

Совершенствование сквозного курса робототехники для подготовки специалистов профессий будущего¹

Караваев Никита Леонидович²

Вятский государственный университет, Киров, Россия
nl_karavaev@vyatsu.ru

Соболева Елена Витальевна³

Вятский государственный университет, Киров, Россия
sobolevaelv@yandex.ru

Вотинцева Мария Львовна⁴

Вятский государственный университет, Киров, Россия
vml79@inbox.ru

Аннотация. Проблема, на решение которой направлено исследование, определена из актуальной потребности в изменении существующей модели обучения робототехнике для реализации стратегии подготовки высококвалифицированных специалистов в наиболее востребованных, перспективных отраслях будущего с учётом требований бизнеса, общества, государства. Цель исследования – теоретически обосновать и экспериментально проверить эффективность использования задачного подхода при обучении робототехнике для формирования востребованных надпрофессиональных компетенций будущего. Методологию исследования составляет анализ психолого-педагогической, научной и технической литературы, методических разработок по вопросам преподавания робототехники на всех этапах обучения; анализ конструкторов и программных средств для поддержки практико-преобразовательной деятельности учащихся; анализ робототехнических систем из творческих проектов участников образовательного процесса; методика Rapid Foresight; системный анализ; педагогический эксперимент. Авторами выполнено подробное описание дидактического и междисциплинарного потенциала курса робототехники в рамках реализуемой образовательными учреждениями модели обучения, основанной на традиционной траектории «дошкольное образование – школа – университет – дополнительное образование», в плане подготовки инженерно-технических кадров для профессий будущего. В работе обоснована роль надпрофессиональных компетенций (soft skills) как комплекса неспециализированных метапредметных навыков, отвечающих за успешное участие в рабочем процессе и высокую производительность. Кроме того, для каждой из ключевых компетенций в области робототехники и машиностроения предложено конкретное содержательное наполнение, поддержанное системой задач. Полученные выводы позволили сформулировать базовые идеи методики для совершенствования сквозного курса изучения робототехники с ориентацией на формирование именно тех компетенций, которые отвечают требованиям общества, бизнеса, государства к подготовке специалистов будущего. Эффективность изменённой методики учебного курса для повышения качества образовательного процесса подтверждена экспериментальными данными. Теоретическая значимость исследования заключается в

Поступила в редакцию <i>Received</i>	25.01.2019	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	22.02.2019
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	22.02.2019	Опубликована <i>Published</i>	31.03.2019

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-78-10053) «Научное обоснование алгоритма применения технологии карты возможностей в обучении робототехнике для подготовки специалистов профессий будущего»

² **Караваев Никита Леонидович**, кандидат философских наук, заведующий кафедрой цифровых технологий в обучении ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

³ **Соболева Елена Витальевна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры цифровых технологий в обучении ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

⁴ **Вотинцева Мария Львовна**, лаборант-исследователь кафедры цифровых технологий в образовании ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

том, что полученные выводы подтверждают: именно совершенствование курса робототехники позволит получить полезный навык – уметь учиться, подготовить к профессиям будущего.

Ключевые слова: надпрофессиональные компетенции, робототехника и машиностроение, методика обучения, система задач, вызовы будущего.

Введение

Важность исследования подтверждается тем обстоятельством, что обучение робототехнике как одной из самых востребованных и перспективных отраслей на ближайшие 15–20 лет имеет значительный потенциал в отношении подготовки кадров для достижения намеченных целей социально-экономического развития страны [1]. Однако существуют объективные проблемы развития образовательной и научной робототехники, обусловленные противоречием между реализуемой учебными учреждениями моделью обучения робототехнике и требованиями бизнеса, общества, государства к специалистам профессий будущего.

Таким образом, цель исследования определена из необходимости изменения сквозного курса робототехники и заключается в теоретическом обосновании и экспериментальной проверке эффективности использования задачного подхода в обучении для формирования востребованных надпрофессиональных компетенций будущего.

Задачи исследования:

- исследовать дидактический потенциал курса робототехники в рамках реализуемой образовательными учреждениями модели обучения, основанной на традиционной траектории «дошкольное образование – школа – университет – дополнительное образование», в контексте требований бизнеса, общества, государства;
- предложить конкретное содержание для ключевых надпрофессиональных компетенций в области робототехники и машиностроения;
- сформулировать базовые идеи методики для совершенствования существующего курса робототехники с ориентацией на формирование востребованных надпрофессиональных компетенций будущего;
- экспериментально подтвердить эффективность предложенной модели обучения, стержнем которой является система задач.

Обзор отечественной и зарубежной литературы

Анализ российской научно-педагогической литературы

В условиях государственной поддержки развития нанотехнологий, электроники механики и программирования сформировались условия для развития цифровых технологий и робототехники. Проводятся многочисленные исследования в отношении уточнения таких базовых понятий, как «робот», «автомат», «робототехника», «мехатроника», «киберфизическая система», «искусственный интеллект». Среди наиболее значимых отметим труды Г. Н. Алексеева [2], В. М. Глушкова [3], И. П. Кузнецова [4], в которых описывался феномен построения моделей управленческой деятельности, социального познания и философского осмысления процессов автоматизации различного рода интеллектуальной деятельности людей в условиях научно-технической революции.

