РАЗДЕЛ I. ОБЩАЯ ПЕДАГОГИКА, ИСТОРИЯ ПЕДАГОГИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 37.017.912

DOI: 10.18384/2310-7219-2019-3-6-16

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ STEM-ИГРА «ИНДУСТРИЯ 4.0 И ОСВОЕНИЕ БЛИЖНЕГО КОСМОСА» КАК СРЕДСТВО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТАРШЕКЛАСНИКОВ

Ечмаева Г. А., Малышева Е. Н.

*Тюменский государственный университет
625003, Тюменская обл., г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6,
Российская Федерация*

Аннотация. Цель – разработка мероприятия как средства политехнического воспитания старшеклассников – обусловлена активным применением киберфизических систем в современной экономике, в частности в космической отрасли. Подготовка кадров для высокотехнологичных отраслей экономики должна начинаться со школы. На основе анализа современных педагогических технологий была разработана и апробирована STEM-игра «Индустрия 4.0 и освоение ближнего космоса». Результаты анализа рефлексивных данных показали эффективность применения STEM-технологий для политехнического воспитания. Несмотря на внешнюю сложность поставленных задач, игра приводит к ситуации успеха, что способствует развитию интереса школьников к техническим профессиям. Представленная разработка мероприятия может быть использована в системе дополнительного обучения технической направленности и внеурочной работы со старшеклассниками. Статья адресована учителям физики, информатики, педагогам дополнительного образования.

Ключевые слова: STEM-игра, Индустрия 4.0, политехническое воспитание, образовательная робототехника

ENGINEERING AND TECHNICAL STEM-GAME "INDUSTRY 4.0 AND THE EXPLORATION OF THE NEAR SPACE" AS A MEANS OF POLYTECHNICAL EDUCATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS

G. Echmaeva, E. Malysheva

University of Tyumen

6 Volodarskogo ul., Tyumen 625003, Russian Federation

Abstract. The aim of the article is the development of the event as a means of polytechnic education of high school students which is stipulated by the active use of cyber-physical systems in the modern economy and in the space industry in particular. Training for high-tech industries should start from school. On the analysis of modern pedagogical technologies, STEM-game "Industry 4.0 and the exploration of the near space" has been developed and tested. The results of the analysis of reflexive data showed the effectiveness of the use of STEM technologies for polytechnic education. Despite the external complexity of the tasks, the game leads to the situation of success, which contributes to the development of students' interest in technical professions. The presented event can be used in the system of additional technical training and extracurricular work with high school students. The article is addressed to teachers of physics and computer science, to teachers of additional training.

Keywords: STEM-game, Industry 4.0, polytechnic education, educational robotics

Сегодня одним из приоритетных направлений развития науки, техники и технологий Российской Федерации является космическая отрасль. Как отметил В. В. Путин, лидерами глобального развития становятся те страны, которые способны создавать прорывные технологии и собственную производственную базу, а качество инженерных кадров становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности государства¹.

В современном мире идут процессы, связанные с автоматизацией, роботизацией и внедрением киберфизических систем не только в производство, но и в обслуживание человеческих потребностей, включая быт,

жизненную среду, досуг, человеческую идентичность и т. д. Новый технологический уклад получил название «Четвёртая промышленная революция», или «Индустрия 4.0» [1]. Современное производство остро нуждается в специалистах, не только обладающих мультипредметными знаниями в области физики, математики, электроники, IT-технологий, но и способных творчески мыслить, умеющих находить нестандартные решения, соответствующие новым технологическим реалиям и вызовам. Как указывают экономисты, подготовку таких специалистов необходимо начинать со школьной скамьи [8]. В этой связи особое значение в старшей школе в рамках профессиональной ориентации обучающихся приобретает политехническое воспитание, направленное на ознакомление со спецификой современных производств, формирование интереса к ин-

¹ Стенографический отчёт о заседании Совета при Президенте по науке и образованию 23 июня 2014 года, Москва, Кремль [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/45962> (дата обращения: 20.01.2019)

женерной деятельности, развитие технических способностей, системного мышления, изобретательности, начал предпринимательства [5; 6].

