

М. Ю. ВОРОНЦОВА, В. О. КОТЛЯРОВ

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

Рассматриваются проблемы создания методического обеспечения учебного курса робототехники для детей школьного возраста. Предложена методика составления учебной программы такого курса средствами системного проектирования мехатронных устройств на основе информационных графических дескриптивных моделей. Для представления учебного материала, целей, задач, средств и тем обучения использован графический язык системного моделирования SysML. Программа учебного курса рассматривается как сложный многоуровневый объект проектирования, создаваемый на основе существующих проектов мехатронных систем. Предложенная методика позволяет представить программу обучения в наглядном графическом виде, удобном для анализа и изменения. Рекомендуемый для использования инструментарий обеспечивает выполнение анализа качества программы курса образовательной робототехники и её автоматическое преобразование в традиционную текстовую форму.

Ключевые слова: образовательная робототехника, графические языки моделирования, SysML, маршрут обучения.

М. Ю. ВОРОНЦОВА, В. О. КОТЛЯРОВ

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ПРОГРАМ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ

Розглядаються проблеми створення методичного забезпечення навчального курсу робототехніки для дітей шкільного віку. Запропоновано методику складання навчальної програми такого курсу засобами системного проектування мехатронних пристроїв на основі інформаційних графічних дескриптивних моделей. Для подання навчального матеріалу, цілей, завдань, засобів та тем навчання використано графічну мову системного моделювання SysML. Програма навчального курсу розглядається як складний багаторівневий об'єкт проектування, що створюється на основі існуючих проектів мехатронних систем. Запропонована методика дозволяє представити програму навчання в наочному графічному вигляді, зручному для аналізу і зміни. Рекомендований для використання інструментарій забезпечує виконання аналізу якості програми курсу освітньої робототехніки та її автоматичне перетворення у традиційну текстову форму.

Ключові слова: освітня робототехніка, графічні мови моделювання, SysML, маршрут навчання.

M. YU. VORONTSOVA, V. O. KOTLYAROV

THE USE OF MECHATRONIC DEVICES DESIGN TOOLS FOR COMPILING PROGRAMS OF TRAINING COURSES

The work deals with the problems of the robotics training course for school-age children like the creation of methodological support, the complexity of teaching. A method of compiling a curriculum for such a course by means of system design of mechatronic devices based on graphic descriptive information models is proposed, which are used to create engineering design documentation. For the presentation of educational material, goals, objectives, tools and topics of training used a graphical system-modeling language SysML. The curriculum is considered as a complex multi-level design object created on the basis of existing projects of mechatronic systems. The proposed technique allows to present the curriculum in a visual graphical form, handy for analysis and change. The system design software recommended for use ensures the performance analysis of the educational robotics curriculum program and its automatic conversion into the traditional text form.

Keywords: educational robotics, graphical modeling languages, SysML, learning route.

Введение. Робототехника стремительно проникает в детское школьное и внешкольное образование, до полня, а иногда и заменяя занятия по информатике, физике, математике, трудовому обучению, черчению. Особенно заметен рост количества новых IT-кружков, клубов технического творчества и образовательных центров. Популярность этой дисциплины в образовании настолько велика, что появился специальный термин «образовательная робототехника». Причиной такой популярности является объединение классических подходов к изучению научных и технических дисциплин и таких современных направлений инженерной деятельности в сфере автоматизации как информационное моделирование и программирование компьютерных систем. Это позволяет быстрее сформировать у школьников умения планировать, оценивать и корректировать свои действия, выбирать направления поиска необходимых сведений, воспринимать информацию в ходе практической деятельности. Робототехника мотивирует учащихся на изучение точных наук, формирует техническое мышление, позволяет полу-

чить навыки технического творчества и способствует ранней профессиональной ориентации. Она предоставляет возможность объединить техническое конструирование и программирование компьютеров в одном учебном курсе, обеспечивая интеграцию преподавания базовых школьных дисциплин физико-математического цикла с развитием творческого инженерного мышления. Техническое творчество, в свою очередь, является мощным инструментом синтеза знаний в ходе обучения [1].

