

Образовательная робототехника: проектное обучение в условиях цифрового производства

Часть 1

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

УДК 681.5 | ВАК 05.13.06

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. Рассмотрена динамика эволюции результатов обучения в виде мобильных роботов для соревнований за пять лет и анализ присущих им существенных изменений.

В существующих технологических реалиях обучаться основам инженерного мышления становится все проще. Лаборатории цифрового производства, распространенные по всему миру в большом количестве, предоставляют оборудование для воплощения творческих работ, как начинающих, так и опытных энтузиастов-разработчиков – школьников, студентов и взрослых.

Задачи, стоящие перед работниками цифровой экономики настоящего и недалекого будущего, также как и их возможности, становятся масштабнее и усложняются. Их решение требует грамотного обращения с технологическим оборудованием, которое повышает эффективность труда. При этом сферы, требующие использования технических навыков, уже давно перешли границы исключительно инженерной деятельности [1].

Однако распространенность технологий и их повсеместное применение не означает автоматического роста производительности труда. Продуктивные идеи инженеров и ученых очень часто не реализуются в полной мере [2]. Процесс усложнения используемых технических

решений, как это ни парадоксально, совмещен с процессом упрощения привычных, еще в недавнем прошлом, каждому человеку действий. Мощь быстродействующей автоматизации избавляет нас от рутины повторяющихся однотипных действий, но при этом рождает новые вызовы – как сохранить способность продуктивного мышления для появления новых идей и дальнейшего прогресса в их реализации в условиях, когда значительная часть нашей деятельности перестает способствовать тренировке наших биологических «мускулов» ума. И хотя панацея искусственного интеллекта привлекает многих, в том числе думающих и технически образованных людей, пройдет еще много времени, прежде чем программные решения смогут выйти за пределы задач увеличения эффективности перебора имеющихся вариантов.

Современную систему образования необходимо усиленно развивать в соответствии с реалиями настоящего времени, поскольку подходы прошлого перестают работать, а новые формируются крайне медленно. Этой трансформации способствуют в том числе и вызовы глобального характера, которые встречаются не часто в человеческой истории. Таким вызовом стала пандемия COVID-19 в 2020 году, которая спровоцировала «шоковую терапию» в стенах школы, привычной к консервативному укладу, с требованием применения цифровых дистанционных технологий там, где до этого компьютер использовали только 20% учителей [3]. Резкий переход к онлайн-обучению в условиях массовой школы в период с марта по июнь 2020 года стал в целом неудачным и привел к негативным последствиям, как для учащихся, так и для учителей, в виде значительного повышения нагрузки и увеличения стресса.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что нельзя ограничиваться только модернизацией

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.

оборудования, поскольку прогресс и переход на новый уровень развития экономики невозможен без качественных изменений в образовании. Классно-урочная система, построенная на принципах промышленной революции 19 века, и постоянно увеличивающееся количество учеников в классе не приведут к позитивным изменениям и повышению качества обучения в новой реальности сегодняшнего дня, когда на наших глазах происходит 4-я промышленная революция [4, 5] и в очередной раз меняется образ ученика и учителя.

Данная работа посвящена обзору подхода к техническому образованию на примере анализа его реальных результатов за последние пять лет. Контекст подхода – образовательная робототехника. Это комплексная дисциплина, позволяющая своей широтой ориентировать учащихся с разными интересами и устремлениями в жизни. Потенциальная глубина вопросов, доступных к рассмотрению, делает возможным дизайн учебных программ как для ознакомления и общего развития грамотности учащихся [6, 7], так и для дальнейшего развития полученных базовых навыков будущими инженерами и учеными [8–12]. Рассматриваемый практико-ориентированный подход к обучению отвечает вызовам современности и может служить основой для успешных преобразований в образовании [13, 14].

РАЗРАБОТКА РОБОТА КАК ФОРМАТ ДОЛГОВРЕМЕННОГО УЧЕБНОГО ПРОЕКТА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ

Робот – автономная или управляемая оператором сложная техническая система, предназначенная для выполнения полезных автоматизированных функций, упрощающих деятельность человека.