Эти исследования обусловлены тем фактом, что возникла практическая, образовательная и общественная необходимость в подготовке специалистов для взаимодействия с роботами, изобретения роботов и внедрения их в промышленность, сельское хозяйство, медицину и т. п. В этих работах также определяются функции роботов (Т. В. Никитина [5], И. А. Каляев, В. М. Лохин, И. М. Макаров [6] и др.), вопросы и

отрасли применения роботов (С. А. Воротников [7], Н. Н. Бондарева [8] и др.). После того как были выработаны новые требования к специалистам профессий будущего, в качестве важнейших приоритетов развития личности определяются инициативность, умение творчески мыслить и принимать нестандартные решения, готовность к обучению на протяжении всей жизни. В этих условиях появляются исследования, в которых определяется значимость проектирования и конструирования для формирования новых людей будущего (Н. Т. Вишневская и А. А. Зудина [9], О. Б. Мизякина и А. В. Мендель [10] и др.).

В числе основных работ по теоретической робототехнике отметим исследование В. А. Глазунова, Р. Ю. Сухорукова и Т. В. Силовой [11], в котором выделены все принципы робототехники, основные понятия и межпредметные связи, обосновано влияние робототехники на развитие науки, системное мышление с позиции синергетики.

Дидактический потенциал робототехники подробно описан в исследованиях М. Г. Ершова [12], Н. А. Ионкиной [13], В. И. Филиппова [14], С. А. Филиппова [15] и др. В статье Н. А. Ионкиной сформулированы проблемы подготовки педагогов к обучению школьников робототехнике. Проблемы организации научно-исследовательской и технической деятельности, охватывающей учащихся с 1-го по 11-й класс (включая выбор конструктора), частично решены в работе В. В. Четиной [16].

Однако, несмотря на то что робототехника рассматривается как междисциплинарная деятельность, опирающаяся на математику, информатику и технологии и предлагающая новые преимущества для образования в целом на всех уровнях, отсутствует единое методическое понимание того, как в рамках междисциплинарного сквозного курса организовать эффективный ответ требованиям общества, бизнеса, государства к специалистам профессий будущего.

Анализ зарубежных исследований

Значимость учебно-познавательной деятельности при обучении робототехнике, влияние на развитие мышления ребенка обоснованы как в классических, так и в современных работах по робототехнике. Так, ключевые идеи современных методик обучения робототехнике можно найти в трудах С. Паперта, разработчика языка программирования Logo. Паперт вводит и обосновывает тезис, что среда Logo позволяет обучать детей, изучая искусственный интеллект [17]. А. Р. Карберри и А. Ф. Маккена отмечают важность проектной деятельности при моделировании для качественной инженерной подготовки востребованных специалистов [18].

В исследованиях [19, 20] отмечается, что курс робототехники обладает мощным инструментарием для мотивации, поощрения учащихся в ходе разработки и управления роботами средствами конкретных языков программирования. Также зарубежными авторами вводится такой термин, как «вычислительное мышление», формирование которого наиболее эффективно при решении серии проблемных задач [21, 22].

Работы [23, 24] показывают, что изучение робототехники оказывает положительное влияние на развитие у обучающихся критического мышления, навыков решения проблем и метакогнитивных навыков. В работе [25] предлагают целостный методический подход на базе единой образовательной программы, предполагающий при конструировании роботов получение теоретических межотраслевых знаний (техника, математика и др.).

Внимание исследователей уделяется и ресурсам робототехники в отношении социально-экономического развития, внедрению инноваций для реализации тенденций автоматизации, глобализации и конкурентоспособности [26]. Для достижения целей теоретической, прикладной и образовательной робототехники предлагаются различные программы обучения, учебные планы, например учебный план ROBOESL [27].

Наиболее важная с позиции проводимого исследования методическая идея представлена в исследовании [28]. Обучение робототехнике должно реализовывать трехкомпонентную образовательную технологию: а) робот как предмет изучения; б) робот как средство познания; в) робот как средство обучения, развития и воспитания. В этом триединстве отражён один из существенных принципов, реализуемый в зарубежных программах по подготовке высококвалифицированных специалистов в направлении робототехники и машиностроения.

Методологическая база исследования

Теоретические методы: анализ психолого-педагогической, научной и технической литературы, методических разработок по вопросам преподавания робототехники на всех уровнях обучения; анализ конструкторов и программных средств для поддержки технической деятельности учащихся; анализ робототехнических систем из творческих проектов участников образовательного процесса.

Праксиметрические методы: изучение практики обучения робототехнике в реализуемой модели «дошкольное образование – школа – университет – дополнительное образование» на предмет описания, характеристики, анализа применяемых методов, средств, форм организации и контроля; систематизация и обобщение идей и закономерностей, принципов дидактики в преподавании робототехники.

Применялась методология Rapid Foresight для разработки стержневого набора задач и рекомендаций по изменению реализуемой модели обучения робототехнике под вызовы профессий будущего и для предложения механизмов координации целей работодателей, самих учащихся и системы образования.

Эмпирические методы: наблюдение, анкетирование, тестирование, анализ результатов когнитивной деятельности учащихся для получения своевременной информации о формировании ключевых надпрофессиональных компетенций в отрасли робототехники и машиностроения.

В эксперименте были задействованы 204 учащихся различных классов школ (г. Киров и Кировская область), в том числе 30 дошкольников, 100 школьников средних классов, остальные 74 респондента – старшеклассники.

На этапе выборки использовалась стратегия попарного отбора. Экспериментальная и контрольная группы составлялись из индивидов, эквивалентных по значимым для эксперимента побочным параметрам (возраст, класс, методическое и программное обеспечение, педагог, тип конструктора). Был выполнен по этому принципу подбор однородных подгрупп, определены экспериментальная (100 человек) и контрольная (104 человека) группы. Эксперимент проводился в 2016–2018 учебных годах.

Исследование проводилось в три этапа.

На первом этапе осуществлялось проведение констатирующего эксперимента: исследовалось состояние актуальных вопросов и проблем обучения робототехнике и машиностроения в рамках реализуемой образовательными учреждениями модели, основанной на традиционной траектории «дошкольное образование – школа – университет – дополнительное образование». Для этого осуществлялся анализ психолого-педагогической, математической и научно-методической литературы по проблеме исследования, изучение и сравнительный анализ опыта преподавания робототехники в России и других странах с целью выявления направлений совершенствования курса робототехники.