Как показывает практика, внедрение образовательной робототехники именно в школьную программу обучения позволяет вовлечь в процесс инженерного творчества детей, начиная уже с младшего школьного возраста. Она способствует развитию у учащихся необходимой моторики, усидчивости и трудолюбия, тяги к исследовательской и созидательной деятельности. Кроме того, развиваются коммуникативные способности, проявляющиеся в умении организовывать деловое общение и демонстрировать результаты своей работы.

© М. Ю. Воронцова, В. О. Котляров, 2019

Определяющей причиной актуальности образовательной робототехники стала доступность элементной базы и программного обеспечения этой новой учебной дисциплины. Число предлагаемых многочисленными производителями недорогих и готовых к использованию аппаратных компонентов и программных средств с умеренной, а зачастую и крайне низкой стоимостью, исчисляется сотнями и тысячами - от простейших датчиков до многоядерных процессоров, позволяющих решать как простейшие задачи автоматизации, так и самые сложные задачи искусственного интеллекта. При этом различные компоненты созданы на базе различных областей знаний, что позволяет в рамках обучения робототехнике одновременно давать базовые знания из этих областей.

Постановка проблемы. Сотрудники и студенты кафедры АЭМС НТУ «ХПИ» активно участвуют в подготовке и проведении занятий по робототехнике для школьников. И как свидетельствует полученный опыт, школьная программа образования, методическое обеспечение учебного курса робототехники оказываются далеки от желаемого и возможного на уже имеющейся технической базе.

Проведенный аналитический обзор показал, что среди проблем преподавания робототехники школьникам наиболее часто отмечают именно значительное отставание методической базы от базы технической [2, 3]. Образовательная робототехника основывается на использовании школьных предметов таких, как физика, математика, информатика, биология. При этом формируется чёткая связь между этими предметами. Но, имеющиеся методические материалы разрозненны, обрывочны, не всегда поддерживают межпредметные связи. В результате, даже имея в наличии робототехнические конструкторы, многие педагоги не вполне представляют себе как их эффективно использовать, что и зачем из элементов такого конструктора применять и изучать, как строить программу курса на его основе.

Задачу преподавания робототехники не облегчает и большое разнообразие направлений в самой робототехнике. В настоящее время роботы используются в самых разных сферах: медицина, строительство, образование, сельское хозяйство, метеорология и т.д. Из отличий этих областей применения следует и большое разнообразие изучаемых компонентов. Отметим, что для учебных технических проектов необходимы компоненты, которые должны подходить под определенные критерии выбора. Это могут быть, к примеру, требуемый потребляемый ток, максимальное допустимое напряжение, ограничения на размеры и материал деталей и т.п. Для детей все эти нюансы могут быть не только сложными, но и просто вообще непонятными, в силу отсутствия соответствующего учебного материала в образовательных школьных программах. В младших классах школы ещё не преподают физику, а математика ограничена элементарной арифметикой. Если при изучении робототехники впадать в крайности и по необходимости сильно усложнять материал, то можно не просто загрузить ребёнка

лишней на данном этапе обучения информацией, а и вовсе отбить интерес к учёбе. Несомненно, детям необходимо знать о разнообразии технических решений и о причинах такого разнообразия, о критериях выбора, но за основу стоит принимать некоторый необходимый минимум практически применяемых в реальных проектах компонентов и их свойств. При этом в тематике учебной программы не стоит разделять разные устройства, изучая их по отдельности, а наоборот, желательно устанавливать как можно больше логических связей между ними, указывать на их взаимозависимости, приводить примеры взаимодействия в реальном мире.