Для использования робота достаточно понимания общих принципов функционирования его подсистем. Обучение в таком случае носит проблемно-ориентированный исследовательский характер. При этом важную роль играет программирование, поскольку с его помощью достигаются определенные результаты экспериментов учащихся с применением по большей части неизменной базовой конструкции робота.

Для создания робота необходимо практиковать такие чисто технические дисциплины, как механика, электроника и программирование; а также иметь навыки работы с технологическим оборудованием для изготовления деталей необходимых устройств и грамотно планировать работы с использованием ограниченных ресурсов для достижения результатов в срок. Обучение в этом случае проектное. При этом не исключается проведение экспериментов и включение элементов проблемно-ориентированного подхода на результатах вновь разработанной конструкции робота.

И первый, и второй варианты подхода к образовательной робототехнике имеют право на существование и развитие. Оба подхода формируют технологическую грамотность и основу для дальнейшего профессионального самоопределения учащихся. Особенно ярко этот факт демонстрирует область программирования, которая служит одной из базовых основ каждого варианта подхода.

В данной работе речь идет о процессах создания робота в условиях лаборатории цифрового производства [15–17]. Под роботом подразумевается устройство, способное перемещаться по плоской поверхности и выполнять манипуляции с различными объектами (небольшими относительно размеров самого робота), получая команды от оператора или работая по программе. Основные задачи робота: навигация (перемещение между заданными точками с достаточной точностью), взаимодействие с грузом (загрузка, перемещение, разгрузка) и взаимодействие с прочими объектами окружающего пространства.

Современный робот проектируется в специальных программных системах автоматизированного проектирования (САПР) и изготавливается на высокоточных станках с числовым программным управлением (ЧПУ). И то и другое доступно разработчикам в форме лабораторий цифрового производства. Но такие производственные институты нового технологического уклада далеко не всегда предлагают долгосрочные обучающие программы для освоения навыков, необходимых для удачного завершения разработки и дальнейшего внедрения. Пример подобной разработки – мобильный робот – приведен на рис. 1.

Тем не менее, концентрация производственного оборудования, квалифицированных кадров и энтузиастов в одном месте создает необходимую «эко-систему» для появления прорывов, в том числе и в области образования. Этому способствует как доступность технологий

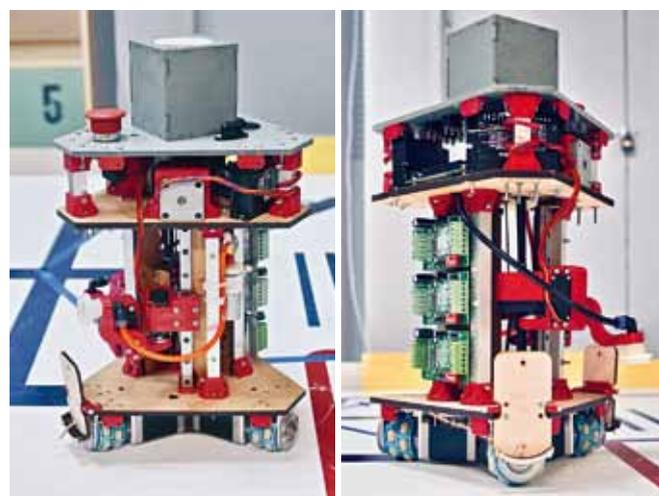


Рис. 1. Автономный робот в процессе разработки

большому числу желающих, так и возможность в относительно короткие сроки получить результат своими руками. Процессы повторяющегося, итеративного (и в каком-то смысле рекурсивного) прототипирования, таким образом, упрощаются и становятся в том числе и инструментами для обучения.

