

ИНТЕГРАЦИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОНСТРУКТОРОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПО ФИЗИКЕ В ПРОФИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССАХ

Научная статья

Журкин Д. А.

Студент

Ульяновский государственный педагогический университет
имени И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия

Аннотация

В статье рассматривается проблема интеграции образовательной робототехники в процесс обучения физике в профильных технологических классах. Обосновывается актуальность междисциплинарного подхода, объединяющего физику, информатику и технологию на основе изучения физических принципов работы робототехнических устройств. Представлены результаты теоретического анализа и классификации робототехнических наборов для образовательных целей, систематизированы физические законы, лежащие в основе функционирования датчиков и исполнительных механизмов LEGO MINDSTORMS, Arduino и БПЛА. Разработана ступенчатая система внедрения робототехнических конструкторов в курс физики, включающая комплекс лабораторных работ по механике, электродинамике и аэродинамике. Экспериментальная проверка на базе педагогической практики подтвердила эффективность предложенного подхода: использование робототехнических установок обеспечивает наглядную демонстрацию физических законов, автоматизацию измерений с высокой точностью и повышение познавательной мотивации учащихся. Результаты анкетирования показали, что 90–100% учащихся положительно оценили применение робототехники на уроках физики.

Ключевые слова: образовательная робототехника, интеграция, физика, профильные технологические классы, LEGO MINDSTORMS,

Arduino, БПЛА, лабораторный практикум, межпредметные связи, политехнизм.

Введение

Современный этап развития общества характеризуется стремительной роботизацией всех сфер деятельности — от промышленного производства до быта и образования. Робототехнические системы становятся неотъемлемой частью техносферы, что требует от системы образования подготовки инженерных кадров, способных создавать и обслуживать сложную технику. Однако, как показывает практика, использование робототехнического оборудования в школе часто ограничивается рамками дополнительного образования и не интегрировано в преподавание базовых учебных предметов, в первую очередь — физики.

Физика является фундаментальной основой для понимания принципов работы любых технических устройств. Законы механики лежат в основе движения наземных роботов, аэродинамика объясняет подъёмную силу дронов, электродинамика позволяет понять работу двигателей и датчиков. Таким образом, возникает естественная возможность соединить изучение физики с практической деятельностью по конструированию и программированию роботов.

Исследователи отмечают, что моделирование и конструирование с использованием комплектов робототехники на уроках физики позволяет не только сформировать интерес к изучению физики на основе реализации инженерных задач, но и осуществить профильную подготовку учащихся, реализуя один из основополагающих принципов дидактики — принцип политехнизма в обучении. Образовательная робототехника выступает как инновационная составляющая содержания принципа политехнизма и эффективное средство реализации межпредметных связей физики, информатики и технологии.

Цель настоящего исследования — теоретически обосновать и экспериментально проверить возможности интеграции робототехнических конструкторов в процесс обучения физике в профильных технологических классах.

1. Теоретические основы интеграции

1.1. Психолого-педагогические особенности профильных технологических классов

Профильные технологические (инженерные) классы формируются из учащихся 10–11 классов, ориентированных на получение инженерного образования. Ключевые характеристики этой группы включают профессиональную направленность, развитое техническое мышление и потребность в самореализации через создание реального продукта.

Внутри профильного класса выделяются три типа учащихся: «теоретики» (интерес к фундаментальной физике и расчётам), «конструкторы» (увлечены созданием механизмов) и «программисты» (интерес к алгоритмам и автоматизации). Робототехнический конструктор позволяет каждому типу учащихся найти свою нишу в рамках единого проекта, что повышает вовлечённость всех участников образовательного процесса.

Особенности углублённого изучения физики в инженерных классах (5–6 часов в неделю вместо 2) создают благоприятные условия для включения робототехнических экспериментов без ущерба для основной программы. Психолого-педагогические особенности учащихся инженерных классов диктуют необходимость использования активных методов обучения — проблемно-поисковых, исследовательских и проектных, которые эффективно реализуются через робототехническую деятельность.

1.2. Межпредметные связи в образовательной робототехнике

Образовательная робототехника выступает как естественная интегративная область, объединяющая содержание трёх школьных предметов:

- **Физика** обеспечивает научную основу, отвечая на вопрос «как это работает» (законы механики, электродинамики, аэродинамики);
- **Информатика** отвечает на вопрос «как этим управлять» (программирование, обработка данных с датчиков);
- **Технология** отвечает на вопрос «как это сделать» (конструирование, сборка, материаловедение).