Самое главное в таком обучении – практический подход. В образовании активно развивается проектно-исследовательская деятельность, метод проектов. Такой вид деятельности позволяет ученикам младших классов осуществить первые опыты самостоятельной исследовательской работы. Умения и навыки, полученные в работе над проектом, помогают ребятам в дальнейшей учёбе. Они более уверенно чувствуют себя на уроках, не боятся публичных выступлений, умеют отстаивать собственное мнение и позицию. Главным преимуществом проектного обучения является то, что ученик ориентируется на создание конкретного технического устройства, а не на простое изучение, исследование определённой темы. Различия между проектом и исследованием, прежде всего в их целях. Цель проекта – реализация проектного замысла, создание требуемого продукта, технического изделия. Цель исследовательской деятельности – уяснение сущности явления, истины, закономерности.

Робототехника – это предметно-практическая дисциплина, для которой необходим именно проектный подход. Сейчас вариантов его организации не так много, как того хотелось бы для организации эффективного учебного процесса в различных условиях. Как правило, практическая направленность курса робототехники сводится к изучению конкретных инженерных решений без их глубокого теоретического обоснования и обобщения. Одним из основных и популярных вариантов является более или менее глубокое знакомство с готовыми робототехническими конструкторами. На первый взгляд это хороший выбор, современные образовательные робототехнические конструкторы позволяют ребёнку без особых затруднений не только собрать действующего робота, но и проверить различные принципы и алгоритмы его работы, показать готовый результат применения. Однако, при этом очень важным аспектом изучения робототехники является то, что ученик не должен привыкать к готовым решениям, к работе по инструкции. Также работа не должна стать просто игрой, компоненты должны не просто применяться, быть частью «игрушки», а их следует изучать, оттачиваясь от ряда базовых понятий. Устанавливая связи между компонентами робота и основываясь на ряде базовых понятий разных областей знаний, можно в ходе обучения установить связи между самими этими областями, что и является одной из основных целей обучения.

Проблема выбора тематики, методов и средств обучения осознана и изучается многими специалистами, преподавателями средней и высшей школы. В посвящённых ей исследовательских работах широко используются термины «маршрут обучения» (прямая аналогия с маршрутом проектирования в инженерной деятельности), «модель учебного курса» (аналогия с моделями процесса проектирования и информационными моделями объекта проектирования), «проектирование образовательных ресурсов», «информационная образовательная среда» и «информационное пространство». То есть, усилия исследователей направлены на обеспечение процесса принятия решений по выбору элементов из большого информационного пространства, представляющего цели, темы и средства обучения робототехнике. И здесь снова возникает аналогия с актуальными проблемами проектирования встраиваемых компьютерных систем, с поиском в пространстве возможных проектных решений.

К наиболее перспективным направлениям проектного метода обучения робототехнике относится моделиориентированный подход. Например, известная образовательная компьютерная программная среда Fritzing позволяет обучать созданию встраиваемых компьютерных систем на базе таких популярных образовательных микропроцессорных платформ, как Arduino и Raspberry Pi. Уже в своей базовой комплектации она содержит два десятка библиотек, предоставляющих для использования несколько сотен моделей электронных компонентов ведущих производителей. Кроме них доступны и многочисленные модели компонентов, созданные отдельными энтузиастами и сообществом пользователей этой среды. При изучении сначала создаются и отлаживаются компьютерные модели мехатронной системы, включая виртуальную геометрическую модель конструкции, задающую размещение компонентов на макетной плате, а затем эта конструкция с минимальными усилиями реализуется «в железе» из готовых компонентов со стандартными интерфейсами.

Цель работы. Проведенный анализ проблем образовательной робототехники позволяет сделать вывод, что эти проблемы должны решаться уже на этапе разработки программы учебного курса. Такие программы следует строить на базе информационных моделей существующих проектов мехатронных систем, формируя из них последовательность изучаемых тем и средств (так называемый маршрут обучения) с учетом связей между ними. И в качестве инструмента формирования целесообразно использовать те же средства, что используются для создания инженерной проектной документации. Выбор таких средств и анализ их эффективности для разработки учебных программ и явились целью проведенных исследований.