СПОРТИВНАЯ РОБОТОТЕХНИКА И СОРЕВНОВАНИЯ КАК ОБЪЕДИНЯЮЩЕЕ И МОТИВИРУЮЩЕЕ НАЧАЛО ИТЕРАТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ

Практика использования робототехнических соревнований в образовании не нова. Существует множество (в том числе и международных) инициатив [18–20], которые предлагают участникам задачи различной степени сложности. Однако, в «океане» вариантов, как и во многих проявлениях многообразия и доступности цифровой эпохи, очень легко потерять по-настоящему стоящие и подходящие для обучения явления. Вслед за многочисленными возможностями приходит необходимость выбора из множества альтернатив. Это характерно и для изменений, приносимых 4-й промышленной революцией [4, 5].

По мнению авторов, для реализации предлагаемого подхода к обучению одними из наиболее пригодных состязаний мобильных роботов являются международные робототехнические соревнования Eurobot [19]. Этот формат удобен для организации обучения, развития инженерного мышления, навыков и сохранения творческой инициативы учащихся в выборе способов решения разнотипных технических задач.

Eurobot проводятся с 1998 года. Каждый год выходит новый регламент соревнований (рис. 2) и участвующие команды стремятся найти оптимальное решение для выполнения поставленных перед их роботами задач. Основные принципы и ограничения при этом остаются неизменными: размеры роботов и полигона, ограниченность времени, необходимость тщательного выбора из нескольких альтернативных вариантов задач: формирование стратегии, взаимодействие с элементами окружающего пространства на полигоне, соревновательное начало при определении лучших технических решений.

В рамках подготовки к командным соревнованиям мобильных роботов потенциальные участники должны за учебный год разработать, изготовить и отладить мобильного робота, способного победить соперников в парных матчах. Участие в соревнованиях сводится к выступлению одного или двух роботов команды в матче против команды соперника на время (обычно равное 90 с). За это время роботы должны, не сталкиваясь, решить ряд задач и тем самым набрать баллы по итогам матча. Команда, получившая наибольшее количество баллов, побеждает.

Соревнования не всегда выявляют лучшее техническое решение, поскольку во время выступлений особую важность приобретает командный дух и воля к победе. Нередко во время нескольких соревновательных дней особенно мотивированные участники модернизируют своих роботов, чтобы получить преимущество над наиболее «сложными» соперниками и, таким образом, добиваются успеха. Такие переделки и доработки требуют особых навыков и слаженности в действиях разработчиков, которые



Рис. 2. Изменения игровых задач соревнований Eurobot



Рис. 3. Основной управляемый оператором робот 2015 года

невозможно решить на заранее подготовленных учебных задачах в классе.

Несмотря на то, что в результате не всегда побеждает лучшее техническое решение, уровень сложности выполненного робототехнического решения во многом определяет результат и уважение соперников в дружеском первенстве. Участники, сами прошедшие непростой путь подготовительной работы, понимают всю ценность образовательной составляющей соревнований.

Участие в подобных робототехнических состязаниях способствует применению теоретических знаний на практике и является эффективным дополнением к образовательной программе высших технических учебных заведений или начальной стадией технического образования, как дополнительного, в случае участников школьного возраста [21–23]. Понимание всей цепочки от разработки робота на персональном компьютере в программной среде до изготовления его на современном оборудовании, дальнейшая сборка и отладка впоследствии становятся фундаментом для ведения самостоятельных проектов. Это полезно как для освоения инженерных дисциплин, так и в других областях, где речь идет о создании продукта.

ПРИМЕР ПРОГРЕССА РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАВЫКОВ ПРИ МНОГОЛЕТНЕЙ УЧЕБНОЙ РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ СОРЕВНОВАНИЙ

Большинство первых шагов делается начинающими разработчиками в 10–12 лет (это верно и для рассматриваемого примера). Это этап освоения технологий и первый опыт их применения. Команды, а чаще отдельные участники, стремятся сделать робота «с наскока». В это время еще не придается особого значения планированию. Скорее, речь идет о воплощении не всегда рабочей идеи и не всегда верными способами.