Понятие политехнического воспитания появилось и прочно вошло в педагогику как одна из задач, направленных на пропедевтику профессионального обучения, в конце XIX – начале XX вв. Согласно идеям диалектического материализма, политехническое воспитание (обучение и образование), связанное с производительным трудом, чрезвычайно важно для интеллектуального развития и становления личности в целом [2]. В XXI в. данная идея получила дальнейшее развитие и нашла отражение в концепции системно-деятельностного и принципе практико-ориентированного подхода к обучению [7; 11]. Условия современного технологического уклада стирают грани между «чистыми» предметами в пользу междисциплинарных областей знаний, к которым, в частности, относится космическая отрасль, интегрирующая знания физики, астрономии, технологии, математики и информатики. В этой связи актуализируется значение политехнического воспитания, основными чертами которого выступают мультипредметность, компетентность и системное мышление. Методически грамотно организованные воспитательные мероприятия политехнической направленности позволяют подготовить обучающихся к осознанному выбору будущей профессии, способствуют развитию ответственности за полученный результат, формируют навыки командной работы.

Мы считаем, и это подтверждается российскими и зарубежными исследователями, что наибольшую эффектив-

ность в вопросах политехнического воспитания, формирования системного мышления и мультипредметных знаний школьников в области естественных и технических наук даёт применение STEM (Science, Technology, Engineering and Math (Наука, техника, инженерия и математика)) – технологии обучения, разработанной в Университете Карнеги – Меллон (США, 2001 г.) [9; 12]. Сегодня именно парадигма STEM-образования¹ рассматривается как основа образовательной реформы, направленной на дальнейшее развитие и конкурентоспособность экономики, производства ведущих стран мира (Китай, США, Великобритания, Израиль, Корея, Сингапур, Австралия, Норвегия и др.), в том числе России, и инженерного образования [10]. Отличительной особенностью STEM от других технологий и подходов к обучению является реализация следующих принципов: интегративности обучения, индивидуализации выстраивания системы знаний, приоритета процесса понимания в обучении, баланса между изучением и реализацией знаний, вариативности решений².

STEM-технологии позволяют сократить разрыв между потребностями индустрии в современных научных и инженерно-технических кадрах и профессиональным выбором школьников путём более ранней профессиональной ориентации. Это связано с тем, что

¹ STEAM – Not STEM Whitepaper: An agreement on what drives the US economy in the future [Электронный ресурс]. URL: <http://steam-not-stem.com/articles/whitepaper/> (дата обращения: 01.12.2018).

² Rogers Chris. Learning STEM in the Classroom [Электронный ресурс]. URL: <http://www.legoengineering.com/learning-stem-in-the-classroom> (дата обращения: 24.09.2018).

основной формой реализации обучения на основе STEM-технологии является особым образом организованная игра, позволяющая участникам применять свои знания для решения плохо структурированных технологических проблем (как это происходит на реальном производстве). Поиск решения проблемы развивает творческие способности, позволяет более интенсивно овладевать навыками организации мышления и командной работы. Кроме того, STEM-игра даёт возможность участникам проявить свои лидерские качества и попробовать себя в роли управленца, ответственного за полученный результат [4; 7].

Космическая отрасль всегда являлась флагманом новейших научных разработок и их применения. Именно благодаря космическим технологиям мы можем пользоваться сотовой связью, интернетом, GPS-навигацией, телевидением, знать метеоусловия в любой точке земного шара, исследовать Вселенную и т. д. Она является стратегической отраслью экономики, реализующей наиболее сложные виды деятельности, но, несмотря на это, испытывает дефицит квалифицированных кадров [3]. Инициатива преподавателей кафедры физики, математики, информатики и методик преподавания Тобольского педагогического института им. Д. И. Менделеева, реализуемая с использованием гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов, – создание Центра образовательной астрономии «КВАЗАР», названного в честь самых масштабных и удивительных звездных объектов Вселенной, – нацелена на просвещение

школьников в области астрономии, космической техники и технологий.