Изложение основного материала. Широкое применение в проектах мехатронных устройств находят не только математические и виртуальные графические модели, позволяющие рассчитывать и визуализировать процессы в мехатронных системах, но и так на-

зываемые схематические (дескриптивные) модели, простейшими примерами которых являются электрические структурные и функциональные схемы. К более развитым выразительным средствам моделирования этого типа относятся графические языки обмена проектными данными стандартов STEP, язык системного моделирования SysML, язык моделирования архитектурных решений AADL, язык функциональных диаграмм IDEF0 и многие другие, находящие все большее применение в инженерной практике проектирования мехатронных систем [4, 5, 6]. Это позволяет предложить следующий подход к составлению программ обучения.

Составление учебной программы рекомендуется выполнять поэтапно, выделяя такие этапы:

1. Создание базы проектов мехатронных систем;
2. Формирование информационной модели изучаемой дисциплины средствами языков дескриптивного моделирования встраиваемых компьютерных систем;
3. Интерактивный автоматизированный анализ и дополнение полученной модели, выбор возможных целей и маршрутов обучения;
4. Представление в виде модели знаний и автоматизированный анализ качества полученного маршрута обучения с применением методов искусственного интеллекта (в частности, путём применения семантических сетей);
5. Автоматизированное преобразование выбранного маршрута обучения в традиционную текстовую форму учебной программы курса.

Эта последовательность шагов отражает суть предлагаемого нами подхода к формированию учебных программ по образовательной робототехнике – программа курса строится и оценивается теми же средствами, которые используются для создания инженерной проектной документации.

Отметим основные особенности предлагаемого подхода. Во-первых, учебная программа в общем случае считается нелинейной последовательностью изучаемых тем, как это показано на рис. 1.

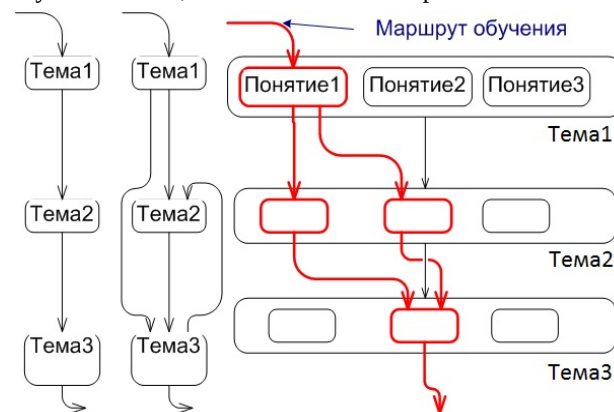


Рисунок 1 – Структуры учебного курса

Каждая изучаемая тема рассматривается как составной объект, включающий ряд элементов predetermined типов, показанных на рис.2.

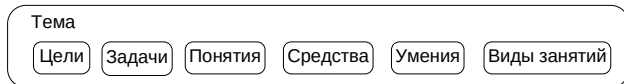


Рисунок 2 – Элементы темы учебного курса

Задачей составления программы курса является выбор таких элементов и связей между ними из имеющейся информационной базы.

Программа учебного курса считается иерархической структурой, как это показано на рис. 3

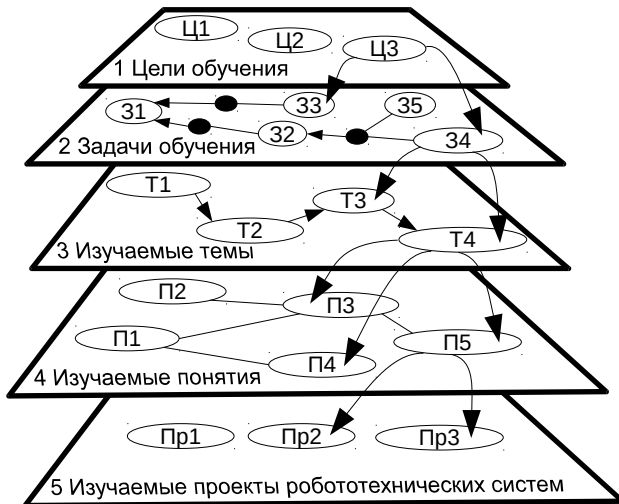


Рисунок 3 – Уровни программы учебного курса

Изучение робототехники базируется на изучении конкретных проектов мехатронных устройств, представленных на двух уровнях (рис. 4).