Второй этап был посвящен разработке методического подхода к проектированию сквозного курса обучения робототехнике как базы для формирования фундаментальных знаний в отношении информатики, информационных технологий, основ управления объектами и процессами. Кроме того, был осуществлен анализ требований бизнеса, общества, государства к специалистам будущего. Было уточнено содержание ключевых надпрофессиональных навыков для востребованных профессий в области робототехники, и для выделенного набора компетенций разработана соответствующая система задач.

Третий этап исследования охватывает опытное преподавание и совершенствование курса робототехники, экспериментальную оценку эффективности предлагаемого подхода в отношении формирования ключевых надпрофессиональных компетенций в отрасли робототехники и машиностроения, киберфизических систем и искусственного интеллекта. Преподавание курса сопровождается постоянным мониторингом результатов когнитивной деятельности студентов, что позволяет последовательно совершенствовать предлагаемую методику. Обсуждение результатов исследования проходит в виде публикаций в журналах и докладов на конференциях различных уровней.

Результаты исследования

Уточнение сущности ключевых надпрофессиональных компетенций

В современном мире важную роль начинают играть надпрофессиональные компетенции (англ. crossprofessional skills, или soft skills), которые рассматриваются как комплекс неспециализированных метапредметных навыков, отвечающих за успешное участие в рабочем процессе и высокую производительность. К ним, согласно Атласу новых профессий, относят экологическое мышление, управление проектами, системное мышление, работу с людьми, работу в условиях неопределенности, программирование, робототехнические навыки, знания в области искусственного интеллекта и бережливого производства, навыки художественного творчества, мультиязычность и мультикультурность, межатраслевую коммуникацию, клиентоориентированность [29]. Отметим, что в Атласе указанные навыки только перечислены, без конкретизации для отраслей и профессий. Все эти компетенции представлены и в профессиях по отраслям робототехники и машиностроения (проектировщик домашних/медицинских роботов, инженер-комполитчик, проектировщик промышленной робототехники и др.). Поэтому одна из проблем в совершенствовании сквозного курса робототехники – уточнить, что именно включает каждая компетенция для подготовки инженерных и управленческих кадров.

Раскроем содержание набора ключевых компетенций для такой профессии будущего, как «проектировщик медицинских роботов»: системное мышление, межатраслевая коммуникация, управление проектами, программирование (искусственный интеллект).

Системное мышление. Системное мышление заключается в объединении двух неразрывно связанных между собой аспектов. Первый состоит в рассмотрении объекта (изучения, проектирования или др.) как системы и учете всех характеристик его системного бытия. Сюда входят следующие принципы: а) принцип взаимной детерминации, б) принцип иерархичности строения, в) принцип целостности объекта, г) принцип целенаправленности объекта и д) принцип историчности объекта. Вторым аспектом состоит в организации процесса деятельности как системного по своей логической структуре и по применяемым средствам и методам. Здесь можно выделить

такие принципы: а) системная постановка проблемы, б) системный анализ изучаемого объекта (включающий в себя морфологический, структурный и функциональный анализ объекта) и в) синтез результатов системного анализа. Другими словами, специалист в области робототехники и машиностроения должен мыслить на «языке систем», соответственно, достаточно быстро решать сложнейшие задачи, видеть целостную картину конкретной проблемы [30].

Межотраслевая коммуникация. Формирование навыков межотраслевой коммуникации предполагает понимание технологий, процессов и событий в различных смежных и несмежных сферах деятельности. Действительно, в современном мире передовая продукция производится на стыке разных отраслей: IT и медицины, строительства и нанотехнологий, науки и искусства. Данная компетенция позволяет быстрее учиться, брать лучшее из разных областей, за счет такого «метапереноса» поддерживать развитие внутри своей сферы деятельности. Поэтому специалисты профессий будущего должны понимать технологии, процессы, развитие сценариев во множестве отраслей и обладать широким спектром знаний, чтобы оставаться востребованными на рынке труда.

Управление проектами. Данная компетенция в будущем перестанет быть прерогативой специально подготовленных менеджеров, так как предприятия будут уходить от строгой иерархической структуры в организации и управлении. В этих условиях определяющими становятся лидерские качества, способность выделять приоритеты при решении задач, умение подобрать нужную команду.

Программирование/искусственный интеллект. В некоторых областях конкурировать с машинами в будущем станет просто бесполезно. Однако можно стать незаменимым для работодателя, если научиться проектировать и программировать роботов, автоматы, киберфизические системы, искусственный интеллект под задачи, поставленные именно человеком. Минимальное требование к специалистам профессий будущего – освоить программирование на базовом уровне, так как компьютерной грамотности в классическом понимании этой компетенции будет уже недостаточно.

Таким образом, нами уточнено содержание надпрофессиональных компетенций для профессии будущего «проектировщик медицинских роботов». Следующий актуальный вопрос сквозного курса робототехники для подготовки востребованных специалистов – изменение методической системы обучения.

Система задач как стержневой компонент методики обучения робототехнике

Любая методическая система в дидактике характеризуется целями обучения, местом темы в курсе, содержанием, средствами, методами, организационными формами и контролем. Однако специалист профессии будущего должен уметь быстро ориентироваться в изменяющихся условиях, предвидеть варианты развития сценариев, оценивать появления событий джокеров, поэтому «жесткая» технология преподавания с логикой между содержательными линиями, конкретными программными средствами, четко прописанными целями и традиционными методами обучения становится неэффективной. Будущему нужны специалисты, обладающие как фундаментальными теоретическими знаниями, так и умениями развиваться и совершенствовать свои навыки. На первый план в новой методике обучения, и робототехнике в частности, выходит когнитивный компонент – формирование умений постоянно расширять спектр знаний, находить точки роста в своей профессиональной деятельности, предвидеть и прогнозировать.