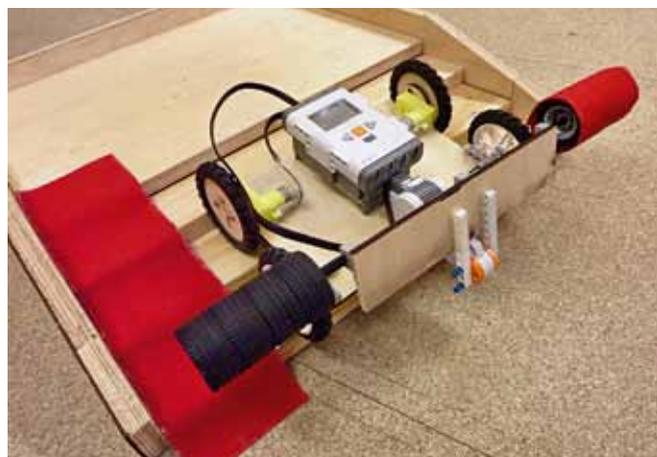


Рис. 4. Дополнительный автономный мобильный робот 2015 года

На этом этапе важно сохранить настрой и завершить обучение, представив разработку пусть и не очень сложного, но законченного робота на соревнованиях среди таких же начинающих команд.

Авторы начали такую работу в 2015 году с участия в юниорской лиге Eurobot. В то время удалось без применения САПР изготовить одного управляемого от пульта робота (рис. 3), который мог перемещаться по полигону и выполнять примитивные задания, толкая корпусом игровые элементы и тем самым перемещая их в нужную зону. Дополнительный робот (рис. 4) был изготовлен на базе контроллера Lego Mindstorms с модернизированной механикой, оригинальным решением, собранным своими руками. Его задача ограничивалась одним действием, которое требовало автономного перемещения и программирования.

Конструкции роботов были изготовлены с частичным использованием станка лазерной резки и доработаны ручным инструментом [21].

В основу управления дополнительным роботом был положен примитивный визуальный язык программирования, действия основного робота оператор задавал

ООО
СМП



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Разборные металлические EMI SMD экраны
- Кварцевые генераторы 0532 на частоты до 125 МГц

Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32, e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780

с помощью пульта. В основном роботе отсутствовали микроконтроллеры или какие-либо вычислительные устройства. Для перемещения использовались двигатели постоянного тока и кнопки включения/выключения.

Стратегия движения роботов не прорабатывалась. Выполнялись только наиболее продуктивные по количеству баллов задания, доступные для выполнения получившимися к моменту соревнований конструкциями. Последовательность действий отличалась в разных матчах. Отсутствие механизмов для выполнения большинства заданий и продуманной стратегии привело к невысоким результатам. Автономный робот, несмотря на кажущуюся изначально простоту идеи и в целом частично рабочий прототип, так и не смог принести команде дополнительные баллы в соревновательных матчах, поскольку не обладал возможностью отслеживания своего положения и всегда ошибался при перемещениях.

В 2016 году выступления продолжились в юниорской лиге, но в команде произошло качественное изменение понимания необходимых действий по подготовке к соревнованиям и организации работы. После получения соревновательного опыта были приложены усилия к повышению надежности применяемых решений, как в механике, так и в программировании. Lego уступил место платформе Arduino, что позволило перейти к начальному освоению профессионального языка программирования C/C++, широко распространенного в управлении техническими системами.

Как и прежде, корпуса и элементы механизмов роботов были изготовлены на станке лазерной резки, но при этом стали чаще использоваться комбинации различных материалов. Появились элементы, изготовленные на 3D-принтере. Основной управляемый от пульта робот