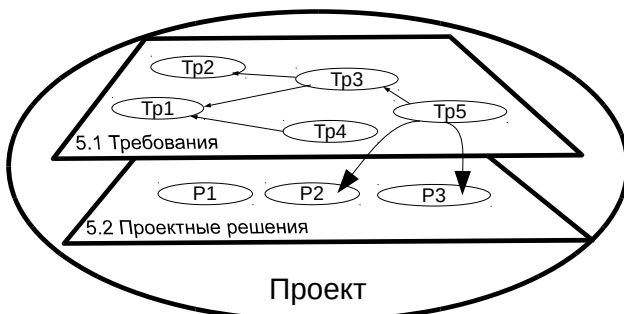
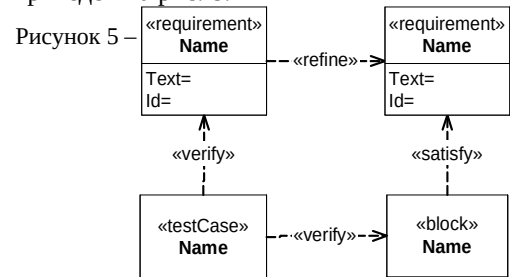


Рисунок 4 – Уровни представления проекта

Во-вторых, учебная программа, как и имеющиеся проектные решения, создаётся средствами современных методологий проектирования встраиваемых компьютерных и мехатронных систем – MBSE, MBE, MDA, PBD и др. Она описывается на графических языках системного моделирования, и в качестве основного такого языка выбран SysML, в котором выделено необходимое минимальное подмножество условных обозначений, позволяющих отобразить элементы курса, представленные на рис. 2. В частности, цели, задачи обучения, понятия показываются как требования к проекту. Примеры некоторых используемых графических обозначений языка SysML показаны на рис. 5 и 6. Элементы `<<block>>` представляют аппаратные и программные компоненты работы, элементы `<<requirement>>` показывают предъявляемые к роботу требования, `<<test case>>` обозначают этап тестирования

работы. Для связи этих элементов проекта используются стандартные типы связей диаграммы требований языка SysML, например `<<refine>>` показывает уточнение требования, `<<satisfy>>` связывает аппаратный или программный компонент с реализуемыми в нём требованиями к системе, `<<trace>>` указывает источники требования. Маршрут проектирования представляется диаграммой деятельности на языке SysML, с использованием обозначений, показанных на рис. 7. Пример маршрута обучения на базе типичного проекта мобильного робота указанными выше средствами приведен на рис. 8.



Используемые обозначения языка sysML

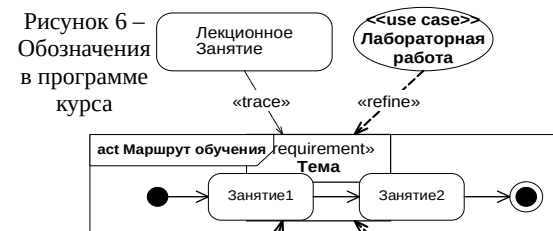


Рисунок 7 – Форма представления маршрута обучения

Полученный опыт создания и использования подобных диаграмм позволяет рекомендовать для их создания программный продукт Enterprise Architect.

Выводы. Проблема выбора тематики, методов, целей и средств обучения, возникающая при составлении учебных программ по курсам образовательной робототехники, может эффективно решаться средствами системного проектирования мехатронных устройств, включая графический язык системного моделирования SysML.

