**Черновик статьи «Образовательный робототехнический комплекс для обучения студентов»**

**STEM** (science, technology, engineering and mathematics) – термин, обозначающий группировку отдельных, но чрезвычайно близко связанных между собой технических дисциплин (естественные науки, технология, инженерия и математика).

**Курсовая работа**, самостоятельная учебная научно-методическая работа студентов университетов, педагогических, экономических, юридических, культуры и искусства и др. вузов, выполняемая под руководством преподавателя по общенаучным и специальным предметам учебного плана. Имеет целью развитие у студентов навыков самостоятельной творческой работы, овладение методами современных научных исследований, углублённое изучение какого-либо вопроса, темы, раздела учебной дисциплины (включая изучение литературы и источников). На 2—3-м курсах К. р. носят обычно реферативный характер, на старших — исследовательский. Темы К. р. разрабатываются и утверждаются кафедрами вузов. К. р. защищается на кафедре. [Большая Советская Энциклопедия, <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/067/729.htm>

**ОС** – операционная система.

**ПО** – программное обеспечение.

**ROS (Robot Operation System)** – открытый фреймворк для написания программного обеспечения роботов, работающий как мета-операционная система на базе ОС Linux.

<http://turtlebro.ru/>

**ROS (Robot Operation System)** – набор программных библиотек и инструментов, которые помогут вам создавать приложения для роботов. От драйверов до современных алгоритмов и с мощными инструментами разработчика, ROS имеет все, что вам нужно для вашего следующего проекта по робототехнике. И всё это с открытым исходным кодом.

<https://www.ros.org/>

**РТК** – роботизированный технологический комплекс.

**СКБ** – студенческое конструкторское бюро.

На сегодняшний день существует проблема нехватки инструментов для наглядной реализации практических заданий и примеров, ориентированных на эффективное обучение студентов специальности «мехатроника и робототехника». Например, для физиков, электриков и материаловедов существуют учебные стенды. Для робототехников же наиболее приближенным к ним могут считаться учебные робототехнические комплексы, включающие в себя самого робота (либо уже собранный, либо в виде конструктора для сборки), программное обеспечение, учебные материалы и курс лабораторных работ.

Отсутствие возможности на практике отработать преподаваемые в учебном заведении предметы является главной проблемой при ведении современного учебного процесса. Отработка **исключительно** абстрактных практических заданий, но без практического применения (управление ради управления, программирование ради программирования) является гораздо менее эффективным способом обучения. Промежуточное место между выполнением абстрактных практических задач и работой с робототехническими учебными комплексами занимают курсовые работы. Обычно, курсовая работа является показателем усвоения полученного при обучении материала и демонстрирует умение этот материал применять на практике. Такая работа является, по сути, расчётно-графической. Часто курсовая классифицируется как научно-исследовательская. В этом случае, кроме применения полученных знаний, студент занимается исследованием определённой темы, области. Но все курсовые работы объединяет одно – выполняются они в конце учебного семестра и их количество, по сравнению с практическими занятиями, кратно меньше. Соответственно, если в учебном процессе будут применяться только практические задания и курсовые работы то, вследствие этого, компетенции студентов, получаемые во время учебного процесса, будут меньше.

Если рассматривать участие студентов в больших и сложных проектах, сочетающих и требующих применение всего разнообразия преподаваемых дисциплин и получаемых знаний, то это доступно не для каждого студента. К таким проектам можно отнести создание с нуля роботов различных конструкций, проектирование отдельных узлов и механизмов, программирование компонентов и систем.

Именно поэтому наиболее подходящим и эффективным подходом к организации учебного процесса является приобретение университетами для своих факультетов и кафедр учебных наборов – образовательных робототехнических комплексов. В качестве типичных примеров можно отнести робот TurtleBro от компании VoltBro и роботы серии ROSMASTER X3 PLUS от компании Yahboom:

* **TurtleBro** – учебно-методический комплекс в целом и робот в частности, специально созданный и заточенный под изучение фреймворка ROS. Рассчитан на практические занятия в рамках учебных курсов школьников и студентов.

Включает в себя программную и аппаратную платформу для изучения ROS, ОС Linux и принципов разработки современной робототехники, учебный курс (теоретическую и практическую часть). В свободном доступе находится книга «Введение в Robot Operation System».

Робот оснащён двумя моторами с энкодерами, вращающих 2 обыкновенных колёса, лидаром, камерой, одноплатным компьютером Raspberry Pi 4 model B и оригинальной платой управления. Управление последней реализовано на микроконтроллере SMT32F4 с возможностью управления из ROS. Для пользовательских приложений на плате реализован блок с микроконтроллером ATmega2560, совместимый с Arduino IDE и платами расширения Arduino, способный функционировать как самостоятельное устройство.