Описанные требования общества, бизнеса, государства к образовательным результатам позволяют предположить, что для профессий будущего компонент методической системы обучения «цели» эффективнее заменить на «надпрофессиональные компетенции», а определять компоненты «место в курсе» и «средства» предоставить самим обучающимся. Действительно, в новых условиях не должно иметь значение, каким средством реализовывать алгоритм, – специалисту будущего необходимо уметь переходить с одного конструктора, языка программирования и т. п. на другой. Похожая ситуация и с компонентом «место в курсе», так как момент изучения темы зависит от проблемной ситуации и практической задачи. Особое внимание следует уделить компоненту «контроль», так как, несмотря на появление и активное использование в обучении интерактивных методов оценки, игровых средств и форм контроля, ведущей формой проверки в курсе преподавания робототехники должен оставаться контроль результатов когнитивной деятельности учащихся (проект, модель, система, решение задачи и т. п.). Нельзя сводить контроль при обучении робототехнике к оцениванию через тесты, квесты, кроссворды, так как именно через эксперимент и манипулирование объектами обучающийся получает необходимое фундаментальное теоретическое знание.

Всё вышесказанное актуально и для профессии будущего «проектировщик медицинских роботов». Это специалисты по проектированию биосовместимых робототехнических комплексов и киберустройств для медицины и биотехнологической отрасли (например, роботы-хирурги, диагностические роботы, киберпротезы и др.). Работники профессии должны обладать высоким уровнем подготовки, способностью проводить крупномасштабные научные исследования, управлять проектами, генерировать и внедрять инновации, используя знания из таких отраслей как IT, молекулярная биология, химия, гистология, физика, экология и др.

Компоненты «методы» и «организационная форма» значительно расширяются в новых условиях, появляются и внедряются такие инновационные технологии, как проектная деятельность, электронное наставничество, виртуальный помощник, «перевёрнутое» обучение и др. Однако, несмотря на многообразие цифровых ресурсов, определяющим для формирования фундаментального теоретического знания остаётся компонент «содержание». Важнейшая идея предлагаемого подхода – получать новое знание через «задачу». Эта идея полностью соответствует требованиям к профессионалам будущего, которые должны уметь решать (предсказывать решения) разнообразные задачи. При этом понятие «задача» трактуется достаточно широко и процесс обучения робототехнике может быть рассмотрен как процесс разрешения противоречий между выдвигаемыми ходом обучения когнитивными и практическими задачами и наличным уровнем сформированных компетенций, умственного развития учащегося.

Суть задачного подхода – приобретение нового знания в процессе когнитивной деятельности по разрешению проблемы, которая задаётся системой специально подобранных задач. Для формирования системного мышления за основу взяты те характеристики системы, которые сформулированы в уточнении содержания этой компетенции (см. табл. 1).

Для формирования умений и навыков в программировании, автоматизации робототехнических систем за основу взяты конкретные практические проблемы, которые будут актуальны и в будущем (см. табл. 2).

Таблица 1

Надпрофессиональная компетенция «Системное мышление»

<i>Дошкольное образование</i>	<i>Школа</i>	<i>Высшее и дополнительное образование</i>
<p>Рассмотрите каждый из следующих объектов как систему, взаимодействующую с окружающей средой.</p> <p>Опишите входы и выходы этой системы: градусник, весы, ингалятор.</p> <p>Выделите подсистемы в следующих системах: больница, инвалидное кресло, робот-хирург.</p> <p>Определите, частью чего это является: цифра, бинт, стрелка</p>	<p>Рассмотрите каждый из следующих объектов как систему, взаимодействующую с окружающей средой.</p> <p>Опишите входы и выходы этой системы: робот-хирург, диагностический робот.</p> <p>Для каждой системы выделите подсистемы.</p> <p>Реализуйте автоматическое устройство для диагностики температуры воздуха в помещении, сигнализирующее о необходимости изменения температуры помещения на комфортную.</p> <p>Предусмотрите возможность ручной настройки устройства.</p> <p>Определите возможные надсистемы разработанного устройства.</p> <p>Перечислите возможные варианты модификации</p>	<p>Рассмотрите каждый из следующих объектов как систему, взаимодействующую с окружающей средой.</p> <p>Опишите входы и выходы этой системы: робот-хирург, диагностический робот.</p> <p>Составьте экспертную систему, ставящую респираторное заболевание или определяющую наличие заболевания (сахарный диабет).</p> <p>Опишите входы и выходы этой системы.</p> <p>Рассмотрите ее части, определите, частью какой внешней системы данная система может быть</p>

Таблица 2

**Надпрофессиональная компетенция
«Программирование/искусственный интеллект»**

<i>Дошкольное образование</i>	<i>Школа</i>	<i>Высшее и дополнительное образование</i>
<p>Составьте возможный диалог пациента и врача на первичном (повторном) приеме.</p> <p>Составьте алгоритм для забора анализов крови, для процедуры прививки</p>	<p>Разработайте автоматизированное устройство «Механическая рука». В зависимости от веса больного рассчитайте дозировку нужного лекарства.</p> <p>Напишите программу, определяющую самый быстрый маршрут для машины скорой помощи от пункта А до пункта Б на основе карты города (с учетом данных о пробках)</p>	<p>Напишите программу распознавания вида плоскостопия (или его отсутствия) по отпечатку ноги.</p> <p>Выберите наиболее подходящие методы для реализации программы выставления диагноза при респираторном заболевании.</p> <p>Можно использовать самообучающуюся нейронную сеть.</p> <p>Разработайте мобильного собеседника для больных сахарным диабетом, который позволит бы учитывать съеденные за день продукты (поощрять или порицать за них) и рекомендовать некоторые виды продуктов.</p> <p>Напишите библиотеку (модуль) для браслета (который считает шаги, замеряет сердечный ритм) для сердечников для ведения и подсчета статистики за день</p>

Для формирования умений и навыков в управлении проектами за основу взяты проекты из собственного опыта преподавания робототехники, которые учитывают требования к специалисту профессии будущего (см. табл. 3).