Одно из мероприятий, разработанных Центром, – это STEM-игра «Индустрия 4.0 и освоение ближнего космоса» для старшеклассников. Главная цель данной разработки – это повышение престижа инженерных профессий, развитие интереса к космической отрасли среди молодёжи, их политехническое воспитание.

Задачи игры:

- просвещение старшеклассников о понятии «Индустрия 4.0» как глобального социально-экономического процесса;
- повторение и обобщение знаний по астрономии, физике, математике, информатике и технологии;
- формирование представления о тех компетенциях, которые будут востребованными на рынке труда в условиях четвёртой промышленной революции;
- организация содержательного досуга школьников.

Формат STEM-игры выбран по ряду причин: это практико-ориентированный мультидисциплинарный проект, у которого есть измеримые и понятные результаты; он обладает мощным эффектом самообразования и рефлексии; оставляет сильное эмоциональное впечатление и желание освоить знания, которых оказалось недостаточно при выполнении проекта¹. Игра длится около 3 часов и состоит из 3 логических этапов.

Этап 1 – «Что такое Индустрия 4.0?» – направлен на просвещение будущих выпускников в области промышлен-

¹ Что такое STEM-игра? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stemgames.ru> (дата обращения: 04.09.2018).

ных (индустриальных) революций и формирование представления о том, что принято называть «Индустрия 4.0», и какие базовые технологии лежат в ее основе, раскрытие возможностей применения перспективных технологий, в том числе и в космической отрасли, ознакомление с компетенциями, которые помогут выпускнику школы быть востребованным на рынке труда в условиях четвёртой промышленной революции. Информация подаётся на основе интерактивной беседы в сопровождении мультимедийной презентации с короткими видеофрагментами, иллюстрирующими суть обсуждаемых вопросов.

Этап 2 – «STEM-игра» – это непосредственно процесс, имитирующий решение ситуационной задачи на организацию роботизированного производства в условиях, отличных от земных. Участники знакомятся с «легендой», им объясняются правила игры и распределяются производственные задачи – проекты между подгруппами.

По легенде человечество пришло к выводу, что дальнейшее использование исчерпаемого горючего минерального сырья в качестве топлива необратимо ведёт к запуску глобальных катаклизмов и гибели всего живого на планете. Единственный выход – это повышение эффективности «зеленой энергетики», т. е. экологически чистого производства энергии, для чего нужны более эффективные магниты в большом количестве. Изготовить их можно только из таких элементов, как ниодим (Nd), диспрозий (Dy) и тербий (Tb) – редкоземельных элементов, залежи которых расположены в ЮАР и Китае, но через 10–15 лет их запасы

закончатся. К счастью, планетологи на одном из спутников Юпитера обнаружили колоссальные запасы этих элементов. Космическое агентство объединённых сил всех космических держав планеты решило развернуть и запустить там производство по их добыче и переработке.

Цель участников STEM-игры – разработать действующую модель киберфизического производственного комплекса по добыче и первичной обработке редкоземельных элементов, работающего в автоматическом режиме без вмешательства человека. Комплекс включает в себя 4 территориально разделённых блока:

- координационный,
- энергетический,
- научный,
- производственный.

Блоки состоят из роботизированных модулей, образующих взаимосвязанную систему. В соответствии с планетарными условиями, обмен информацией между модулями может быть реализован по системе беспроводной связи (защищённое Bluetooth-соединение) или с помощью датчиков (ультразвуковой дальномер, освещения, касания и др.). О том, какой именно способ взаимодействия будет использован между конкретными модулями, должны договориться участники игры самостоятельно. Предположительно, в состав производственного комплекса могут входить следующие модули:

- роботизированный добывающий модуль (РД);
- автоматизированная линия по измельчению и химической сепарации породы (ЛИС);
- линия по термической обработке

полезной породы и формированию заготовок (ЛТО);

- робот-упаковщик породы (РУ);
- автоматизированное хранилище редкоземельных элементов перед отправкой на Землю (ХР).

