихся с новыми технологиями постановки эксперимента, совершенствование учебно-исследовательских компетенций, а также специальных компетенций в решении технических задач.

Принципиально важной является демонстрация на занятиях по физике *полноценного роботизированного эксперимента*. Должны быть обеспечены не только регистрация и обработка данных в автоматическом режиме, но и управление ходом эксперимента. Возможности для такой демонстрации достаточно широки. Робот может совершать необходимые механические манипуляции и подстраиваться под нужный режим работы: например, регулировать температуру исследуемых объектов, «обходить» резонансные частоты», корректировать значения параметров электрической цепи и т.п. Наличие электроники в аппаратной части управляющей системы робота в сочетании с быстродействующим программным обеспечением позволяет добиваться высокой скорости ее реакции на различные

внешние и внутренние воздействия. При необходимости роботизированная система может в реальном времени передавать полученные данные на компьютер для их оперативной обработки (через USB кабель, Wi-Fi, Bluetooth) или отправлять сигналы непосредственно оператору эксперимента. Немаловажным преимуществом роботизированного эксперимента является легкость его многократного воспроизведения.

Моделирование роботизированных систем. Моделирование – один из важнейших методов познания окружающего мира. С помощью моделей можно вполне успешно изучать свойства и функциональные возможности реальных технических объектов.

Перед учащимися можно и нужно ставить задачи моделирования робототехнических систем различных видов. Объектом моделирования могут стать экспериментальные установки, а также технические устройства любого другого назначения. Важным в моделировании является технологическое обеспечение различных свойств и функций робота. Необходимо моделирование движений робота и таких его свойств, как «осязание», «обоняние», «зрение», «слух». Возможно моделирование «речи», «памяти», «нервной системы», элементов искусственного «интеллекта». Впоследствии учащимися производится сборка и тестирование созданных моделей в их различном сочетании в единой робототехнической конструкции, исследуются особенности взаимодействия этой конструкции с внешней средой.

На современном этапе развития методов научного познания особое значение приобретают методы *компьютерного моделирования* [7]. Виртуальные модели в комплексе с реальным оборудованием позволяют при проектировании технических объектов отрабатывать наиболее эффективные концептуальные и конструктивные решения. С помощью специального программного обеспечения реализуется не только моделирование различных конструкций роботов, но и осуществляется разработка их полных цифровых макетов.

К программным средам для разработки роботов предъявляются вполне определенные требования: 1) возможность создания виртуальной модели робота подобной его реальной физической модели; 2) возможность виртуального моделирования поведения модели робота в среде, схожей с реальным физическим миром; 3) трехмерная визуализация модели робота и ее поведения в виртуальной среде; 4) возможность использования программ, написанных для вирту-

альной модели робота, для аналогичного реального робота.

Предпринимаются попытки создать подобные среды для системы среднего образования. Развитие имеющегося и разработка нового программного обеспечения для моделирования и тестирования робототехнических систем в виртуальной учебной среде – актуальна проблема современной образовательной робототехники.

Для *натурного моделирования* созданы и используются разнообразные конструкторы по образовательной робототехнике. Это наиболее популярная в России линейка робототехнических наборов Lego, таких как: Lego education WeDo, Lego MINDSTORMS EV3, Tetrrix. Известны и широко используются в практике наборы от фирмы Huna: Fun&Bot, Kicky, Class, Top, Human-robot и др. Качество наборов по образовательной робототехнике и их разнообразие непрерывно растут.

Рассмотрим один из результатов натурального моделирования роботизированных систем на примере создания учащимися модели экспериментальной установки по исследованию закономерностей свободного падения тел (см. рис.). Эксперимент длится не более минуты. На экран микропроцессора выводятся: 1) значения ускорений свободного падения N одинаковых шариков и далее среднее значение ускорения, 2) значения ускорений свободного падения для N тел разных по объему, массе и даже форме, 3) время прохождения шариками расстояний, относящихся по величине как ряд нечетных чисел (1:3:5). В ходе исследования можно задавать различные условия постановки опыта. В итоге учащиеся непременно придут к известным в науке выводам относительно особенностей свободного падения как вида механического движения.