Для формирования умений и навыков в межатраслевой коммуникации за основу взяты различные отрасли, востребованные и перспективные на ближайшие 15-20 лет (см. табл. 4).

Таблица 3

Надпрофессиональная компетенция «Управление проектами»

<i>Дошкольное образование</i>	<i>Школа</i>	<i>Высшее и дополнительное образование</i>
<p>Организуите процесс познания для учащихся по манипулированию следующими предметами: термометр, кружка-хамелеон, кольцо настроения, кукла, у которой цвет волос зависит от температуры воды.</p> <p>Реализуйте проект «Термочувствительные предметы». Цель проекта: познакомиться с температурой как характеристикой объектов окружающего мира и живых существ, научиться измерять температуру, исследовать температурные характеристики разных объектов</p>	<p>Реализуйте проект «Применение термохромных предметов в медицине». Цель проекта: исследование термочувствительных свойств материалов и разработка предметов, применяемых для диагностики температурных характеристик объектов</p>	<p>Реализуйте проект «Помощник кардиолога (давление и пульс измеряют в домашних условиях), эндокринолога» (уровень сахара измеряют в домашних условиях).</p> <p>Разработайте мобильное приложение, позволяющее отправлять на электронную почту или в базу данных результаты анализов пациентов, которые они могут самостоятельно определить в домашних условиях. Таким образом, врачи могут наблюдать своих пациентов в более детальной динамике</p>

Таблица 4

Надпрофессиональная компетенция «Межотраслевая коммуникация»

<i>Дошкольное образование</i>	<i>Школа</i>	<i>Высшее и дополнительное образование</i>
<p><i>Биология</i></p> <p>Изучите строение тела человека, постройте куклу-марионетку (автоматизированную модель на гипсовой форме, фольге).</p> <p>Определите, какие части тела представлены только в одном экземпляре (то есть без них точно прожить нельзя), каких два и более органа.</p> <p>Выполните исследование для выявления плоскостопия по отпечатку ступни на бумаге.</p> <p><i>Экология</i></p> <p>Реализуйте проект «Чем мы дышим». Цель проекта: изучение учащимися органов дыхания человека, определение объема легких, определение свойств воздуха и зависимости человека от качества воздуха.</p> <p><i>Физика (оптика)</i></p> <p>Проект на применение линз в быту. Цель проекта: познакомиться с понятием линзы, изучить виды линз и способы их применения для улучшения жизни человека</p>	<p><i>Биология</i></p> <p>Изучите строение внутренних органов человека.</p> <p>Постройте автоматизированную модель сердца человека.</p> <p><i>Экология</i></p> <p>Изучите состав воздуха, определить, какие параметры воздушной среды могут угрожать здоровью и жизни человека.</p> <p>Разработайте автоматизированное устройство «Система противопожарной безопасности».</p> <p>Устройство на основе датчика газа должно определять уровень дыма и горючих газов, таких как сжиженный природный газ, бутан, пропан, метан, пары спирта и водород, и в случае угрозы жизни или здоровью человек сигнализирует об этом.</p> <p><i>Физика</i></p> <p>Изучите свойства звуковых волн и реализуйте проект на применение ультразвука в медицине.</p> <p>Разработайте автоматизированное устройство для диагностики остроты слуха</p>	<p><i>Физика/биология</i></p> <p>Рассчитайте силу для непрямого массажа сердца в зависимости от массы и возраста пациента. Разработайте автоматизированное устройство для проведения непрямого массажа сердца.</p> <p>Рассчитайте давление и объем кислорода для искусственного дыхания. Разработайте автоматизированное устройство для проведения искусственного дыхания.</p> <p><i>Экология</i></p> <p>Реализуйте проект «Автоматизированная система прогноза качества воздуха в вашем городе»: разработайте математические модели и комплексную автоматизированную систему, ориентированную на прогноз качества воздуха в различных районах; расчет фоновых характеристик загрязнений</p>

Предлагаемый набор задач обладает следующими характеристиками, ценными с позиций подготовки востребованных специалистов:

- преемственность между уровнями обучения и возможность получения знания в момент, определяемый самим учащимся;
- ориентация деятельности субъекта познания на возможное развитие сценариев;
- формирование фундаментального теоретического знания через экспериментальную работу;
- учёт требований государства, общества и бизнеса к умениям и компетенциям кадров профессий будущего.

Представленный набор задач не претендует на универсальность и конечность. Задача проводимого исследования заключается в том, чтобы продемонстрировать возможность составления такой системы стержневых задач для формирования требуемых надпрофессиональных компетенций и её дидактический потенциал для повышения качества существующей траектории обучения робототехнике.

Экспериментальная оценка

Для оценки эффективности предлагаемого подхода был проведен статистический анализ результатов когнитивной деятельности учащихся при работе с конструкторами и программными средствами и выполнена оценка сформированности ключевого набора надпрофессиональных компетенций.