Список литературы

1. Скурихина Ю. А. Методические принципы изучения робототехники в рамках урочной и внеурочной деятельности. *Электронный журнал. Концепт*. 2018, №4. URL: <https://e-koncept.ru/2018/181020.htm> (дата обращения 01.07.2019).
2. Толстова Н. Б., Бондаренко Д. А., Ганьшин К. Ю. Образовательная робототехника как составляющая инженерно-технического образования. *Наука. Инновации. Технологии*. Ставрополь: СКФУ. 2013, №3. С. 171 – 177.
3. Федина Л. С. Организация проектно-исследовательской деятельности в начальной школе как фактор повышения уровня учебной мотивации младших школьников. *Муниципальное образование: инновации и эксперимент*. Москва: ООО «Инновации и эксперимент в образовании». 2011, №4. С. 7 – 9.
4. Норенков И. П. *Основы автоматизированного проектирования: учебник*. Москва: МГТУ, 2002. 336 с.

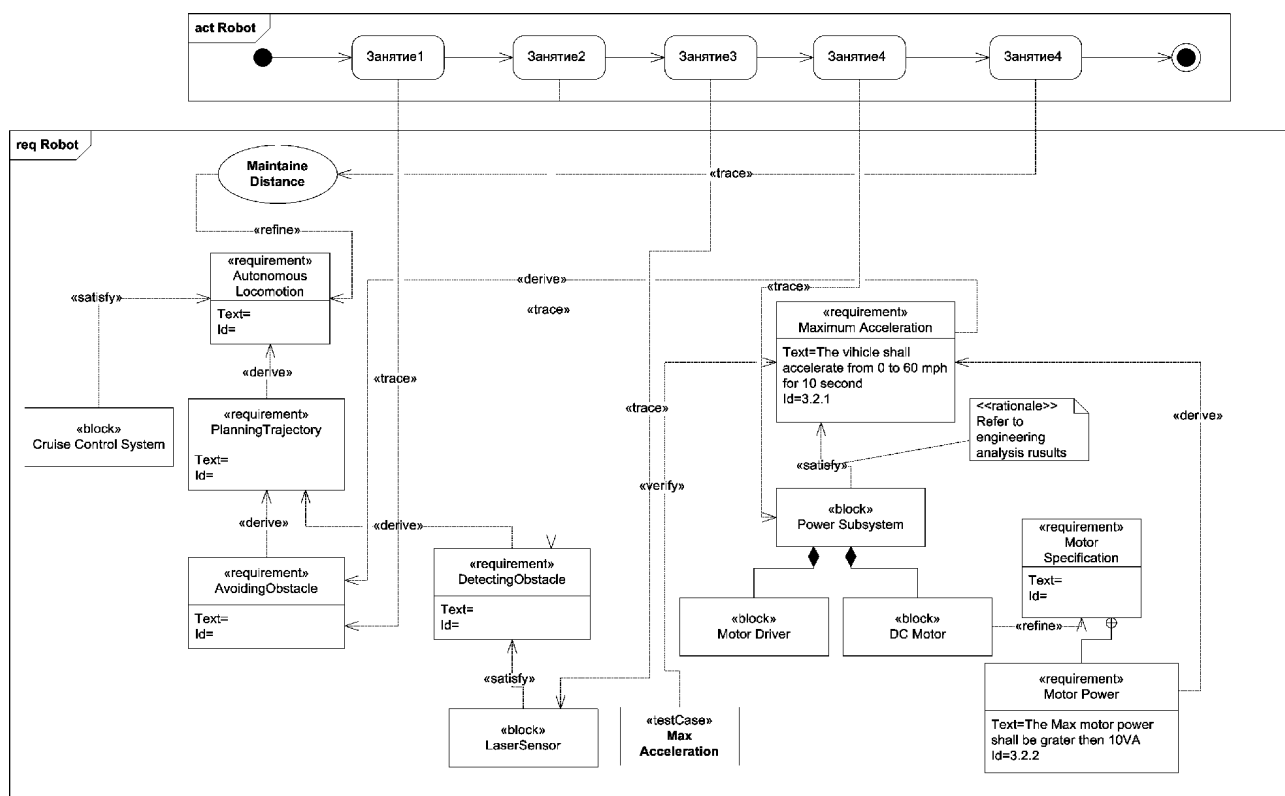


Рисунок 8 – Типичный пример построения маршрута обучения в редакторе Enterprise Architect

- Платунов А. Е, Постников Н. П. *Высокоуровневое проектирование встраиваемых систем*. Санкт - Петербург: НИУ ИТМО, 2011. 121 с.
- Mohd Azizi Abdul Rahman, Katsuhiro Mayama, Takahiro Takasu, Akira Yasuda, Makoto Mizukawa. Model-Driven Development of Intelligent Mobile Robot Using Systems Modeling Language (SysML). *Mobile Robots – Control Architectures, Bio-Interfacing, Navigation, Multi Robot Motion Planning and Operator Training*. Rijeka: Published by InTech. 2011. pp.21 – 38.

References (transliterated)

- Skurikhina Ju. A. Metodicheskie principy izuchenija robototekhniki v ramkah urochnoj i vneurochnoj dejatel'nosti [Methodical principles for the study of robotics in the framework for the classroom and extracurricular activities]. *Jelektronnyj zhurnal. Koncept* [Electronic scientific journal. Koncept]. 2018, №4. URL: <https://e-koncept.ru/2018/181020.htm> (accessed 01.07.2019)