Перемещение добытого сырья между модулями может осуществляться:

- по конвейерной линии (К);
- роботами-манипуляторами (М);
- автоматическими мобильными транспортировщиками (МТ).

Для обеспечения работы производственных модулей также должны быть развернуты:

- роботизированный центр управления (РЦУ);
- солнечная электростанция (СЭС);
- система радиосвязи с Землей (РС);
- научно-исследовательский (лабораторный) модуль (НИМ).

Схема взаимодействия модулей представлена на рисунке 1.

Рис. 1. Информационная модель киберфизической системы (производственного комплекса) для первичной обработки редкоземельных элементов

Выполнение миссии заключается в решении проектных заданий несколькими командами из 2–3 человек (9–10 заданий). Каждое проектное задание включает в себя как техническую, так и исследовательскую составляющие.

Приведём пример исследовательской части задания для проектной группы, которая должна развернуть НИМ: для Космического агентства необходимо подготовить отчет, содержащий уточненную и обобщенную информацию о Солнечной системе и физических свойствах ее объектов: планеты и их крупные спутники, расстояние до Солнца, масса, радиус, пе-

риод обращения, величина суток, наличие и преимущественный химический состав атмосферы, температура, пригодность для выполнения миссии.

Пример исследовательского задания для проектной группы, которая должна спроектировать, создать и запустить РД: для Космического агентства необходимо подготовить отчет, содержащий уточненную и обобщенную информацию о редкоземельных элементах: ниодим (Nd), диспрозий (Dy), тербий (Tb), о том, где используются, и их значение для развития «зеленой энергетики». Отчет необходимо представить в виде презентации, сопрово-

див ее фото- и видеоинформацией, где указать название исследовательской работы, название команды, класс, школы (при выборе названия учитывается мнение всего класса).

Пример технического задания для проектной группы по запуску РЦУ: *необходимо разработать проект и создать работающий роботизированный центр управления для запуска инфраструктуры производственного комплекса (СЭС, РС, НИМ), дистанционного запуска РД. Отчет о работе оформить в виде инструкции по сборке и программированию модуля.*

Для решения технической части задания участникам предоставляется возможность использовать ресурсы образовательных конструкторов и программируемых микроконтроллеров. Исходя из универсальности и простоты, организаторы предлагают к использованию наборы Lego MindStorms EV3. Опыт показывает, что участники быстро осваиваются с данным техническим средством, каждый раз реализуя непохожие вариативные технические решения. В качестве среды программирования микроконтроллеров Atmega ARM9, входящих в состав конструктора, используется среда EV3, интерфейс которой прост и интуитивно понятен, поскольку базируется на технологии и принципах промышленного программирования. Среда EV3 является упрощенным и адаптированным диалектом LabView, которая используется для написания управляющих программ для технических приборов и установок в исследовательских и промышленных лабораториях, инженерных проектах, для управления атомными реакторами и космическими аппаратами. EV3 под-

держивает методологию визуального проектирования, и все программы, созданные в ней, представляют собой рисунки-схемы (графы), где узлами являются программные блоки, для корректной работы которых необходимо только определить значение параметров, а ребрами – поток, задающий логику программной реализации [4].

Применение данной среды и технологии написания управляющих программ позволяет познакомить школьников с работой IT-специалистов, занимающихся программированием сложных роботизированных установок в том числе и для космической отрасли.

Фрагмент отчёта школьников с инструкцией по программированию микроконтроллера РЦУ в среде EV3 приведён на рисунке 2.

После получения и распределения проектных заданий начинается работа проектных групп: обсуждение вариантов решения, конструирование, программирование созданных модулей, отладка конструкторских решений и программ, систематизация исследовательской информации.

Этап 3 – «Запуск». На последнем этапе выполняется сборка модели единого производственного комплекса из созданных проектными группами модулей и его запуск (фото 1), заслушиваются и обсуждаются подготовленные отчеты, подводятся итоги игры.