Парные связи реализуются следующим образом: физика и информатика

объединяются в области программируемого управления и автоматизации измерений; физика и технология — в конструировании механизмов и исследовании КПД; информатика и технология — в автоматизации и создании сенсорных систем. В профильных классах межпредметные связи становятся рабочим инструментом для решения комплексных инженерных задач.

Исследователи отмечают, что большинство датчиков робототехнических наборов, а также исполнительных элементов роботов имеют физические принципы действия, которые изучаются в школьном курсе физики, поэтому при изучении соответствующих тем целесообразно акцентировать внимание на практическое использование законов в современной технической области.

2. Анализ и классификация робототехнических наборов

Современный рынок образовательной робототехники предлагает широкий спектр конструкторов, различающихся по функциональным возможностям и дидактическому потенциалу. На основе критериев (наличие датчиков, программируемость, открытость, методическое обеспечение) выделены три категории наборов для поэтапного внедрения в профильных классах:

2.1. LEGO MINDSTORMS — начальный этап (10 класс)

LEGO MINDSTORMS EV3 и LEGO Education SPIKE Prime оснащены необходимыми датчиками: ультразвуковым (измерение расстояния), цвета (распознавание цветов и освещённости), гироскопическим (угловая скорость и наклон) и касания. Датчики LEGO автоматизируют измерения времени и силы, исключая человеческий фактор и повышая точность эксперимента. Программирование осуществляется как в блочной среде, так и на языке Python, что позволяет постепенно переходить к текстовому программированию.

2.2. Arduino — углублённый этап (10–11 классы)

Платформа Arduino представляет собой открытую микроконтроллерную систему с программированием на C/C++. Основные преимущества: низкий порог входа, возможность подключения любых датчиков (HC-SR04 для

измерения расстояния, DHT11 для температуры и влажности, датчик Холла для магнитного поля, IMU-сенсор для измерения ускорения и угловой скорости), низкая стоимость и огромное сообщество разработчиков. Arduino оптимальна для углублённого изучения электродинамики, автоматики и проектной деятельности.

2.3. БПЛА — проектный этап (11 класс)

Беспилотные летательные аппараты, такие как Геоскан Пионер и Ryze Tello, позволяют изучать аэродинамику, навигацию и автоматическое управление. Российские комплексы «Геоскан» оснащены гироскопом, акселерометром, барометром, датчиками расстояния и видеокамерой, соответствуют требованиям импортозамещения и активно поставляются в школы. Программирование БПЛА осуществляется на Scratch (младшие классы) или Python (старшие классы).

3. Физические принципы, изучаемые средствами робототехники

Изучение исполнительных устройств робота и датчиков позволяет интегрировать физические законы в практическую деятельность учащихся. В таблице систематизированы физические принципы, реализуемые с различными робототехническими наборами.

3.1. Законы механики (LEGO MINDSTORMS)

Кинематика: равномерное движение описывается формулой $v = s/t$, равноускоренное — $s = at^2/2$ и $a = 2s/t^2$. В лабораторных работах с использованием датчиков касания учащиеся измеряют время прохождения шарика по наклонному желобу, вычисляют ускорение и сравнивают с теоретическим значением $a = g \cdot \sin \alpha$.

Динамика: второй закон Ньютона $F = ma$ проверяется с использованием датчика силы. Сила трения $F_{тр} = \mu N$ исследуется с помощью наклонной плоскости: измеряется угол начала скольжения, рассчитывается коэффициент трения.

Статика и простые механизмы: условия равновесия ($\Sigma F = 0$, $\Sigma M = 0$) демонстрируются на модели крана. Передаточное отношение $i = \omega_1/\omega_2 = z_2/z_1$ и КПД механизма $\eta = P_{вых}/P_{вх}$ изучаются с помощью наборов

шестерён.

Колебания: период математического маятника $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ определяется с использованием датчика цвета для регистрации проходов положения равновесия.

3.2. Законы электродинамики (Arduino)

Постоянный ток: закон Ома для участка цепи $I = U/R$ проверяется с помощью Arduino и резисторов. Изучаются последовательное ($I = \text{const}$, $U = U_1 + U_2$) и параллельное ($U = \text{const}$, $I = I_1 + I_2$) соединения проводников. Рассчитываются работа $A = IUt$ и мощность тока $P = IU$.