На первом этапе эксперимента учащимся было дано контрольное задание по робототехнике, касающееся моделирования автоматизированной системы в соответствии с представленными надпрофессиональными умениями. Таким образом, удалось собрать экспериментальные данные о 204 учениках различных учебных учреждений (94 обучающихся в 2016/2017 учебном году, 110 обучающихся в 2017/2018 учебном году). Поскольку в результате предварительного контрольного мероприятия был выявлен практически одинаковый начальный уровень подготовленности обучающихся – участников педагогического эксперимента трёх лет, мы можем рассматривать их как общую выборку из 204 человек. На основе стратегии попарного отбора выделялись группы из индивидов, эквивалентных по значимым для эксперимента побочным параметрам (возраст, класс, методическое и программное обеспечение, педагог, тип конструктора).

Таким образом, были сформированы экспериментальная (100 человек) и контрольная (104 человека) группы. Характеризуя выборку, отметим, что в составе экспериментальной группы 75,3% девушек и 24,7% юношей.

Теоретические занятия для учащихся проводились одинаково, а практические работы в компьютерном классе организовывались по-разному. Школьники в экспериментальной группе обучались по предлагаемой методике, а обучающиеся контрольной группы изучали материал традиционным образом в соответствии с материалами УМК, выполняя задания по отдельным темам изучаемого курса.

С целью оценивания результативности предложенной методики по окончании учебного процесса обучающимся была предложена контрольная работа, которая содержала по одной задаче из каждого типа формируемой надпрофессиональной компетенции (системное мышление, управление проектами, межатраслевая коммуникация).

Оценка «отлично» выставлялась, если учащийся при решении всех заданий контрольной за совокупностью отдельных элементов видит системную целостность, её структуру, взаимосвязь системы и среды; полностью самостоятелен в выборе сферы

практического применения устройства, составлении алгоритма и способа решения; верно интерпретирует сообщения программной среды (информацию об ошибках); осуществляет поиск путей совершенствования механизма.

Оценка «хорошо» соответствовала случаям, когда учащийся при решении одного задания контрольной затрудняется в самостоятельном определении входов и выходов рассматриваемых систем; не всегда осуществляет поиск оптимального состояния системы и сферы её практического применения; допускает одну-две ошибки в конструкторском решении проекта и программной составляющей.

Для оценки «удовлетворительно» обозначались ситуации, когда школьник при решении задачных проектов ориентируется только на один из признаков элементов, выделяет существенные признаки системного объекта, вычленяет отношения между элементами, но не умеет активно использовать эту способность в конкретных практических ситуациях. К этой категории относились решения, когда учащийся пытается предложить свою модель, но не понимает смысла выполняемых алгоритмов. Успешное выполнение проекта сопровождалось постоянной поддержкой педагога.

Во всех остальных случаях выставлялась оценка «неудовлетворительно».

Результаты выполнения контрольной работы приведены в табл. 5.

Таблица 5

Распределение учащихся с учётом полученной оценки

Группы	Оценка				
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.	
Экспериментальная группа	32	40	18	10	100
Контрольная группа	18	28	40	18	104
	50	68	58	28	

Критерии для оценки сформированности компетенции: умение формулировать проблему таким образом, чтобы использовать компьютер и другие средства для её решения; логическая систематизация и анализ данных; умение представлять сведения по абстракциям, моделям; умение автоматизировать решения на основе серии упорядоченных шагов; выявление, анализ и реализация возможных решений с целью достижения наиболее оптимального сочетания шагов и ресурсов для получения максимального эффекта; умение обобщать и переносить алгоритм решения конкретной задачи на широкий круг подобных проблем.

Статистические различия уровней сформированности надпрофессиональных компетенций в контрольной и экспериментальной группах до и после изменения системы обучения робототехнике оценивались с помощью критерия χ^2 (хи-квадрат) Пирсона. Примем следующие гипотезы. *Н₀*: уровень надпрофессиональных умений обучающихся экспериментальной группы статистически равен уровню надпрофессиональных умений обучающихся контрольной группы; гипотеза *Н₁*: уровень надпрофессиональных умений обучающихся экспериментальной группы выше уровня надпрофессиональных умений обучающихся контрольной группы.

Вычисляем значение статистики критерия:

$$\chi^2_{\text{набл}} = \frac{1}{100 \times 104} \left(\frac{(32 \cdot 104 - 18 \cdot 100)^2}{32 + 18} + \frac{(40 \cdot 104 - 28 \cdot 100)^2}{40 + 28} + \frac{(18 \cdot 104 - 40 \cdot 100)^2}{18 + 40} + \frac{(10 \cdot 104 - 18 \cdot 100)^2}{10 + 18} \right) \approx 16,6$$

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе $c = 4$ число степеней свободы $n = c - 1 = 3$.

По таблицам распределения χ^2 для $n = 3$ и $\alpha = 0,05$ критическое значение статистики $\chi^2_{\text{крит}} = 7,82$. Следовательно, выполняется неравенство $\chi^2_{\text{крит}} < \chi^2_{\text{набл}}$.

В соответствии с правилом принятия решений нулевую гипотезу необходимо отклонить и принять альтернативную гипотезу.

Таким образом, экспериментальная оценка подтверждает качественное отличие в уровне формирования надпрофессиональных компетенции в контрольной и экспериментальной группах на примере подготовки специалистов профессии будущего «проектировщик медицинских роботов».

Наиболее заметное влияние на формирование надпрофессиональных компетенций (по результатам эксперимента) оказывают следующие факторы, поддерживаемые сквозной системой задач: активность в познании; самостоятельность в творчестве, конструировании робототехнических систем; сближение процесса обучения с процессом реального познания, профориентации и социализации; преемственность между уровнями обучения.