Апробация инженерно-технической STEM-игры на старшеклассниках г. Тольятти дала следующие результаты:

1. Школьники практически не имеют понятия о промышленных революциях и в частности об «Индустрии 4.0», о том, какие технологии лежат в её основе.

Рис. 2. Фрагмент отчёта по программированию работы мобильной платформы РЦУ

Фото 1. Школьники после успешного запуска комплекса

2. Знания общеобразовательного курса астрономии недостаточные. Школьники плохо представляют себе физические свойства объектов Солнечной системы.

3. Новая информация, полученная ими во время игры, вызывает большой интерес. Это обусловлено, в том числе, применением различных приемов и технологий обучения: динамичной смены видеофрагментов и мультимедиа-презентаций, игровых технологий и проектной деятельности.

4. Немаловажную роль для развития познавательного интереса играет конструирование образовательного процесса таким образом, что, несмотря на внешнюю сложность поставленных задач, приводит к ситуации успеха, поскольку общая миссия (запуск всего производственного комплекса в автоматическом режиме) зависит от качества выполнения заданий каждой отдельной группой.

Полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности

STEM-игры «Индустрия 4.0 и освоение ближнего космоса» для политехнического воспитания старшеклассников, разработанной с учётом современных тенденций как в области образования,

так и в сфере приоритетных направлений развития науки, техники и технологий.

Статья поступила в редакцию 06.03.2019

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков Г. П., Кочемаскин А. Н. Понятие и экономическая сущность научно-технологического развития // Проблемы современной экономики. 2014. № 1 (49). С. 38–41.
2. Большая советская энциклопедия: в 30 т. Т. 20 / гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. М., 1975. 608 с.
3. Галкина Ю. В., Кукарцев А. В. Кадры космической отрасли: проблемы и реальность [Электронный ресурс] // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2014. № 10.
4. Ечмаева Г. А., Косолапова Н. М. Концепция организации центра инновационного творчества школьников в области информатики и кибернетики // Фундаментальные исследования. 2014. № 8–2. С. 459–463.
5. Ечмаева Г. А., Малышева Е. Н. Теоретический аспект формирования инженерного мышления школьников // Теория, практика и перспективы развития современной школы: коллективная монография / отв. ред. А. Ю. Нагорнова. Ульяновск, 2017. С. 173–182.
6. Инженер XXI века: конвергенция личностных, профессиональных и социально значимых компетенций в ситуации принятия решения / Е. А. Евстифеева, С. В. Рассадин, С. И. Филиппченкова, С. В. Иванов // Власть. 2014. № 9. С. 32–36.
7. Инновационные процессы в современном образовании: монография / под ред. Т. Н. Леван. Новосибирск, 2013. 142 с.
8. Новиков Н. И., Сычевая С. С. Инжиниринг – как важнейшая составляющая экономического развития // Наука и образование. Белово, 2015. С. 387–390.
9. Репин А. О. Актуальность STEM-образования в России как приоритетного направления государственной политики [Электронный ресурс] // Научная Идея. 2017. № 1.
10. Анализ опыта США и Великобритании в развитии STEM-образования / А. И. Рудской, А. И. Боровков, П. И. Романов, К. Н. Киселёва // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Естественные и инженерные науки. 2017. Т. 23. № 2. С. 7–16.
11. Хижнякова Л. С. Системно-деятельностный подход в обучении физике // Системно-деятельностный подход в обучении физике в условиях реализации образовательных стандартов: доклады научно-практической конференции. М., 2012. С. 3–8.
12. Чемеров В. Н., Крылов Д. А. STEM – новый подход к инженерному образованию // Вестник Марийского государственного университета. 2015. № 5 (20). С. 59–65.