- Tolstova N. A., Bondarenko D. A., Gan'shin K. Ju. Obrazovatel'naja robototekhnika kak sostavljajushhaja inzhenerno-tehnicheskogo obrazovanija [The educational robotics as part of the engineering education]. *Nauka. Inovacii. Tehnologii* [Science. Innovations. Technologies]. Stavropol': SKFU. 2013, №3. pp. 171 – 177.

- Fedina L.S. Organizacija proektno-issledovatel'skoj dejatel'nosti v nachal'noj shkole kak faktor povyshenija urovnja uchebnoj motivacii mladshih shkol'nikov [Organization and conducting the regional competition of researches for younger schoolboys "Small Academy"]. *Municipal'noe obrazovanie: innovacii i jeksperiment* [Municipal education: innovation and experiment]. Moskva: OOO "Innovacii i eksperiment v obrazovanii". 2011, №4. pp. 7 – 9.
- Norenkov I.P. *Osnovy avtomatizirovannogo proektirovanija: uchebnyk* [Basics of Computer-Aided Design]. Moskva: MGTU, 2002. 336 p.
- Platunov A.E, Postnikov N.P. *Vysokourovnevoe proektirovanie vs-traivaemyh sistem* [High Level Embedded Design]. Sankt - Peterburg: NIU ITMO, 2011. 121 p.
- Mohd Azizi Abdul Rahman, Katsuhiro Mayama, Takahiro Takasu, Akira Yasuda, Makoto Mizukawa. Model-Driven Development of Intelligent Mobile Robot Using Systems Modeling Language (SysML). *Mobile Robots – Control Architectures, Bio-Interfacing, Navigation, Multi Robot Motion Planning and Operator Training*. Rijeka: Published by InTech. 2011. pp.21 – 38.

Поступила 06.07.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Воронцова Марина Юріївна (Воронцова Марина Юрьевна, Vorontsova Marina Yurievna) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студентка кафедри автоматизованих електромеханічних систем; м. Харків, Україна; e-mail: snailtedder01@gmail.com

Котляров Володимир Олегович (Котляров Владимир Олегович, Kotlyarov Vladimir Olegovich) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем; м. Харків, Україна; e-mail: kotlyarov@kpi.kharkov.ua