

Образовательная робототехника: проектное обучение в условиях цифрового производства

Часть 2

С. Лапшинов¹, Д. Затекин², В. Шахнов, чл.-корр. РАН, д. т. н.³, А. Юдин⁴

УДК 681.5 | ВАК 05.13.12

Рассмотрен подход к организации длительного обучения технической направленности с уровня «начинающий» до «углубленного» уровня в условиях проектной работы, цифрового производства и в контексте мобильной робототехники. Во второй части статьи продолжается рассмотрение примеров разработки мобильных роботов для соревнований, проводится сравнение роботов разных лет. Обсуждается также технологическая база для учебных проектов образовательной робототехники.

ПРОГРЕСС РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАВЫКОВ ПРИ МНОГОЛЕТНЕЙ УЧЕБНОЙ РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ СОРЕВНОВАНИЙ

В 2018 году в команде было два автономных робота (рис. 9 и 10), что означало полный переход в лигу «автоном». Роботы были схожи с роботами предыдущего года в части применения технологий для проектирования и изготовления. Но теперь в обоих роботах также использовались самодельные оригинальные печатные платы, был сделан шаг к улучшению решений электроники.

Роботы моделировались в САПР SolidWorks. Изготовление деталей из фанеры и оргстекла для роботов осуществлялось с помощью станка лазерной резки, элементы сложной

конструкции и крепежа были изготовлены на 3D-принтере. Печатные платы были разработаны в Eagle CAD и затем изготовлены на прецизионном фрезерном станке.

Неэффективное техническое решение для выполнения заданий не позволило достичь высоких результатов. Общая сложность «технологической платформы» робота не позволила провести несколько итераций доработки и улучшений его конструкции до соревнований.

Стратегия этого года не зависела от стратегии движения робота соперника. Все действия с игровыми элементами осуществлялись только в ограниченной зоне, куда робот соперника не мог попасть, поэтому траектория движения практически не влияла на исход матча, а количество

¹ Центр технического образования, ГБПОУ «Воробьевы горы», студент, stepan.lapshinov@yandex.ru.

² МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра СМ11 «Подводные аппараты и роботы», студент, zatekindv@student.bmstu.ru.

³ МГТУ им. Н.Э. Баумана, заведующий кафедрой ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», Заслуженный деятель науки РФ, профессор, shakhnov@iu4.bmstu.ru.

⁴ МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», инженер, Лауреат премии правительства в области образования. Центр технического образования, ГБПОУ «Воробьевы горы», педагог дополнительного образования, skycluster@gmail.com.



Рис. 9. Основной автономный робот 2018 года

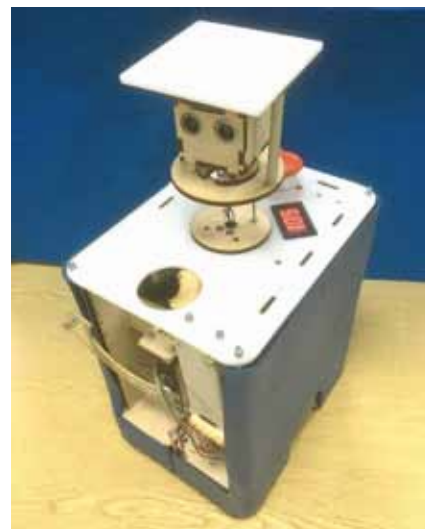


Рис. 10. Дополнительный автономный робот 2018 года



12-16 МАЯ > ПАТРИОТ ЭКСПО



МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2021

WWW.ISSE-RUSSIA.RU



ОРГАНИЗАТОРЫ САЛОНА



МКВ

ОПЕРАТОР САЛОНА

набранных баллов было практически неизменно. Были предприняты дополнительные усилия по улучшению системы позиционирования и обработке датчиков в ее составе. В сочетании с улучшениями в приводе это позволило увеличить надежность перемещений и сократить ошибки, связанные с ними.

В 2019 году было решено вернуться в юниорскую лигу и показать, как высокий уровень технического исполнения, так и соответствующий результат в выступлениях. Были разработаны два робота: управляемый (рис. 11) и автономный (рис. 12). Механика и электроника этих роботов превосходила реализации предыдущих лет. Роботы хорошо дополняли друг друга, прошли три цикла перепроектирования и доработок, что в итоге привело к высокой эффективности выполнения всех возможных задач и к оригинальному техническому решению, которое не повторялось среди соперников.

Роботы разрабатывались в САПР SolidWorks, их конструктивные особенности менялись несколько раз за время разработки. Печатные платы были разработаны в Eagle CAD и Altium Designer. Необходимые детали изготавливались на станке лазерной резки, 3D-принтере, фрезерном и токарном станке.