Влияние этих факторов отразилось на следующих видах когнитивной деятельности учащихся при работе с конструкторами и программными средствами:

- выбор оптимальных путей и способов реализации деятельности (умение самостоятельно планировать и осуществлять познавательную работу с автоматами, киберфизическими системами, искусственным интеллектом, структурировать информацию, определять вариант ее адекватного представления);
- развитие способности управлять своей деятельностью, работой команды для решения задач (умение оценивать правильность своего действия и коллектива, работу технического средства; получение навыков самоконтроля и принятия решения).

Самое главное – помнить, что при этом характер и результат учебно-познавательной деятельности должен способствовать как индивидуализации развития человека, так и формированию ИТ-компетентности, соответствующей уровню информационной культуры, определяемому условиями его жизни в роботизированном обществе.

Предлагаемые совершенствования модели полностью отвечают направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [31].

Заключение

Результаты исследования доказывают, что курс робототехники обладает богатым дидактическим потенциалом для формирования востребованных обществом, государством и бизнесом надпрофессиональных компетенций профессий будущего, так как является междисциплинарным, обогащает когнитивную деятельность учащихся новыми инструментами познания, предоставляет возможности для получения навыков проектной и командной работы.

Значимым результатом работы является конкретное описание содержания для надпрофессиональных компетенций в отрасли на примере одной из профессий будущего – «проектировщик медицинских роботов»: системное мышление, управление проектами, межотраслевая коммуникация.

Авторами сформулированы базовые идеи методики для совершенствования существующего курса робототехники с ориентацией на формирование востребованных надпрофессиональных компетенций будущего, центральным звеном которой является система задач. Ценность методики в том, что именно задача мотивирует

необходимость нового знания и только в процессе решения проблемы рождается новое знание. Набор задач является стержнем, вокруг которого строится когнитивная (проектная) деятельность учащихся. Кроме того, набор задач определяет траекторию, по которой движется ученик от незнания к знанию и далее к пониманию. Всё это происходит при конструировании, разработке робототехнических систем, экспериментальной деятельности, которая отталкивается от потребностей учащихся.

Эффективность предлагаемого подхода подтверждена педагогическим экспериментом, в ходе которого результат когнитивной деятельности оценивался по комплексу критериев, соответствующих сущности компетенций.

Таким образом, экспериментально обоснована эффективность предложенной модели сквозного курса робототехники для формирования востребованных надпрофессиональных компетенций будущего.

Полученные результаты могут быть использованы:

- для развития методической системы подготовки учителей к преподаванию робототехники как перспективной отрасли будущего;
- обеспечения индивидуализации образовательной траектории за счёт специально организованных направлений поддержки творческой, междотраслевой, познавательной исследовательской деятельности учащихся на всех уровнях изучения робототехники;
- продолжения работы над решением научных проблем обучения робототехнике в рамках реализуемой образовательными учреждениями модели обучения робототехнике;
- совершенствования методологии образовательной робототехники.

Перспективное направление совершенствования предложенной методики видится в дополнении ее аспектами, связанными с построением нелинейной индивидуальной образовательной траектории изучения робототехники и машиностроения.

Ссылки на источники

1. Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года. – 2013. – URL: http://minsvyaz.ru/common/upload/Strategiya_razvitiya_otrasli_IT_2014-2020_2025.pdf.
2. Алексеев Г. Н. Кибернетика и ноосфера. – М.: Наука, 1986. – 160 с.
3. Глушков В. М. Кибернетика. Вопросы теории и практики. – М.: Наука, 1986. – 488 с.
4. Кузнецов И. П. Кибернетические диалоговые системы. – М.: Наука, 1976. – 293 с.
5. Никитина Т. В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников: учеб. пособие. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2014. – 169 с.
6. Каляев И. А., Лохин В. М., Макаров И. М. Интеллектуальные роботы / под общ. ред. Е. И. Юревича. – М.: Машиностроение, 2007. – 360 с.
7. Воротников С. А. Информационные устройства робототехнических систем: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 384 с.
8. Бондарева Н. Н. Состояние и перспективы развития роботизации: в мире и России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2016. – Т. 7. – № 3(27). – С. 49–57. – URL: <http://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.3.49.57>.
9. Вишневская Н. Т., Зудина А. А. Профессиональная структура рабочей силы в странах Европы: о чем свидетельствуют прогнозы? // Вестник международных организаций. – 2017. – Т. 12. – № 4. – С. 109–129. – URL: <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2017-04-109>.
10. Мизякина О. Б., Мендель А. В. Системное мышление как ментальная модель образования в эру цифровой экономики // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2018. – № 2(71). – С. 19–22.
11. Глазунов В. А., Сухоруков Р. Ю., Силова Т. В. Развитие теории механизмов в России и участие российских ученых в деятельности Международной Федерации по развитию и продвижению науки о механизмах и машинах // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2011. – № 4. – С. 15–20.
12. Ершов М. Г. Использование элементов робототехники при изучении физики в общеобразовательной школе // Пермский педагогический журнал. – 2011. – № 2. – С. 86–90.