а



б

Рис. Модель роботизированной экспериментальной установки для исследования явления свободного падения: а) с одним подвижным датчиком, б) с тремя стационарными датчиками

Отметим, что в учебной практике (как и в реальном производстве) технологии виртуального и натурального моделирования роботов, как правило, реализуются совместно.

Робот как средство обучения, развития и воспитания

1. Обучающие функции РТ состоят, прежде всего, в том, что школьники, занимаясь робототехникой, осваивают новый и принципиально важный пласт современной технической культуры: приобретают *современные политехнические знания и умения*, овладевают соответствующими *техническими и технологическими компетенциями*.

Занятия робототехникой способствуют *закреплению и углублению предметных знаний, формированию предметных познавательных и практических умений, овладению универсальными учебными действиями*.

Особая роль РТ состоит в *реализации межпредметных связей*, поскольку робототехника по своей сути является междисциплинарной сферой деятельности. На занятиях по робототехнике возможна подготовка учащимися межпредметных проектов. На сегодня известны примеры интеграции робототехники не только с областями математического и естественнонаучного знания, но и с гуманитарными сферами деятельности (реконструкция исторических событий,

исследование взаимодействий различных социальных групп, решение проблем социальной адаптации, оказание социальных услуг и т. д.).

Междисциплинарный характер занятий робототехникой способствует выявлению и осознанию взаимосвязи наук, *систематизации и обобщению знаний широкой области* (естественнонаучных, гуманитарных), достижению учащимися в этой связи *метапредметных результатов* обучения.

Робототехника – это *новое средство наглядности*, стимулирующее активное восприятие материала курса физики. Роботизированные демонстрации отличаются более высоким качеством постановки, оптимальной скоростью предъявления данных, допускают необходимое число повторений, могут сопровождаться визуальными, механическими и звуковыми эффектами, концентрирующими внимание школьников на наиболее значимых элементах учебного материала и повышающими интерес к его освоению.

Робототехника может рассматриваться как эффективное *средство индивидуализации обучения* – учета интересов, склонностей, уровня подготовки учащихся по предмету. Это обеспечивается не только соответствующими приемами работы учителя, но и разнообразием учебных наборов по робототехнике, а также сопровождающих их учебных материалов, ориентированных на развитие технического творчества детей разного возраста и уровня готовности к занятиям по техническому моделированию и конструированию. Дополнительным фактором, стимулирующим применение технологии индивидуального обучения, является реализация связи между учебным процессом и соревновательным движением по робототехнике, в которое могут быть включены увлеченные техническим творчеством школьники.

2. Р а з в и в а ю щ и е и в о с п и т а т е л ь н ы е ф у н к ц и и Р Т . Применение образовательной робототехники в учебном процессе по предмету обеспечивает активное развитие у учащихся всего комплекса *познавательных процессов* (*восприятия, представления, воображения, мышления, памяти, речи*). Особый эффект этого воздействия связан, как правило, с высокой мотивацией занятий по робототехнике. Непосредственная работа руками и активная практика самостоятельного решения учащимися конкретных технических задач – еще более существенные факторы этого влияния.

Занятия робототехникой способствуют формированию широкого спектра *личностных качеств* ребенка (его потребностей и мотивов, самостоятельности и инициа-

тивности, трудолюбия, ответственности за качество выполненной работы, коммуникабельности и толерантности, стремления к успеху, потребности в самореализации и др.). Особенно значима роль РТ в развитии качеств личности, повышающих эффективность работы каждого человека в его взаимодействии с другими людьми. Это навыки коммуникации и межличностного общения. Главными среди них многие авторы считают умение работать в команде [6,11].

Робототехническую систему, учитывая необходимость принятия междисциплинарных решений в ее разработке, качественно сделать в одиночку достаточно сложно. Это, прежде всего, командная работа, которая создает необходимые условия для развития широкого комплекса коммуникативных компетенций учащихся. Командная работа по созданию робототехнических систем, как правило, связана с проектно ориентированным обучением. Возможна разработка проектов трех видов: 1) *создание нового робота* для решения исследовательской или прикладной учебной задачи на базе наборов по робототехнике от конкретного производителя; 2) *модернизация робота* (обновленные элементные, конструктивные и программные решения) на базе наборов по робототехнике от конкретного производителя; 3) *создание нового робота* или его *модернизация* для решения исследовательской или прикладной учебной задачи на основе: а) самостоятельной разработки новых датчиков и других систем робота, расширяющих возможности применения конкретного конструктора по робототехнике; б) использования робота совместно с другими техническими системами (для решения сложных практических задач).