REFERENCES

1. Belyakov G. P., Kochemaskin A. N. [The concept and economic essence of scientific and technological development]. In: *Problemy sovremennoi ekonomiki* [Problems of modern Economics], 2014, no. 1 (49), pp. 38–41.
2. Prokhorov A. M. *Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya*. T. 20 [Great Soviet encyclopedia. T. 20]. Moscow, 1975. 608 p.
3. Galkina Yu. V., Kukartsev A. V. [Footage of the space industry: problems and reality]. In: *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики* [Actual problems of aviation and cosmonautics]. 2014, no. 10.

4. Evstifeeva E. A., Rassadin S. V., Filippchenkova S. I., Ivanov S. V. [The Engineer of the XXI century: convergence of personal, professional and social competencies in the situation of decision-making]. In: *Vlast'* [Power], 2014, no. 9, pp. 32–36.
5. Echmaeva G. A., Kosolapova N. M. [The concept of the organization center for innovative creativity of students in the field of Informatics and Cybernetics]. In: *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2014, no. 8–2, pp. 459–463.
6. Echmaeva G. A., Malysheva E. N. [The theoretical aspect of formation of engineering thinking of students]. In: Nagornova A. Yu., ed. *Teoriya, praktika i perspektivy razvitiya sovremennoi shkoly* [Theory, practice and prospects of modern schools development]. Ulyanovsk, 2017, pp. 173–182.
7. Levan T. N., ed. *Innovatsionnye protsessy v sovremenном obrazovanii* [Innovative processes in modern education]. Novosibirsk, 2013. 142 p.
8. Novikov N. I., Sychevaya S. S. [Engineering as an important component of economic development]. In: *Nauka i obrazovanie* [Science and education]. Belovo, 2015, pp. 387–390.
9. Repin A. O. [The relevance of STEM education in Russia as a priority direction of state policy]. In: *Nauchnaya Ideya* [Scientific Idea], 2017, no. 1.
10. Rudskoy A. I., Borovkov A. I., Romanov P. I., Kiseleva K. N. [Analysis of the experience of the US and the UK in developing the STEM education]. In: *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo politekhnicheskogo universiteta Petra Velikogo. Estestvennye i inzhenernye nauki* [Scientific-technical Bulletin of Saint-Petersburg State Polytechnic University Peter the Great. Natural and engineering science], 2017, vol. 23, no. 2, pp. 7–16.
11. Khizhnyakova L. S. [System and activity approach in teaching physics]. In: *Sistemno-deyatelnostnyi podkhod v obuchenii fizike v usloviyakh realizatsii obrazovatel'nykh standartov: doklady nauchno-prakticheskoi konferentsii* [System and activity approach in teaching physics in the conditions of realization of educational standards: reports of the scientific-practical conference]. Moscow, 2012, pp. 3–8.
12. Chemekov V. N., Krylov D. A. [STEM – a new approach to engineering education]. In: *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of Mari State University], 2015, no. 5 (20), pp. 59–65.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ечмаева Галина Анатольевна – кандидат педагогических наук, доцент, декан естественнонаучного факультета Тюменского государственного университета;
e-mail: g.a.echmaeva@utmn.ru;

Мальшиева Елена Николаевна – кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой физики, математики, информатики и методик преподавания Тюменского государственного университета;
e-mail: el.n.malysheva@utmn.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Galina A. Echmaeva – candidate of pedagogical sciences, associate professor, dean, University of Tyumen;
e-mail: g.a.echmaeva@utmn.ru

Elena N. Malysheva – candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of the Department of physics, mathematics, informatics and methods of teaching, University of Tyumen;
e-mail: el.n.malysheva@utmn.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ечмаева Г. А., Малышева Е. Н. Инженерно-техническая STEM-игра «Индустрия 4.0 и освоение ближнего космоса» как средство политехнического воспитания старшеклассников // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2019. № 3. С. 6–16.

DOI: 10.18384/2310-7219-2019-3-6-16

FOR CITATION

Echmaeva G. A., Malysheva E. N. Engineering and technical STEM-game “Industry 4.0 and the exploration of the near space” as a means of polytechnical education of high school students. In: *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Pedagogics*, 2019, no. 3, pp. 6–16.

DOI: 10.18384/2310-7219-2019-3-6-16