Питание осуществляется от блока из четырёх литий-полимерных аккумуляторов формата 18650.

* **ROSMASTER** – данный учебно-методический комплекс направлен не только на изучение с ROS, но и взаимодействие с различными датчиками, моторами и контроллерами. В комплекте идут образовательные материалы, в том числе руководства, учебные планы и материалы, примеры программ.

Электронные компоненты включают в себя: большое разнообразие датчиков (расстояния, гироскопы, акселерометры, вращающих 4 колеса Илона, различные камеры, в том числе, камеру глубины), четыре мотора с энкодерами, шестизвенный манипулятор со своей камерой, лидар, джойстик для дистанционного управления, модуль голосового упарвления, сенсорный экран, четыре платы расширения и контроллером. Последний может быть одним из четырёх, дающихся на выбор - Jetson Nano B01, Jetson Orin NX, Jetson Orin NANO и Raspberry Pi 5 (в нашем случае имеется опыт работы с моделью, оснащённой Jetson Nano B01).

Питание осуществляется от блока из четырёх литий-полимерных аккумуляторов формата 18650.

Именно описанные выше модели образовательных робототехнических комплексов были закуплены нашим университетом для повышения качества и уровня процесса обучения, поэтому какие-либо выводы строятся от опыта их эксплуатации. По результатам работы с учебными наборами были выявлены следующие недостатки:

1. Модель робота TurtleBro имеет малый для нас функционал. Малое количество модулей сужает диапазон потенциально получаемых навыков;
2. Для работы с ROSMASTER в версии, оснащённой Jetson Nano, существует высокий порог вхождения – необходимы навыки для работы с данным микрокомпьютером.

Оба вышеописанных недостатка послужили одними из причин, почему было принято решение о начале разработке собственной версии образовательного робототехнического комплекса. Остальными причинами послужили требования и необходимости, звучащие следующим образом:

1. На сегодняшний день активно развивается область мобильной робототехники, разрабатывающая сервисных роботов, складских РТК. Для этих машин основной характеристикой является повышенная манёвренность и возможность взаимодействия с другими объектами. Для достижения первого условия, без создания сложных и трудноуправляемых конструкций широко применяются всенаправленные колёса (Omni-колёса) и колёса Илона.

Если учебные робототехнические комплексы, оснащёнными последним вариантом колёс довольно часто встречается на рынке, то роботы с Omni-колёсами практически не встречаются. Редкие модели имеют не более трёх колёс такого типа. Учитывая потенциал всенаправленных колёс, возникла необходимость на практике протестировать конструкцию, включающую в себя более трёх всенаправленных колёс и манипулятора;

1. Возможность организовать процесс получения новых компетенций участниками СКБ;
2. Создание сложных технических изделий, исходя из составляемых нами же требований, тем самым обеспечив возможность расширения программно-аппаратной составляющей робота под нужды лаборатории;
3. Необходимость ведения современного учебного процесса, создание современной и инновационной образовательной среды.

Во время разработки выполнено:

1. Формулировка требований, предъявляемых к разрабатываемому роботу;
2. Проектирование робота, выполнение требований, декларируемых техническим заданием;
3. Изготовление робота – печать элементов его корпуса и сборка прототипа;
4. Написание программного обеспечения для работы всех электронных компонентов робота в рамках единой системы;
5. Написание учебных материалов и лабораторных работ;
6. Тестирование прототипа (проверка работоспособности узлов, надёжности конструкции и программного обеспечения).

Итогом разработки стало создание учебного робототехнического комплекса, представляющего из себя образовательного робота, написанное программное обеспечение с открытым исходным кодом, сборник учебных материалов и лабораторных работ.

Компоненты образовательного робота:

* Корпус представляет из себя две шестиугольные платформы (250 мм на 250 мм), напечатанные на 3D-принтере, дистанцированные друг от друга на расстоянии 59,5 мм посредством стоек;
* Всенаправленные (Omni) колёса в количестве четырёх штук (диаметр 82 мм);
* Моторы постоянного тока с энкодерами JGB37-520 (12V);
* Лидар (RPLIDAR A1);
* Ультразвуковой датчик (дальномер HC-SR04);
* Пятизвенный манипулятор с четырьмя различными схватами (электрический, два пневматического и вакуумный);
* Электронная плата, включающая в себя большую часть многочисленных электронных компонентов (драйверы моторов, ШИМ-контроллер, микроконтроллер STM32F407VGT6, стабилизаторы напряжения и др.)