Проектную деятельность учащихся по робототехнике следует связывать с содержанием учебного процесса по предмету. Целесообразной является ее поддержка системой школьных, городских региональных и всероссийских робототехнических конкурсов и олимпиад по робототехнике, в которых заметная часть школьников участвует с большим энтузиазмом. Это позволяет обеспечить высокий уровень командной активности учащихся и качества решений творческих задач проекта. Выполнение школьниками предметных проектов следует определить как одно из важных направлений применения РТ в учебной практике.

В заключении отметим, что предложенная в настоящем исследовании трехкомпонентная модель внедрения робототехники как технологии обучения в систему предметной учебной практики была апробирована в процессе преподавания основного курса физики и элективного учебного курса

«Лабораторный практикум по физике с применением робототехники». В сочетании с внеурочной работой по предмету данный подход позволил авторам найти оптимальные по содержанию и временным затратам

методики «включения» робототехники в предметное обучение как инновационной технологии реализации политехнической направленности учебного процесса по физике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин И. В. Оспенникова Е. В. Систематизация и метауровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике // *European Social Science Journal*. 2012. № 3. С. 111–118.
2. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике / под ред. С. Ю. Глазьева и В. В. Харитоновой. М. : Тривант, 2009.
3. Ньютон Б. Создание роботов в домашних условиях: пер. с англ. Е. А. Добролежина. М. : НТ Пресс, 2007.
4. Параскевов А. В. Левченко А. В. Современная робототехника в России: реалии и перспективы // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2014. № 104(10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/116.pdf>.
5. Предко М. 123 эксперимента по робототехнике: пер. с англ. В. П. Попова. М. : НТ Пресс, 2007.
6. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе : монография / Е. В. Оспенникова, И. В. Ильин, М. Г. Ершов, А. А. Оспенников; под общ. ред. Е. В. Оспенниковой. Пермь: ООО Пермское книжное издательство, 2014.
7. Оспенников Н. А., Оспенникова Е. В. Формирование у учащихся обобщенных подходов к работе с моделями // *Известия Южного федерального университета. Педагогические науки*. 2009. № 12. С. 206–214.
8. Оспенникова Е. В. Развитие самостоятельности школьников в учении в условиях обновления информационной культуры общества: В 2 ч.: Ч. 2. Основы технологии развития самостоятельности школьников в изучении физики : монография. Пермь: Электронные издательские системы ОЦНТИ ПГТУ, 2003.
9. Оспенникова Е. В. Развитие самостоятельности учащихся при изучении школьного курса физики в условиях обновления информационной культуры общества: дис. ... д-ра. пед. наук. Пермь, 2003.
10. Физические исследования с Vernier и LEGO Mindstorms NXT: лабораторные занятия по науке и технологиям, проектированию и математике с использованием датчиков Vernier. Бивертон: Vernier Software and Technology (США, штат Орегон), 2009.
11. Шамало Т. Н., Мехнин А. М. Формирование ценностных ориентаций учащихся в процессе политехнической подготовки на уроках и во внеклассной работе по физике // *Педагогическое образование в России*. 2012. № 5. С. 230–234.
12. Bers, M., et al., Teachers as Designers: Integrating Robotics in early Childhood education. *Information Technology in Childhood Education*, 2002: pp. 123–145.
13. Carberry, A., Hynes, M., Underwater Lego Robotics: Testing, Evaluation & Redesign URL: http://www.academia.edu/2991725/Underwater_LEGO_Robotics_Testing_evaluation_and_redesign.
14. Korherr, M., Schulklasse testet neue EV3 Physik-Experimente - Eine Entwicklung der htw saar und des Fraunhofer Instituts im Auftrag von LEGO® Education URL: <http://emrolab.htw-saarland.de/index.php/news/154-ev3physikexperimente>.
15. Carberry, A.R. & McKenna, A.F. Exploring students' conceptions of modeling and modeling uses in engineering design. *Journal of Engineering Education*, 2014 Vol.103, No.1, pp.77-91. URL: <http://onlinelibrary-wiley.com/doi/10.1002/jee.20033/pdf>.