Стратегия менялась много раз, ее разработка заняла значительную часть времени подготовки. Изменения в роботах вносились для повышения эффективности, исходя из данных, полученных при разработке стратегии и анализе существующих роботов других команд. В результате тщательной проработки траекторий движения и возможных последовательностей выполнения действий команде удалось реализовать свой потенциал и достичь высоких результатов, как на российских соревнованиях, так и на международных.

При разработке первых роботов, стратегии не уделялось должного внимания (можно сказать, что она отсутствовала),



Рис. 11. Основной управляемый оператором робот 2019 года

решения принимались спонтанно, интуитивно по ходу разработки и апробации на соревнованиях, что, безусловно, негативно сказывалось на результате выступлений.

За несколько лет, с приобретением соревновательного опыта и технического кругозора, подход к разработке стратегии кардинально изменился. Значительная часть времени, которая теперь затрачивается на разработку очередного робота, тратится на проработку и расчет эффективной стратегии в имеющихся условиях для выступления и технологических ограничениях на изготовление узлов системы. Грамотное сочетание проработанной стратегии и надежного технического решения позволяет достигать высоких результатов в применении продукта разработки. С усложнением механики робота и возрастанием количества выполняемых им функций растет необходимость в проработанном стратегическом планировании.

Разработка стратегии зависит от механики движущейся платформы и манипуляторов робота, но при этом и механическая составляющая робота зависит от стратегии. Взаимная зависимость стратегии и механики определяет то, каким должен быть эффективный робот в результате разработки. Реализация механизмов накладывает на стратегию ограничения, связанные с выполнением действий в определенной последовательности и особенностью траектории движения [16, 23]. Стратегия для двух-, трех- или четырехколесных роботов будет отличаться. Например, робот с двумя активными колесами не может ехать боком, но это с легкостью сделает робот, использующий три омни-колеса для движения [15].

Механика роботов изначально разрабатывается исходя из технического регламента соревнований. Механизмы должны быть эффективны для выполнения задания. Зачастую механика робота меняется между разными этапами одних соревнований (региональный этап, общенациональный этап, международный этап), поскольку не всегда