Студент, обучающийся по направлению *мехатроника и робототехника*, к выпуску должен иметь компетенции, соответствующие инженеру-робототехнику. Конкретно – необходимость студентами применять полученные навыки на практике, отрабатывать их, нарабатывать требуемые компетенции и опыт.

Главной проблемой, встающей на пути реализации данного требования, является невозможность на практике применить, отработать преподаваемые в учебном заведении предметы. Зачастую, практика заключается в выполнении не завязанных на практическое применение задач, решение абстрактных практических заданий. Например, программирование электронных устройств, управление двигателями. В лучшем случае – применение полученных знаний в курсовых работах. К примеру, проектирование печатной платы, создание программы обработки информации, получаемой с датчиков. Участие в больших и сложных проектах, сочетающих и требующих применение всего разнообразия преподаваемых дисциплин и получаемых знаний доступно не каждому студенту. Создание с нуля роботов, проектирование отдельных узлов и механизмов, программирование компонентов и систем.

Большая удача, если кафедра располагает учебными наборами, что позволяют применить и отработать полученные на лекциях и практических занятиях навыки и умения. Именно для этой цели существуют и закупаются университетами учебные наборы (учебно-методические комплексы), включающие в себя учебного робота (конструктор для сборки или уже готовое изделие), необходимое программное обеспечение, курс лабораторных работ, учебные материалы и курсы. К таким наборам относятся робот TurtleBro от компании VoltBro, роботы серии ROSMASTER от компании Yahboom и др.

Главной проблемой доступности таких наборов является их цена – не каждый университет может позволить себе закупать наборы в полной комплектации в количестве нескольких десятков штук. Другой минус – часть роботов из наборов не имеют достаточного функционала, разнообразия компонентов, с которыми можно взаимодействовать, как следствия, возможностей по практическим и лабораторным занятиям. В нашем случае, проект Образовательного Робота вырос из курсовой работы, эволюционировав из простой роботизированной платформы на Omni-колёсах, включающей в себя манипулятор и простую систему дистанционного управления с джойстика до полноценного набора, с более совершенной системой дистанционного управления и наличием системой автоматического передвижения, наличием лидара, более мощного манипулятора.

Не лишним будет упомянуть, что работы по проекту Образовательного Робота сами по себе являются хорошим примером применения полученных в результате обучения навыков и компетенций.

При разработке проекта Образовательного Робототехнического комплекса кроме самого учебного робота пишется необходимое программное обеспечение, курс лабораторных работ. Всё это позволит в полном объёме и наиболее эффективно реализовать следующие задачи:

* Дать студентам возможность применить полученные в процессе обучения навыки и умения на практике, нарабатывать необходимые компетенции и опыт (Практика);
* Развить умения решения проблем – проводить их анализ, вырабатывать оптимальный способ их решения (Решение проблем);
* Научиться работать в команде, делить задачи и направления работы, позволяя эффективно решать сложные задачи, реализовывать идеи и создавать сложные продукты (Командная работа);
* При отсутствии отработанных решений и способов решения задач вырабатывать оригинальный подход к проектированию, созданию конструкций и написанию программ и алгоритмов, формированию творческого подхода, создания, реализации и внедрении инноваций (Разработка оригинальных методов);
* Развитие алгоритмического мышления, вырабатываемого при написании программного кода для решения прикладных задач (Алгоритмическое мышление?);
* Умения адаптироваться к меняющимся условиям и ситуациям, не оставаясь в зоне комфорта, а решать новые задачи с азартом и желанием достичь новых вершин (Адаптивность);

Исходя из указанных целей, в достижении которых и призван Образовательные роботехнический комплекс, можно сформулировать требования, предъявляемые к самой конструкции образовательного робота:

* Конструкционное исполнение, позволяющее без проблем перемещаться между учебными аудиториями как при собственном передвижении, так и при перемещении в пространстве силами одного человека (Компактность и мобильность);
* Наличие интуитивно понятного интерфейса, предустановленного ПО, обеспечивающих удобство при работе и минимизацию временных затрат (Эргономичность);
* Автоматическая система остановки движения при наличии препятствий на пути, включающая в себя необходимые датчики и ПО (Безопасность);
* Наличие многочисленных компонентов и элементов, предназначенных для выполнения широкого диапазона операций (Гибкость и универсальность);
* Возможность решать практические задачи, применять в учебном процессе для демонстрации возможностей Образовательного робота (Применение в практике);
* Наличие большого количества различных компонентов (манипулятор, датчики, камера, двигатели) позволяет осуществлять подбор задач различной направленности и сложности для студентов, учитывая уровень их знаний и компетенций, уровень подготовки (Обучение основам робототехники).