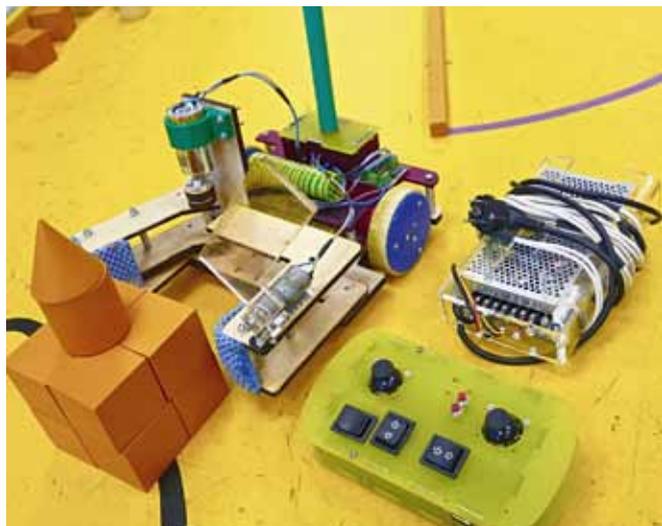


Рис. 5. Основной управляемый оператором робот 2016 года

(рис. 5) получил улучшенную электронику управления движением, контроллер управления и драйверы. Схема управления использовала переходный вариант для коммутации двигателей постоянного тока: для движения робота использовался драйвер, позволявший менять скорость вращения колес, а в других исполнительных механизмах все еще применялась простейшая «цифровая» схема (включен/выключен).

Дополнительный робот (рис. 6) получил, в придачу к исполнительным механизмам, ультразвуковые датчики дальности для определения своего местоположения относительно борта игрового полигона и фиксации препятствий, но использовал их крайне ограниченно, работая по программе, состоявшей лишь из небольшого набора последовательных действий. Управлял роботом 8-разрядный микроконтроллер AtMega32u4. Движение осуществлялось с помощью цифровых сервомоторов Dynamixel XL-320.

В этот раз предварительной подготовке стратегии было уделено больше внимания. Были проработаны отдельные маневры, скоординированные между роботами. Наименее надежные узлы, показавшие неудовлетворительные результаты в прошлых выступлениях, были переработаны. Подобные модернизации между соревнованиями естественны в части формирования «технологической платформы» команды: привода для движения робота, выбор прочих исполнительных устройств, моторов и электроники, организация управления и наработки в программировании. Такая «платформа» наименее



Рис. 6. Дополнительный автономный мобильный робот 2016 года



Рис. 7. Автономный робот 2017 года (вид сзади)

подвержена изменениям и служит физическим воплощением практического опыта команды.

Стратегия роботов сводилась исключительно к выбору и распределению заданий между ними, что в итоге привело в целом к упрощению механики роботов за счет целенаправленного выбора одних заданий и отказа от других. Такой подход позволил на этапе проектирования (конструирования) освободить время, необходимое на проработку множества технических решений (путем отказа от большинства), сосредоточившись лишь на одном-двух. В процессе отработки этих решений было сделано несколько прототипов и выбран наиболее удачный.

Для дополнительного робота стратегия заключалась в том, чтобы выполнить лишь одно задание по перемещению тех игровых элементов, которые не мог трогать робот соперника. Происходило это медленно, и, хотя были приложены некоторые усилия, уровень программного решения по обработке датчиков позиционирования не позволил обеспечить 100%-ную результативность каждого выступления. Прогрессом стало то, что робот в принципе мог выполнить свою задачу.

Элементы, за которые на полигоне шла конкуренция с соперником, перемещал основной робот и, несмотря на то, что роботы не выполняли весь спектр доступных им задач, сформированный в этом году подход к проектированию роботов позволил значительно повысить результативность выступлений.

В 2017 году единственный робот был спроектирован и изготовлен по ограничениям дополнительно (рис. 7 и 8) и мог участвовать как в юниорской, так



Рис. 8. Автономный робот 2017 года (вид спереди)

и в студенческой лиге «автоном» (полностью автономных роботов).

Предварительно робот был полностью смоделирован в САПР SolidWorks, а существенная часть его деталей была изготовлена на 3D-принтере. Части корпуса были изготовлены на станке лазерной резки, а его несущее

ООО «Руднев-Шиляев»

- разработка измерительных систем по техническому заданию Заказчика.
- помощь в составлении технического задания Заказчика.
- производство измерительных систем.
- разработка и производство приборов.
- разработка программно-аппаратного обеспечения по ТЗ Заказчика.
- сертификация измерительных систем и приборов.