LITERATURE

1. Il'in I. V. Ospennikova E. V. Sistematizatsiya i metauroven' obobshcheniya tekhnicheskogo znaniya kak odno iz napravleniy realizatsii printsipa politekhnizma v obuchenii fizike // *European Social Science Journal*. 2012. № 3. S. 111–118.
2. Nanotekhnologii kak klyuchevoy faktor novogo tekhnologicheskogo uklada v ekonomike / pod red. S. Yu. Glaz'eva i V. V. Kharitonova. M. : Trovant, 2009.
3. N'yuton B. Sozdanie robotov v domashnikh usloviyakh: per. s angl. E. A. Dobrolezhdina. M. : NT Press, 2007.
4. Paraskhekov A. V. Levchenko A. V. Sovremennaya robototekhnika v Rossii: realii i perspektivy // *Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. № 104(10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/116.pdf>.
5. Predko M. 123 eksperimenta po robototekhnike: per. s angl. V. P. Popova. M. : NT Press, 2007.
6. Printsip politekhnizma v obuchenii fizike: sovremennaya interpretatsiya i tekhnologii realiza-tsii v sredney shkole : monografiya / E. V. Ospennikova, I. V. Il'in, M. G. Ershov, A. A. Ospennikov; pod obshch. red. E. V. Ospennikovoy. Perm': ООО Permckoe knizhnoe izdatel'stvo, 2014.
7. Ospennikov N. A., Ospennikova E. V. Formirovanie u uchashchikhsya obobshchennykh podkhodov k rabote s modelyami // *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Pedagogicheskie nauki*. 2009. № 12. S. 206–214.
8. Ospennikova E. V. Razvitie samostoyatel'nosti shkol'nikov v uchenii v usloviyakh obnoveniya informatsionnoy kul'tury obshchestva: V 2 ch.: Ch. 2. Osnovy tekhnologii razvitiya samostoyatel'nosti shkol'nikov v izuchenii fiziki : monografiya. Perm': Elektronnyye izdatel'skie sistemy OTsNTI PGTU, 2003.
9. Ospennikova E. V. Razvitie samostoyatel'nosti uchashchikhsya pri izuchenii shkol'nogo kursa fiziki v usloviyakh obnoveniya informatsionnoy kul'tury obshchestva: dis. ... d-ra. ped. nauk. Perm', 2003.

10. Fizicheskie issledovaniya s Vernier i LEGO Mindstorms NKhT: laboratornye zanyatiya po nauke i tekhnologiyam, proektirovaniyu i matematike s ispol'zovaniem datchikov Vernier. Biverton: Vernier Software and Technology (SShA, shtat Oregon), 2009.

11. Shamalo T. N., Mekhnin A. M. Formirovanie tsennostnykh orientatsiy uchashchikhsya v protsesse politekhnicheskoy podgotovki na urokakh i vo vneklassnoy rabote po fizike // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2012. № 5. S. 230–234.

12. Bers, M., et al., Teachers as Designers: Integrating Robotics in early Childhood education. Information Technology in Childhood Education, 2002: pr. 123–145.

13. Carberry, A., Hynes, M., Underwater Lego Robotics: Testing, Evaluation & Redesign URL: http://www.academia.edu/2991725/Underwater_LEGO_Robotics_Testing_evaluation_and_redesign.

14. Korherr, M., Schulklasse testet neue EV3 Physik-Experimente - Eine Entwicklung der htw saar und des Fraunhofer Instituts im Auftrag von LEGO® Education URL: <http://emrolab.htw-saarland.de/index.php/news/154-ev3physikexperimente>.

15. Carberry, A.R. & McKenna, A.F. Exploring students' conceptions of modeling and modeling uses in engineering design. Journal of Engineering Education, 2014 Vol.103, No.1, pp.77-91. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jee.20033/pdf>.

Статью рекомендует д-р пед. наук, профессор Т. Н. Шамало.