Электромагнетизм: принцип работы электродвигателя $F = I \cdot B \cdot L$ демонстрируется на LEGO-моторах и Arduino. Датчик Холла $U = K \cdot I \cdot B$ используется для измерения магнитного поля. Явление электромагнитной индукции $\varepsilon = -d\Phi/dt$ наблюдается с помощью катушки и магнита.

3.3. Законы аэродинамики (БПЛА)

Равновесие сил: условие висения дрона $F_{\text{тяги}} = mg$ демонстрирует первый закон Ньютона. Исследуется влияние массы на необходимую тягу ($F_{\text{тяги}} \sim m$) и время полёта.

Аэродинамика: подъёмная сила винта $F = k \cdot n^2$ исследуется через зависимость тяги от оборотов. Сопротивление воздуха $F_{\text{сопр}} = C \cdot \rho \cdot v^2 / 2 \cdot S$ оценивается при ветровой нагрузке.

Кинематика полёта: скорость и ускорение ($v = ds/dt$, $a = dv/dt$) анализируются по видео полёта в программе Tracker. Движение по окружности позволяет рассчитать центростремительное ускорение $a_{\text{ц}} = v^2/R$.

4. Практическая реализация интеграции

4.1. Организационно-методические основы

Разработана структура занятия с использованием робототехнических наборов (90 минут, спаренное занятие), включающая организационный момент, актуализацию знаний, постановку задачи, конструирование, программирование, проведение эксперимента, анализ результатов и подведение итогов.

Интеграция робототехнических конструкторов в курс физики осуществляется по направлениям: лабораторный практикум (замена традиционных работ работами с роботами), демонстрационный эксперимент, решение экспериментальных задач и проектная деятельность.

4.2. Система лабораторных работ

По механике на базе LEGO MINDSTORMS разработаны следующие лабораторные работы:

1. «Изучение равноускоренного движения» — с использованием двух датчиков касания для автоматической фиксации времени.
2. «Определение ускорения свободного падения» — роботизированная установка с сервомотором для сброса шарика.

По электродинамике на базе Arduino разработаны:

1. «Проверка закона Ома для участка цепи» — учащиеся собирают цепь и пишут программу на C++ для измерения напряжения и расчёта сопротивления.
2. «Исследование последовательного и параллельного соединения проводников» — автоматизированное измерение токов и напряжений.

По аэродинамике с использованием БПЛА разработаны:

1. «Законы Ньютона. Условия равновесия сил в полёте» — на примере висения дрона.
2. «Влияние массы на подъёмную силу и время полёта» — экспериментальная зависимость времени полёта от массы аппарата.

4.3. Тематическое планирование

Анализ часов, отводимых на лабораторный практикум, показал, что предложенные работы органично вписываются в существующий учебный план: три работы по механике занимают 6 часов, что соответствует времени, традиционно отводимому на лабораторный практикум в 10 классе. Интеграция не требует изменения учебного плана — работы заменяют традиционные лабораторные работы, не увеличивая часовую нагрузку.

5. Экспериментальная проверка

Экспериментальная проверка проводилась на базе педагогической практики в профильных технологических классах 10–11 классов. Были апробированы три экспериментальные установки на базе LEGO MINDSTORMS.

Установка №1 — закон сохранения механической энергии. Шар массой 0,1 кг сбрасывался с высоты 0,4 м. Датчик скорости зафиксировал значение 2,8 м/с. Расчёт показал: потенциальная энергия $E_n = mgh = 0,4 \text{ Дж}$, кинетическая энергия $E_k = mv^2/2 = 0,392 \text{ Дж}$. Расхождение 0,008 Дж объяснено действием силы сопротивления воздуха. Её величина рассчитана по формуле $F_{с.в} = \Delta E/h = 0,2 \text{ Н}$. Закон сохранения выполняется с учётом диссипативных сил.

Установка №2 — сравнение сил трения. При равной массе тележки и саней показания динамометра составили 2 Н (качение) и 3 Н (скольжение). Эксперимент подтвердил, что сила трения скольжения превышает силу трения качения, а сила трения не зависит от площади соприкосновения.

Установка №3 — закон Паскаля. Модель пневматической подвески с синхронным выдвиганием всех поршней при создании давления наглядно продемонстрировала, что давление в замкнутой системе передаётся без изменений во всех направлениях.