Рис. 12. Дополнительный автономный робот 2019 года

УЧАСТНИК ВЫСТАВКИ



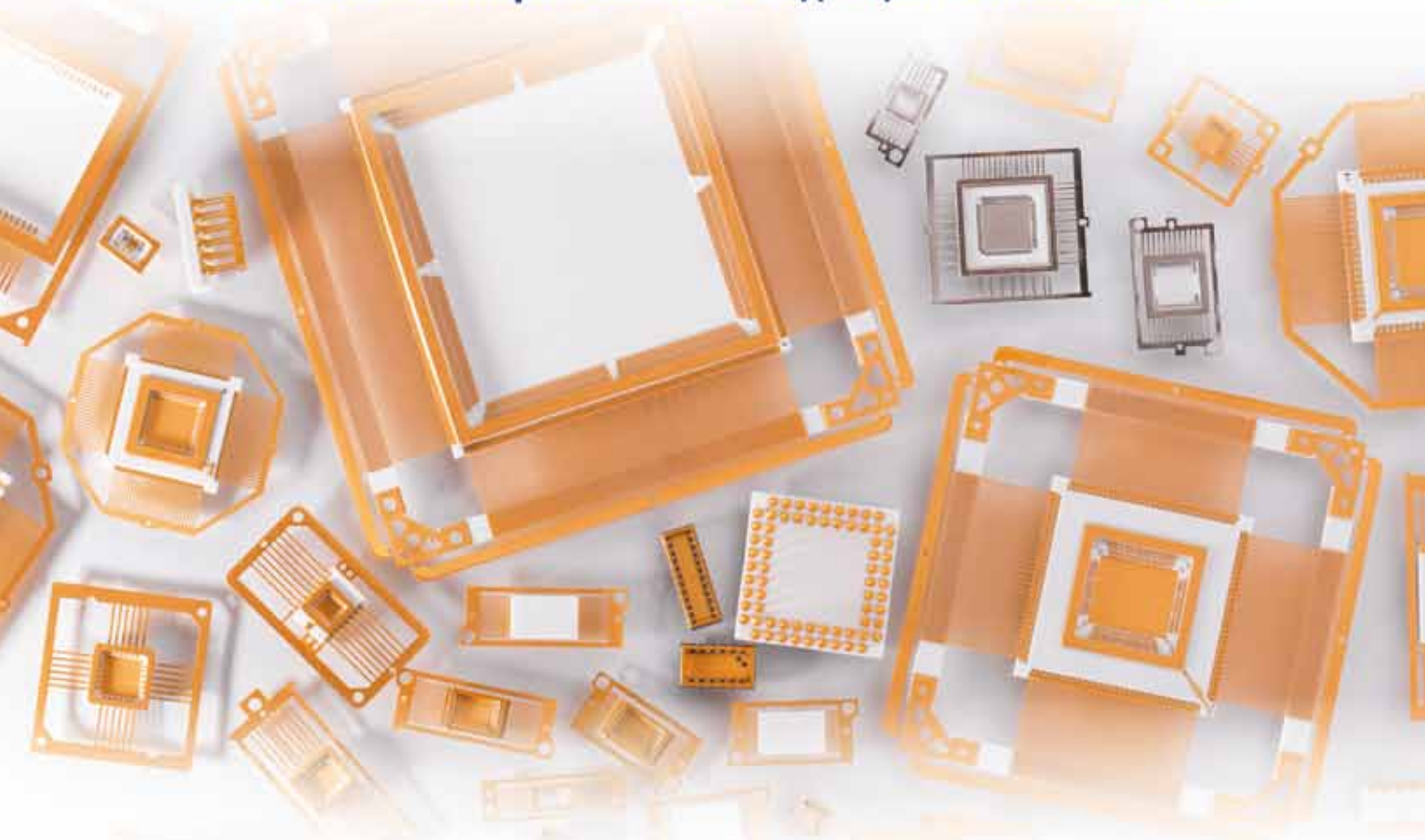
стенд В 5017



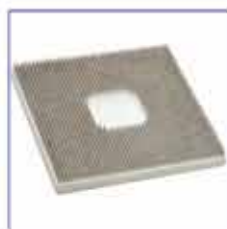
ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»

15 апреля 2021 г. на территории МВЦ «Крокус Экспо» в конференц-зале отеля «Аквариум» на **6 этаже в 17:30** состоится семинар:
«Отечественный рынок МКК: тенденции и возможности»



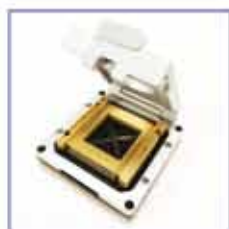
Выводные рамки



Металлокерамические корпуса



Нагревательные элементы



Контактные устройства



Графитовая оснастка



Оптоэлектронные корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

zpp12.ru

Таблица 1. Сравнение роботов разных лет

	2015	2016	2017	2018	2019
Количество управляемых / автономных роботов	1/1	1/1	0/1	0/2	1/1
Используемые станки	Лазерный	Лазерный, 3D-принтер	Лазерный, 3D-принтер, фрезерный	Лазерный, 3D-принтер, фрезерный, токарный	Лазерный, 3D-принтер, фрезерный, токарный
Программы для разработки	ПО станка CorelDraw	CorelDraw Solvespace	CorelDraw, SolidWorks	SolidWorks, Eagle CAD	SolidWorks, Eagle CAD, Altium Designer
Моторы для движения робота	Коллекторные	Коллекторные / сервомоторы	Шаговые	Шаговые	Коллекторные / шаговые
Тип привода движения	Дифференциальный	Дифференциальный	Дифференциальный	Дифференциальный	Трехколесный, омни-колеса
Проработанность стратегии от 1 до 3	1	2	2	2	3
Эффективность роботов от 1 до 3	1	2	2	1	3

отдельную удачную техническую идею удастся совместить с другими при их интеграции в единую систему.

Основываясь на опыте участия в соревнованиях мобильных роботов можно сделать вывод, что существует несколько уровней реализации робототехнической системы, каждый из которых качественно и технологически отличается от остальных [24]. Эти уровни градируются по сложности всех составляющих процесса разработки и соответствующего поведения мобильного робота во время выполнения заданий. Сложное конструктивное решение требует также углубленного анализа выполняемых действий и их «интеграции» в единую стратегию.

Основываясь на личном опыте участия в соревнованиях мобильных роботов на протяжении нескольких лет, можно сделать вывод о существовании нескольких уровней технической реализации робота, каждый из которых качественно отличается от предшествующего применением технологий

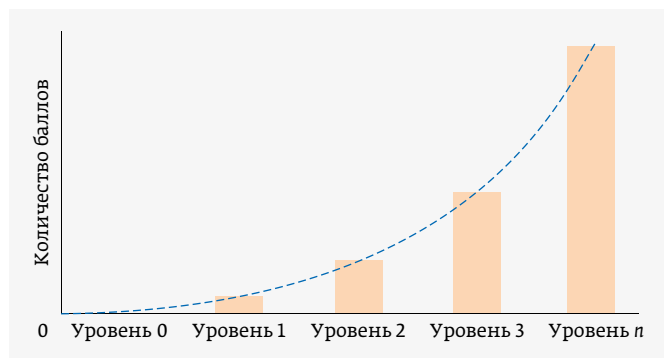


Рис. 13. Диаграмма уровней сложности исполнения робототехнической системы

и переходом от готовых компонентов к усовершенствованным аналогам собственной разработки. Также эти уровни (рис. 13) можно различить по интегральному признаку (который свойственен оценке, выносимой судьями в виде результата выступления в соревновании), соответствующему сложности поведения робота во время выполнения заданий и эффективности выполнения этих заданий.

Каждый новый уровень прослеживается в сложности реализации таких направлений разработки, как механика, электроника, программирование и управление проектом. Переход от нулевого уровня к последующим можно характеризовать как переход от первого робота с проводным управлением и отсутствием микроконтроллеров к автономному роботу, способному выполнять свои функции на тестовом полигоне по программе без участия разработчика.

Подход к анализу правил соревнований и оценке сложности поведения и изготовления робота для них был сформирован в работе [24].

Предложенная диаграмма уровней сложности исполнения робототехнической системы не зависит от конкретных видов соревнований и применима к разным техническим регламентам. Она отражает технологичность изготовления устройства робота (технический уровень) и эффективность выполнения поставленных задач. Робота каждого уровня можно оценить исходя из представленной диаграммы и описания каждого уровня.

Оценка уровней сложности:

- уровень 0 – робот представлен неподвижным объектом, не выполняющим полезных действий;
- уровень 1 – робот способен перемещаться и двигать игровые элементы корпусом;



Разработка и производство конденсаторов

оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы

K50-15, K50-17, K50-27, K50-37, K50-68, K50-77, K50-80, K50-81, K50-83, K50-84, K50-85, K50-86, K50-87, K50-88, K50-89, K50-90, K50-91, K50-92, K50-93, K50-94, K50-95(чип), K50-96, K50-97(чип), K50-98, K50-99, K50-100, K50-101(чип), K50-102, K50-103, K50-104

объемно-пористые танталовые конденсаторы

K52-1, K52-1М, K52-1БМ, K52-1Б, K52-9, K52-11, K52-17, K52-18, K52-19, K52-20, K52-21, K52-24, K52-26(чип), K52-27(чип), K52-28, K52-29, K52-30

оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы

K53-1А, K53-7, K53-65(чип), K53-66, K53-68(чип), K53-69(чип), K53-71(чип), K53-72(чип), K53-74(чип), K53-77(чип), K53-78(чип), K53-82

суперконденсаторы (ионисторы)

K58-26, K58-27, K58-28, K58-29, K58-30, K58-31, K58-32, K58-33

накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов МИК, МИЧ, ИТИ

Система менеджмента качества сертифицирована на соответствие требованиям ISO 9001



- уровень 2 – «уровень 1» с добавлением частичного выполнения задания с манипуляцией (требует дополнительных механических решений – манипуляторов, специально выделенных для взаимодействия с перемещаемыми объектами);
- уровень 3 – «уровень 1» с полностью решенным заданием с манипуляцией объектов;
- уровень n – «уровень 3» с усовершенствованием механической реализации и выполнением большинства заданий.

Приведенная базовая схема из трех уровней может быть расширена. Рассмотренная выше в этой работе эволюционная линейка разработанных авторами роботов была ранжирована по этому принципу и показана на рис. 14. Рассматривая управляемых и автономных роботов, можно проследить, как из года в год улучшается внешний вид робота, техническая реализация и функционал.

На примере роботов для соревнований 2019 года заметны конструктивные изменения механизмов роботов между разными этапами соревнований, апробаций. Это связано с корректировкой или изменением механизмов с целью достижения наибольшей эффективности. Несколько конструктивных изменений, внесение которых позволило значительно повысить эффективность робототехнической системы по сравнению с предыдущей модификацией, представлено на рис. 15.

Отдельное место в автономных мобильных робототехнических системах занимает система навигации. Ее разработка по трудоемкости соответствует разработке робота с его последующими несколькими модификациями. Разработка такой системы соответствует 5-му уровню сложности (рис. 13) и очередному пересмотру ключевых принципов проектирования и конструирования, планирования результата.

Не имея системы навигации, робот выполняет команды и перемещается по полигону, но не может точно определить, где он находится. Такое «слепое» перемещение усложняет выполнение заданий и снижает результативность и надежность. Платформа с приводом робота независимо от точности изготовления всегда будет иметь погрешность при перемещении. Использование омни-колес увеличивает эту погрешность. Без системы навигации самый простой способ корректировать движение робота – ехать до упора в борт, тем самым принудительно ориентируя робота относительно борта полигона и устраняя ошибки в системе координат робота. Такой способ рабочий,

но требует много времени, каждая секунда которого очень дорога в матче. Имея датчики для глобальной навигации на полигоне, такие как Lidar [25] (light detection and ranging) или систему ультразвуковой навигации [26, 27], можно увеличить точность и скорость перемещения. Следствие: если оба соперника применяют проработанные стратегии, преимущество будет у команды с более точной и быстродействующей системой навигации.

Стоит отметить, что чем сложнее робот, тем сложнее стратегия, контроль и, в конечном счете, – управление. Для простых решений достаточно кнопочного переключателя для запуска и выключения двигателя. Но при добавлении количества необходимых действий увеличивается количество переключателей и становится понятно, что требуется автоматизация, чтобы человек мог справиться с управлением в условиях ограничения времени. В дальнейшем для повышения уровня точности выполнения многочисленных необходимых функций в систему добавляются датчики и процессы позиционирования становятся автономными. В какой-то момент автономная система начинает опережать управляемую человеком по результативности.

Для управления сложностью требуются дополнительные инструменты, повышающие эффективность работы разработчика – САПР и программы компьютерного моделирования [16, 23], программирования. Усложнение функций и конструкции робота приводит в том числе и к усложнению этих инструментов. И если вначале компьютер используется лишь на этапах проектирования и конструирования как внешний вспомогательный инструмент по отношению к роботу, то в развитых робототехнических системах компьютерное моделирование перемещается на борт и реализуется во время работы робота (рис. 16).



Рис. 14. Эволюция сложности представленных мобильных роботов

SEMIEXPO RUSSIA

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ТЕХНОЛОГИИ | МАТЕРИАЛЫ | ОБОРУДОВАНИЕ
В ОБЛАСТИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

24 – 25 августа 2021

ЦВК «Экспоцентр», Москва



ОТРАСЛЕВЫЕ ОБЗОРЫ

Конкурентный анализ рынка и стандарты, маркетинговые исследовательские программы



ИННОВАЦИИ

Новые разработки, международные проекты и локальные компетенции



СОТРУДНИЧЕСТВО

Стратегические инициативы, международные институты развития и ведущие мировые ассоциации



БИЗНЕС

Локальные партнеры, новые заказчики и поставщики, старт-апы и консорциумы



Организатор:
Business Media Russia

bmr

+7 495 649 69 11

Подробная информация
и бесплатный билет

www.semiexpo.ru



@semiexporussia



Рис. 15. Изменение модификаций управляемого и автономного роботов 2019 года

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ДЛЯ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Станки с числовым программным управлением позволяют разработчику за приемлемое время штучно изготовить требуемые детали и элементы создаваемого устройства. Грамотное сочетание деталей и компонентов, изготовленных на разных станках, позволяет добиться желаемых характеристик продукта и его внешнего вида, не прибегая к внешним заказам на производстве. В процессе обучения особенно важно, что приобретаемые таким образом собственные навыки существенно уменьшают стоимость разработки при отсутствии ухудшения ее свойств (или негативные эффекты проявляются незначительно).

Наиболее востребованными станками лаборатории цифрового производства при разработке механических элементов учебного робота являются: станок лазерной резки, 3D-принтер и фрезерный станок. В небольшом количестве случаев возникает необходимость использования токарного станка. При изготовлении электроники незаменимым становится компактный прецизионный фрезерный станок, на котором производятся печатные платы с вновь разработанным оригинальным проводящим рисунком. Названные станки

составляют основу для освоения инженерных навыков при разработке роботов разного уровня сложности (рис. 17) [9].

Работа на станках с ЧПУ требует от разработчика владения вспомогательными программными инструментами САПР. Для механики в таких программных комплексах происходит создание как отдельных моделей деталей, так и моделирование сборок. По итогам такого компьютерного проектирования получаются чертежи для изготовления на станке.

Примеры профессиональных САПР 3D-моделирования: SolidWorks, Inventor, «Компас». Пример бесплатного решения, возможности которого достаточны для учебных проектов: Solvespace.

Печатные платы для электроники также требуется разрабатывать в САПР. Пример профессионального инструмента в этой сфере – Altium Designer. Пример бюджетного решения,

который давно на рынке и отвечает необходимым требованиям для учебных проектов – Eagle CAD. Простейшие платы можно также разрабатывать бесплатно с помощью обычного графического редактора типа Paint.

Стоит отметить, что на представленном уровне изготовления автономного робота 2019 года можно заметить некоторые различия по сравнению с устройствами ведущих студенческих команд в мире. Эти различия проявляются в применении дорогостоящих или труднообрабатываемых материалов, их качественной машинной обработке и компонентов, таких как сервомоторы, моторы для движения платформы робота, навигационные датчики, металлоконструкции, интегрированные компьютерные системы управления. Ограниченный бюджет при изготовлении учебного робота не всегда позволяет использовать

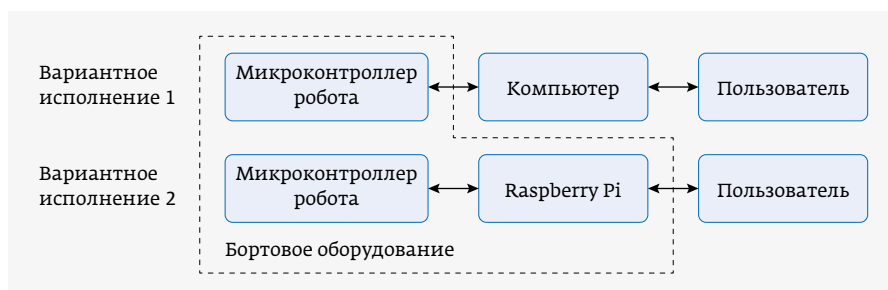


Рис. 16. Эволюция применения вычислительных мощностей в мобильном роботе

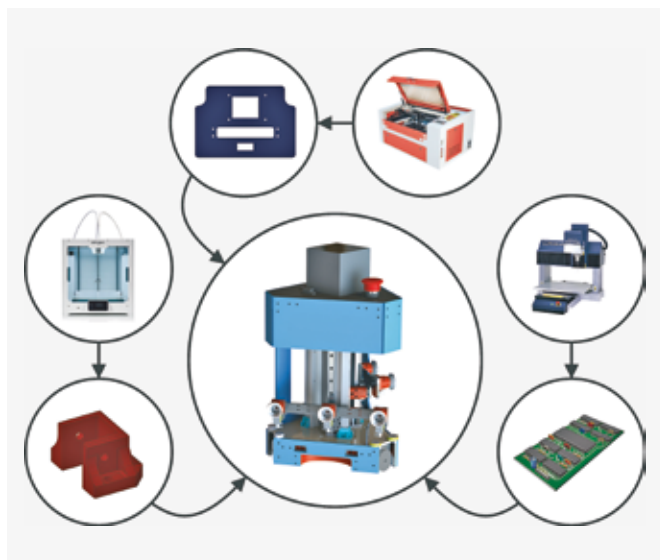


Рис. 17. Применение различных станков для изготовления робота

желаемые ресурсы и устройства, но, несмотря на это, роботы похожи конструктивно и конкурируют друг с другом. Последнее свойство очень важно и является одним из отличительных преимуществ соревнований Eurobot – возможность

победить, даже имея ограниченный бюджет, за счет опыта, знаний и умений!

Начинающий инженер, вовлеченный в разработку мобильного робота, осваивает на практике основы таких технических областей, как механика, электроника, программирование и управление проектом.

Участие в разработке мобильного робота для соревнований робототехнических команд (например, Eurobot) начиная с раннего возраста, позволяет поэтапно освоить практические инженерные навыки для успешного самостоятельного завершения любого технического проекта. Разрабатывая каждый год очередного робота для новых соревновательных задач можно долгое время продолжать углублять знания и улучшать навыки разработки мехатронных устройств.

В данной работе был представлен типичный путь развития изначального интереса к технике, который за пять лет практической инженерной работы привел школьников к закономерному результату – готовности к освоению университетских теоретических курсов.

На этом пути важным оказался творческий поиск как в отношении стратегии по выбору последовательности решения нескольких отдельных задач роботом в условиях

Надежные тестовые решения требуют лучших технологий

- РАЗРАБОТКА**
Получайте полностью работоспособные опытные образцы
- ПРОИЗВОДСТВО**
Сделайте производственную линию совершенной с технологиями JTAG
- СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ**
Ремонтируйте цифровые платы даже при отсутствии САД-данных на них

JTAG₂₅ We are boundary-scan.®

www.jtag.com • www.jtaglive.com • +7 812 602 09 15 • russia@jtag.com



Рис. 18. Робот российской команды

дефицита времени, так и в отношении наилучшего технического решения, которое невозможно себе представить без специализированного оборудования, позволяющего сократить сроки разработки прототипов при циклическом улучшении характеристик продукта. Сегодня места, которые предоставляют желающим возможность быстрого прототипирования технических устройств и дальнейшего создания итогового решения и завершения разработки, называются лабораториями цифрового производства.

Проведенный анализ показывает закономерность формирования инженерных навыков и знаний на начальных и последующих этапах проектного обучения, а также их корреляцию со сложностью выполненного технического решения. Полученные результаты за пять лет показывают действенность соревновательного подхода к проектному обучению для школьников и могут быть использованы для построения образовательных программ технической направленности с учетом представленной динамики образовательных результатов.



Рис. 19. Робот швейцарской команды

Емкость представленного подхода такова, что, несмотря на значительный прогресс учащихся за время обучения, еще остаются темы для дальнейшего изучения. Например, такими темами могут быть: разработка надежной системы навигации, универсализация стека управления роботом (например, на базе ROS [28]), обработка изображений методами искусственного интеллекта, автоматизация принятия решений во время выполнения задания, визуализация интерфейсов управления сложной робототехнической системой, распределение вычислений и управления [29, 30] и т. п. Все подобные темы могут быть полноценными объектами университетских лекционных курсов.

Отдельные результаты получены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по проекту № 0705-2020-0041 «Фундаментальные исследования методов цифровой трансформации компонентной базы микро- и наносистем».

ЛИТЕРАТУРА

1. **Zamiraylova E., Mitrofanova O.** Dynamic Topic Modeling of Russian Prose of the First Third of the XXth Century by Means of Non-Negative Matrix Factorization // Proceedings of the III International Conference on Language Engineering and Applied Linguistics (PRLEAL-2019). 2019. PP. 321–339.
2. **Кау А.** An Interview with Computing Pioneer Alan Kay [Электронный ресурс] / FakultaetEIM. 2013. URL: <https://youtu.be/tXoSK4tLxK8>. Проверено 11.09.2020.
3. **Безруких М. М.** Опыт дистантного обучения. Анализ организации учебного процесса. Результаты исследования [Электронный ресурс] / Институт возрастной физиологии, Российская академия образования. 2020. URL: <https://drive.google.com/file/d/14Cj2-805yzEzjxMZH-H4MOv5mDIlgkQj/view>. Проверено 11.09.2020.
4. **Schwab K.** The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum (WEF), 2016.
5. **Schwab K.** The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond [Электронный ресурс]. 2015. URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>. Проверено 11.09.2020.
6. **Шалашова М. М., Шевченко Н. И.** Педагогический дизайн: сущностные характеристики в системе высшего образования // ЦИТИСЭ. 2019. № 5 (22). С. 396–404.
7. **Шалашова М. М., Иоффе А. Н., Никитаева М. В.** Непрерывное образование как педагогический вызов // В сб. научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции «Работа с Будущим в контексте непрерывного образования». М.: МГУПУ, 2019. С. 20–27.
8. **Шалашова М. М., Иванова О. А.** Основные направления развития дополнительного естественнонаучного образования детей // В сб.: Проблемы педагогической инноватики в профессиональном образовании. М.: МГУПУ, 2018. С. 217–221.

ARMY 2021

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ФОРУМ



* ФРЕГАТ «АДМИРАЛ ФЛОТА
СОВЕТСКОГО СОЮЗА ГОРШКОВ»

**22–28 АВГУСТА
ПАТРИОТ ЭКСПО**

WWW.RUSARMYEXPO.RU

ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫСТАВОЧНЫЙ
ОПЕРАТОР



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

9. **Yudin A., Vlasov A., Shalashova M., Salmina M.** Evolution Of Educational Robotics In Supplementary Education Of Children // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. V. 1023. PP. 336–343.
10. **Затекин Д. В., Юдин А. В.** Образовательная робототехника: пример содержания индивидуального маршрута обучения // В сб. научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции «Работа с Будущим в контексте непрерывного образования». М.: МГУПУ, 2020. С. 11–16.
11. **Yudin A., Vlasov A., Salmina M., Sukhotskiy V.** Challenging Intensive Project-Based Education: Short-Term Class On Mobile Robotics With Mechatronic Elements // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. V. 829. PP. 79–84.
12. **Salmina M., Kuznetsov V., Poduraev Y., Yudin A., Vlasov A., Sukhotskiy V., Tsibulin Y.** Continuous Engineering Education Based On Mechatronics And Digital Fabrication // *Proceedings of the 6th International Conference on Robotics in Education*. 2015. PP. 56–57.
13. **Юдин А. В.** Перспективы использования смешанного обучения в условиях дополнительного образования технической направленности // В сб. докладов 11-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (с международным участием) «Будущее машиностроения России». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 765–767.
14. **Yudin A., Kolesnikov M., Vlasov A., Salmina M.** Project Oriented Approach In Educational Robotics: From Robotic Competition To Practical Appliance // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. V. 457. PP. 83–94.
15. **Лапшинов С. А.** Актуальность технологических возможностей лаборатории цифрового производства при разработке мобильного робота // В сб. научных трудов 19-й молодежной международной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2017». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. С. 255–263. https://iu4.ru/konf/2017_ts/2017_ts_sbornik.pdf
16. **Лапшинов С. А., Юдин А. В.** Практика проектирования мобильных роботов в спортивной робототехнике: моделирование и стратегия // В сб. докладов 13-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (с международным участием) «Будущее машиностроения России». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020.
17. **Затекин Д. В.** Система позиционирования мобильных роботов, воспроизводимая в учебных лабораториях цифрового производства // Сборник лучших работ участников Научно-образовательных соревнований молодых исследователей «Шаг в будущее. Космонавтика». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. С. 682–714. <https://olymp.bmstu.ru/sites/default/files/olymp2018-19/bestworks2019.pdf>
18. The Botball Educational Robotics Program [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kipr.org/botball/what-is-botball>. Проверено 11.09.2020.
19. Eurobot, International Student Robotic Contest [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eurobot.org>. Проверено 11.09.2020.
20. ABU Robocon, Asian Oceanian College robot competition [Электронный ресурс]. URL: <http://www.official-robocon.com/> проверено 11.09.2020.
21. **Yudin A., Salmina M., Sukhotskiy V., Dessimoz J. D.** Mechatronics Practice In Education Step By Step, Workshop On Mobile Robotics // *Proceedings of the 47th International Symposium on Robotics, ISR 2016*. 47. 2016. PP. 590–597. <https://www.vde-verlag.de/proceedings-en/454231084.html>
22. **Yudin A., Vozhdaev A., Sukhotskiy D., Salmina M., Sukhotskaya T., Sukhotskiy V.** Intensive Robotics Education Approach In The Form Of A Summer Camp // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. V. 560. PP. 246–250.
23. **Лапшинов С. А., Юдин А. В.** Инструменты моделирования в комплексных задачах разработки технических систем и устройств // В сб. научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции «Непрерывное образование в контексте идеи Будущего: новая грамотность». М.: МГПУ, 2020. С. 54–60.
24. **Нижников А. О., Медведев Г. М., Юдин А. В.** Об одном подходе к анализу заданий соревнований мобильных роботов // В сб. научных трудов 19-й молодежной международной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2017». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. С. 276–283.
25. **Журавлева Л. В., Зобов О. В., Клынкин К. О.** Применение лазерного дальномера VL53L0x для навигации и позиционирования мобильного робота // *Технологии инженерных и информационных систем*. 2019. № 3. С. 8–17.
26. **Колесников М. А., Юдин А. В.** Аппаратно-программный комплекс по определению местоположения объекта на плоскости методом ультразвуковой триангуляции // В сб. докладов 10-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (с международным участием) «Будущее машиностроения России». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2017. С. 591–595.
27. **Затекин Д. В., Юдин А. В.** Проектирование технических систем: модель ультразвуковой системы позиционирования // В сб. докладов 13-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (с международным участием) «Будущее машиностроения России». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020.
28. **Гостохов З. А., Ивашенцева А. А.** Методика разработки прикладного программного обеспечения в среде robot operating system // *Технологии инженерных и информационных систем*. 2018. № 2. С. 14–35.
29. **Yudin A., Semyonov M.** Distributed Control System For A Mobile Robot: Tasks And Software Architecture // *Communications in Computer and Information Science*. 2011. V. 161 CCIS. PP. 321–334.
30. **Vlasov A., Yudin A.** Distributed Control System In Mobile Robot Application: General Approach, Realization And Usage // *Communications in Computer and Information Science* (см. в книгах). 2011. V. 156 CCIS. PP. 180–192.



ПАТРОНАЖ ТПИ РФ

21-24

СЕНТЯБРЯ 2021

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»

Radel

XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ДРУГИЕ НОСИТЕЛИ СХЕМ
- СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
- РОБОТОТЕХНИКА
- КОНСТРУКТИВЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
- КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



radelexpo.ru (812) 718-35-37

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



FarEXPO | **FE**[®]

Международная выставка в сфере радиоэлектроники



Стоимость 2200 р. за номер
Периодичность: 10 номеров в год
www.electronics.ru



Стоимость 1430 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.photonics.ru



Стоимость 1430 р. за номер
Периодичность: 6 номеров в год
www.j-analytics.ru

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

www.technosfera.ru



Стоимость 1056 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.lastmile.ru



Стоимость 1287 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.nanoindustry.ru



Стоимость 1716 р. за номер
Периодичность: 4 номера в год
www.stankoinstrument.ru