13. Ионкина Н. А. Особенности отечественного и зарубежного опыта подготовки педагогов к обучению робототехнике // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2018. – Т. 15 – № 1. – С. 114–121.
14. Филиппов В. И. Организация занятий по робототехнике во внеурочной деятельности в основной школе // Информатика и образование. – 2016. – № 6. – С. 20–27.
15. Филиппов С. А. Робототехника для детей и родителей. – СПб.: Наука, 2013. – 319 с.
16. Четина В. В. Особенности внедрения робототехники в образовательный процесс // Наука и перспективы – № 2. – URL: <http://nip.esrae.ru/14-109>.
17. Papert S. Mindstorms: children, computers, and powerful ideas. – 2nd ed. – N. Y.: Basic Books, 1993. – 230 с.
18. Carberry A. R., McKenna A. F. Exploring Student Conceptions of Modeling and Modeling Uses in Engineering Design: Student Modeling in Engineering Design // Journal of Engineering Education. – 2014. – Vol. 103. – № 1. – P. 77–91. – URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/jee.20033>.
19. Crawford R. A multidimensional/non-linear teaching and learning model: teaching and learning music in an authentic and holistic context // Music Education Research. – 2014. – Vol. 16. – № 1. – P. 50–69. – URL: <http://doi.org/10.1080/14613808.2013.812627>.
20. Tocháček D., Lapeš J., Fuglík V. Developing Technological Knowledge and Programming Skills of Secondary Schools Students through the Educational Robotics Projects // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2016. – Vol. 217. – P. 377–381. – URL: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.107>.
21. Atmatzidou S., Demetriadis S. Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences // Robotics and Autonomous Systems. – 2016. – Vol. 75. – P. 661–670. – URL: <http://doi.org/10.1016/j.robot.2015.10.008>.
22. Ioannou A., Makridou E. Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work // Education and Information Technologies. – 2018. – URL: <http://doi.org/10.1007/s10639-018-9729-z>.
23. Gaudiello I., Zibetti E. Learning Robotics, with Robotics, by Robotics: Educational Robotics. – Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2016. – URL: <http://doi.org/10.1002/9781119335740>.
24. Gabriele L. [et al.] An Educational Robotics Lab to Investigate Cognitive Strategies and to Foster Learning in an Arts and Humanities Course Degree // International Journal of Online Engineering (iJOE). – 2017. – Vol. 13. – № 04. – P. 7. – URL: <http://doi.org/10.3991/ijoe.v13i04.6962>.
25. Kim J.-O., Kim J. Development and Application of Art Based STEAM Education Program Using Educational Robot: // International Journal of Mobile and Blended Learning. – 2018. – Vol. 10. – № 3. – P. 46–57. – URL: <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/IJMBL.2018070105>.
26. Keisner A. [и др.] Robotics: Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property // Foresight and STI Governance. – 2016. – Т. 10. – № 20. – С. 7–27. – URL: <https://foresight-journal.hse.ru/en/2016-10-2/185673362.html>.
27. Alimisis D. Teacher Training in Educational Robotics: The ROBOESL Project Paradigm // Technology, Knowledge and Learning. – 2018. – URL: <http://doi.org/10.1007/s10758-018-9357-0>.
28. Ospennikova E., Ershov M., Iljin I. Educational Robotics as an Inovative Educational Technology // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 214. – P. 18–26. – URL: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.588>.
29. Надпрофессиональные навыки // Атлас новых профессий. – URL: http://atlas100.ru/future/crossprofessional_skills.
30. Мизякина О. Б., Мендель А. В. Системное мышление как ментальная модель образования в эру цифровой экономики // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2018. – № 2(71). – С. 19–22.
31. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>.

Nikita L. Karavaev,

Candidate of Philosophical Sciences, Head of Digital Technologies in Education Chair, Vyatka State University, Kirov, Russia
nl_karavaev@vyatsu.ru

Elena V. Soboleva,

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Digital Technologies in Education Chair, Vyatka State University, Kirov, Russia
sobolevaelv@yandex.ru

Maria L. Votintseva,

Research Assistant, Digital Technologies in Education Chair, Vyatka State University, Kirov, Russia
vml79@inbox.ru

Improvement of robotics through course for the training of the specialists of the future professions

Abstract. The problem that the research is aimed at stems from the urgent need to change the existing model of learning robotics in order to implement the strategy of training highly qualified specialists in the most popular, promising sectors of the future, taking into account the requirements of business, society, and the state. The purpose of the study

is to substantiate theoretically and test experimentally the effectiveness of using the task approach in teaching robotics to form the desirable cross-professional competences of the future. The research methodology consists of an analysis of psychological, educational, scientific and technical literature, methodological works on the teaching of robotics at all stages of training; analysis of constructors and software tools to support students' practice and transformation activities; analysis of robotic systems from creative projects of the educational process participants; Rapid Foresight method; system analysis; pedagogical experiment. The authors made a detailed description of the didactic and interdisciplinary potential of robotics course as a part of the educational model implemented by educational institutions based on the traditional trajectory "preschool education - school - university - additional education", in terms of training engineering and technical personnel for the professions of the future. The work substantiates the role of cross-professional competences (soft skills) as a complex of non-specialized metasubject skills responsible for successful participation in the working process and high efficiency. In addition, specific content supported by a system of tasks is offered for each of the core competences in the field of robotics and engineering. Our findings allowed us to formulate the basic ideas of the methodology for improving the through course of studying robotics with a precise focus on those competences formation that meet the requirements of society, business, and the state to prepare future specialists. The effectiveness of the modified methodology of the course for improving the quality of the educational process is confirmed by experimental data. The theoretical significance of the study lies in the fact that the findings confirm: it is the improvement of the course of robotics that will provide a useful skill - be able to learn, prepare for the professions of the future.

Key words: cross-professional skills, robotics and engineering, teaching methods, system of tasks, challenges of the future.

Научно-методический электронный журнал «Концепт» (раздел 13.00.00 Педагогические науки) с 06.06.2017 включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (перечень ВАК Российской Федерации).



Библиографическое описание статьи:

Караваев Н. Л., Соболева Е. В., Вотинцева М. Л. Совершенствование сквозного курса робототехники для подготовки специалистов профессий будущего // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2019. – № 3 (март). – С. 44–58. – URL: <http://e-koncept.ru/2019/191022.htm>.



DOI 10.24411/2304-120X-2019-11022

© Концепт, научно-методический электронный журнал, 2019

© Караваев Н. Л., Соболева Е. В., Вотинцева М. Л., 2019