Учащиеся проявляли высокий познавательный интерес: задавали вопросы, выдвигали гипотезы, изъявляли желание участвовать в сборке моделей. После демонстрации было проведено анкетирование, результаты которого показали: 90% учащихся отметили интерес к опытам; 100% выразили желание самостоятельно собирать установки; 100% поддержали идею использования образовательной робототехники на уроках физики; 97% считают робототехнику актуальным направлением; 80% полагают, что её внедрение способно сделать уроки физики более современными и увлекательными.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. **Психолого-педагогические особенности** учащихся профильных технологических классов создают благоприятную среду для

интеграции робототехники в обучение физике. Робототехнические проекты позволяют каждому типу учащихся («теоретикам», «конструкторам», «программистам») найти свою роль, что повышает вовлечённость всех участников образовательного процесса.

2. **Образовательная робототехника** выступает как естественная интегративная область, объединяющая физику (научная основа), информатику (программирование и обработка данных) и технологию (конструирование и сборка). Это создаёт условия для формирования у учащихся целостного представления о технических объектах.
3. **Классификация робототехнических наборов** показала, что для профильных классов оптимальна ступенчатая система внедрения: LEGO MINDSTORMS для изучения механики (10 класс), Arduino для изучения электродинамики (10–11 классы), БПЛА для изучения аэродинамики и автоматики (11 класс).
4. **Разработанная система лабораторных работ** охватывает ключевые разделы курса физики: механику (равноускоренное движение, свободное падение, сила трения), электродинамику (закон Ома, соединения проводников) и аэродинамику (законы Ньютона в полёте, влияние массы на время полёта). Все работы соответствуют разделам курса физики и могут быть проведены в рамках часов, отведённых на лабораторный практикум, без изменения учебного плана.
5. **Экспериментальная проверка** подтвердила эффективность предложенного подхода. Использование робототехнических установок обеспечивает наглядную демонстрацию физических законов, автоматизацию измерений с высокой точностью (относительная погрешность менее 0,3% для определения ускорения свободного падения) и повышение познавательной мотивации учащихся.

Перспективы дальнейшего исследования связаны с расширением спектра используемых робототехнических средств, реализацией подходов для других разделов курса физики (оптика, квантовая физика), а также с внедрением технологий искусственного интеллекта в образовательные

робототехнические проекты.

Список литературы

1. Оспенникова, Е. В. Образовательная робототехника как инновационная технология реализации политехнической направленности обучения физике в средней школе / Е. В. Оспенникова, М. Г. Ершов // Педагогическое образование в России. — 2015. — № 3. — С. 33–40.
2. Вольных, О. М. Физика в легоконструировании / О. М. Вольных // Инфоурок. — 2025. — Режим доступа: <https://infourok.ru/statya-fizika-v-legokonstruirovanii-7751048.html>
3. Тюрина, И. А. Интеграция физики, информатики и инженерного практикума на основе изучения шестеренчатых передач в контексте робототехники / И. А. Тюрина, А. Д. Головин // Школа будущего. — 2025. — № 4. — С. 58–67.
4. Климович, А. Ф. Об объединении традиционных приборных опытов и робототехнических наборов / А. Ф. Климович, О. В. Зинкевич // Физико-математическое образование: традиции, инновации, перспективы. — Минск: БГПУ, 2024. — С. 307–310.
5. Кудряшов, В. И. Техническое моделирование и конструирование на уроках физики с использованием комплекта по робототехнике / В. И. Кудряшов // КиберЛенинка. — 2020. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskoe-modelirovanie-i-konstruirovanie-na-urokah-fiziki-s-ispolzovaniem-komplekta-po-robototekhnike>
6. Безкоровайный, С. А. Содержание обучения физике с элементами робототехники / С. А. Безкоровайный // ВКР магистра. — Челябинск, 2020.
7. Ершов, М. Г. Робототехника как объект изучения в курсе физики средней школы / М. Г. Ершов // КиберЛенинка. — 2015. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/robototekhnika-kak-obekt-izucheniya-v-kurse-fiziki-sredney-shkoly>

8. Недогреева, Н. Г. Возможности цифровых инструментов в школьном лабораторном практикуме / Н. Г. Недогреева, М. Н. Нурлыгаянова, А. С. Покотило, А. Р. Темирбулатова. — Саратов: Центр «Просвещение», 2019. — 134 с.
9. Образовательная робототехника: программа // ris61edu.ru. — Режим доступа: <https://new-portal.ris61edu.ru/program/17629-robototekhnika>