Как было указано выше, имеющиеся на рынке варианты комплектов образовательных роботов либо не удовлетворяют требованиям широкого диапазона компонентов, либо имеют высокую стоимость, ограничивая количество наборов для закупок и последующих занятий. По этой причине, было принято решение о создании и производстве в университете собственного проекта Образовательного Робота, всецело удовлетворяющему требованиям к конструкции и реализации поставленных задач. По ходу разработки были пройдены следующие этапы:

1. Курсовая работа, при работе над которой был создан минимально рабочий прототип, предназначенный для проверки работоспособности как всей системы, так и отдельных узлов и компонентов. Включала в себя такие этапы:
   1. Проектирование, при котором были определены следующие характеристики разрабатываемого робота: габариты, форма, масса, планируемые функции;
   2. Изготовление элементов корпуса, закупка необходимых компонентов, сборка робота, подключение силовых и логических линий;
   3. Написание программ с простейшим функционалом, предназначенных для проверки минимальной работоспособности всего робота, его систем и отдельных компонентов, возможности дистанционного управления при помощи джойстика;
   4. Тестирование.
2. По результатам создания робота в рамках курсовой работы было принято решение о развитии проекта, его трансформации в полноценный образовательный робототехнический комплекс, включающего следующие этапы:
   1. Добавление новых, замена старых силовых и логических компонентов (замена корпуса, стабилизаторов напряжения, сервоприводов манипулятора; добавление ШИМ-контроллера, лидара, демпферы для гашения вибраций);
   2. Проектирование единой платы, включающей в себя большую часть многочисленных электронных компонентов (драйверы моторов, ШИМ-контроллер, микроконтроллер STM32F407VGT6, стабилизаторы напряжения и др.):
   3. Перепроектирование манипулятора;
   4. Создание нескольких схватов для манипулятора;
   5. Совершенствование существующего ПО для старых компонентов, написание нового для новых компонентов;
   6. Написание технической документации, рекламных материалов, курса лабораторных работ и учебных материалов.

Итогом разработки стал полноценный продукт, представляющий из себя робота, учебные материалы и техническую документацию.

Робот состоит из двух параллельно расположенных платформ, между которыми располагается печатная плата, блок аккумуляторов. Поверх «бутерброда» расположены манипулятор, лидар, лазерный дальномер, плата Raspberry Pi 4. Учебные материалы состоят из курса лабораторных работ и учебных материалов. Техническая документация представляет из себя X, Y, Z.

Основываясь на сложности и объёме выполняемых работ, разработка Образовательного Робототехнического комплекса можно справедливо считать существенным вкладом в развитие современной образовательной среды, предназначенной для подготовки высококвалифицированных специалистов в области робототехники и STEM-наук. Также, проект комплекса способствует формированию у студентов практических навыков и умений, стимулирует их к творческому мышлению и подходу, работе в команде, решению сложных технических задач.

Образовательный робот открывает перед студентами двери в мир робототехники и современных технологий, позволяя без излишних трудозатрат заниматься изучением необходимых дисциплин, применять полученные знания на практике. Данный подход к образовательному процессу способствует повышению вовлечённости обучающихся, делаю процесс усвоения знаний более эффективным и является хорошим и эффективным мотиватором для непрерывного профессионального развития.

Стоит отметить, что успешная реализация проекта разработки Образовательного Робототехнического комплекса требует не только знаний и умений в технической области, но и правильного подхода к пониманию способностей и интересов студентов. Только такой комплексный подход, включающий в себя анализ слабых и сильных сторон подхода к организации образовательного процесса, а также активное вовлечение всех участников образовательного процесса позволит разработать наиболее эффективные и удачные решения, позволяющие эффективно внедрять Образовательный Робототехнический комплекс в учебный процесс, применять его.

Подытожив написанное выше, разработка и внедрение Образовательного Робототехнического комплекса в учебный процесс является важным шагом на пути к созданию современной и инновационной образовательной среды, способствующей подготовке и взращиванию высококвалифицированных и компетентных специалистов, готовых к новым вызовам современности.

* Проблема
* Требования к набору
* Задачи, для решения которых закупаются наборы
* Решение о разработке собственного набора
* Этапы разработки
* Описание конструкции «финального» варианта