Инструментальные решения задач заказчика!

125130, г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33 корп. 35
 www.rudshel.ru, e-mail: adc@rudshel.ru
 тел./факс: (495) 787-6367, 787-6368

основание – на фрезерном станке. Это был первый опыт применения подобного станка с ЧПУ в конструировании. Управляющим устройством для робота стал микроконтроллер AtMega328 (в составе платформы Arduino). Для навигации и обнаружения препятствий использовались ультразвуковые датчики.

Стратегия действий в 2017 году разрабатывалась в соответствии с техническими возможностями робота. Механические устройства в его составе оставались практически неизменными в процессе разработки и тестирования. Несмотря на зрелый подход и присутствие в составе всех необходимых систем, уровень их исполнения отразился на результатах выступлений. Из-за отсутствия надежной системы позиционирования робота на полигоне и приданных свойств механики, он часто отклонялся от заданного курса. Несмотря на посредственные результаты в матчах, робот выделялся на общем фоне своим законченным привлекательным внешним видом благодаря аккуратному подходу к проектированию и изготовлению.

Во второй части статьи будет проведено сравнение роботов разных лет и рассмотрены вопросы технологической базы для учебных проектов образовательной робототехники.

ЛИТЕРАТУРА

- 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.
- Kay A.** An Interview with Computing Pioneer Alan Kay [Электронный ресурс] / FakultetEIM. 2013. URL: <https://youtu.be/tXo5K4tLxK8>. Проверено 11.09.2020.
- 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-N4MOv5mDlIqKj/view>. Проверено 11.09.2020.
- Schwab K.** The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum (WEF), 2016.
- 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.
- Шалашова М. М., Шевченко Н. И.** Педагогический дизайн: сущностные характеристики в системе высшего образования // ЦИТИСЭ. 2019. № 5 (22). С. 396–404.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Salmina M., Kuznetsov V., Poduraev Y., Yudin A., Vlasov A., Sukhotskiy V., Tsubulin Y.** Continuous Engineering Education Based On Mechatronics And Digital Fabrication // Proceedings of the 6th International Conference on Robotics in Education. 2015. PP. 56–57.
- 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.
- 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.
- 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. URL: https://iu4.ru/konf/2017_ts/2017_ts_sbornik.pdf
- 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 молодежи исследователей «Шаг в будущее, Космонавтика». М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. С. 682–714. URL: <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. URL: <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. **Юдин А. В.** Образовательная робототехника: результаты апробации дистанционных элементов в дополнительном образовании // Сб. докладов «Будущее машиностроения России» в 2-х томах. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. Т. 2. С. 282–285.

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1090 руб.

НОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ В СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

Под редакцией В. А. Глазунова

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2021. — 316 с.,
ISBN 978-5-94836-537-4

Значение робототехники для современной жизни трудно переоценить, роботы играют заметную роль в производстве, медицине, образовании, в научной деятельности, обороне. Хорошо известно, что робот, условно говоря, состоит из двух частей – это механическая часть и система управления. В настоящее время вопросы, касающиеся системы управления, получили бурное развитие – меняется элементная база, совершенствуются управляющие системы и программы. Роботы становятся все более автономными и «интеллектуальными». Вполне естественно, что на передний план выдвигаются проблемы создания цифровых производств, сквозных технологий и т. д.

В книге представлены новые механизмы параллельной структуры различных классов, имеющие широкие возможности применения в робототехнических системах для технологических и транспортных процессов в различных отраслях промышленности, а также космической и медицинской робототехнике. Проведены исследования в области кинематики, динамики и управления такими системами.

Рассмотрены механизмы мобильных роботов технологического и медицинского назначения, исследованы вопросы их динамики и управления. Представленные механизмы разработаны и исследованы в Институте машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук.

Книга предназначена для специалистов в области теории механизмов и машин, научных работников и инженеров, чья деятельность связана с созданием новых робототехнических систем, а также студентов, аспирантов и преподавателей.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru