

*Научная статья*

ББК 74.262.23

УДК 372.853

Т. В. Никитина

## ВЗАИМОСВЯЗЬ УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО И ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В статье описан механизм реализации дополнительных занятий инженерно-технической направленности через экспериментальную деятельность учащихся. На примерах раскрыты научно-методические особенности проведения учебного инженерного эксперимента во внеурочной деятельности по *Lego*-конструированию и робототехнике. Поставлена проблема подготовки учителя к применению учебного инженерного эксперимента на уроках физики основной школы. Установлена преемственность между учебным физическим и инженерным экспериментом.

*Ключевые слова:* экспериментальная деятельность, учебный инженерный эксперимент, робототехника, *Lego*-конструирование.

T. V. Nikitina

## CORRELATION OF EDUCATIONAL PHYSICS AND ENGINEERING EXPERIMENTS

The article describes the mechanism of realization of additional engineering and technical classes through experimental activities of students. Scientific and methodological peculiarities of engineering experiment realization in extracurricular activities in *Lego*-construction and robotics are revealed by examples. The problem of teacher's preparation for the application of educational engineering experiment in physics lessons of basic school is posed. The continuity between physics and engineering experiments is established.

*Keywords:* experimental activity, educational engineering experiment, robotics, *Lego*-construction.

DOI: 10.62957/2307-5457-2024-3-67-75

### Введение

В настоящее время для обеспечения устойчивого развития российское общество нуждается в современных инновационных образовательных учреждениях, обобщающих и адаптирующих лучший отечественный и зарубежный опыт в подготовке инженерно-технических кадров. Подготовка специалистов — учителей, педагогов дополнительного образования, методистов — задача педагогического вуза. Одна из ключевых проблем — формирование содер-

жательной и процессуальной сторон обучения будущих учителей по вопросам инженерно–технического образования школьников.

В данной статье обосновывается положение о том, что с образцами инженерной деятельности ученики знакомятся как на уроках физики, так и в условиях дополнительного образования [1]. Наиболее распространенным направлением дополнительного образования, связанным с инженерной деятельностью, является робототехника. Подготовка учителя физики к реализации инженерного образования школьников предполагает ответы на вопросы: 1) как стандартный курс робототехники может быть дополнен научными знаниями и какова роль физики в нем? 2) как соотносятся учебный физический и инженерный эксперименты? 3) возможно ли обучение учащихся учебному инженерному эксперименту в школьном курсе физики?

### **Учебный инженерный эксперимент во внеурочной деятельности**

Внеурочная деятельность инженерно–технической направленности позволяет заинтересованным школьникам проводить большое число учебных инженерных опытов. Внеурочные занятия по *Lego*–конструированию и робототехнике проводятся, как правило, с опережением по отношению к школьному курсу физики. В ходе такой деятельности на пропедевтическом уровне вводятся отдельные физические понятия, например, скорость, пройденный путь, время, равномерное и неравномерное движение, энергия, мощность и др. Приведенные примеры понятий относятся и к инженерно–технической области деятельности, так как позволяют описать научным языком поведение различных технических устройств, например, машин, которые приводятся в движение за счет преобразования энергии различного происхождения: электрической, механической, солнечной и др.

Опыт показывает [2], что учебный инженерный и физический эксперименты проявляются во взаимосвязи в деятельности по конструированию моделей технических устройств. Приведем два примера.

**Пример 1.** Машинка на резиномоторе [3], собранная из образовательного конструктора *Lego*, приводится в движение за счет энергии растяжения канцелярской резинки. Чем больше растяжение резинки, тем больше запасенная энергия деформации. Данное объяснение дидактически целесообразно подкреплять демонстрационным физическим экспериментом: опыт по измерению жесткости пружины при ее растяжении, демонстрация пружинного маятника.

Учебный инженерный эксперимент является многофакторным, но по сравнению с инженерным экспериментом [4], проводящимся с действующими техническими объектами, имеет сравнительно

небольшое число входных и выходных параметров. Для проведения опыта изменяется только один входной параметр, а остальные остаются неизменными. В опыте проверяют зависимость одного выходного параметра от одного входного и, таким образом, по результатам серии опытов, получают частные зависимости.

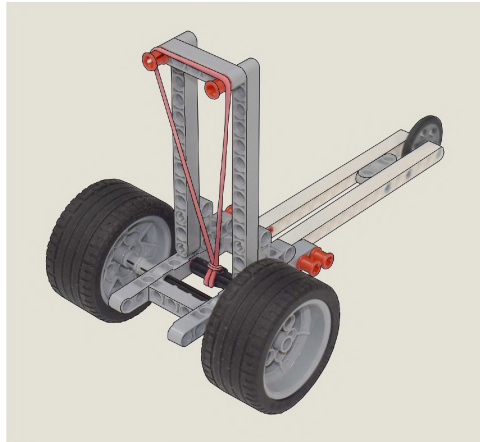


Рис. 1. Машинка на резиномоторе

Исследование работы машинки на резиномоторе (рис. 1) представляет собой учебный инженерный эксперимент, целью его является выявление характеристик машинки (входных параметров), при которых машинка проедет как можно дальше (выходной параметр — пройденный путь). Представляется возможным проверить зависимость пройденного машинкой пути от сцепления с поверхностью (с шинами и без шин), от растяжения резинки, от передаточного отношения. Для получения достоверных данных в каждом опыте предлагается сделать не менее трех попыток.

Таким образом, в описанном примере учебный инженерный и физический эксперимент неразрывно связаны.

**Пример 2.** Для робототехники как инженерного направления дополнительного образования характерна соревновательность. Необходимо, чтобы робот наиболее точно выполнил поручение за наименьшее время, то есть быстрее роботов соперников. При этом данное устройство согласно регламентам соревнований может иметь ограничения по массе, размерам, используемому оборудованию. Поэтому построение робота для соревнований является инженерной задачей.

Для двухмоторной робототехнической платформы целесообразно провести ряд экспериментов для поиска оптимальных условий ее функционирования. Опишем один из таких экспериментов.

Необходимо определить оптимальную мощность моторов, при которой скорость робота (рис. 2) будет наибольшей [5].

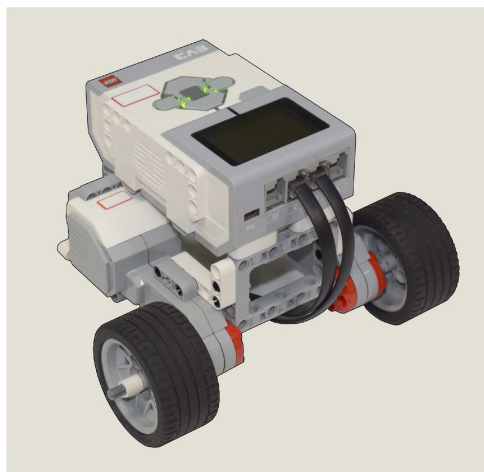


Рис. 2. Двухмоторная робототехническая платформа

Для эксперимента задается постоянной длительность работы моторов. Изменяется мощность моторов от 10 до 100% от максимальной и с интервалом в 10% делаются измерения. Измеряются пройденный путь и время и по этим данным рассчитывается скорость. По экспериментальным точкам строится график. Эти действия может выполнить сам робот (рис. 3) и результаты вывести на дисплей.

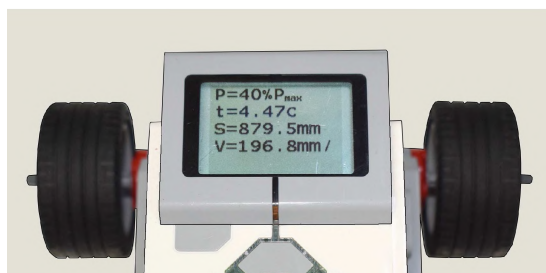


Рис. 3. Экспериментальные данные на табло двухмоторной робототехнической платформы

Из рис. 4 видно, что для исследованной модели робота скорость линейно возрастает до значения мощности в 70% от максимальной. Затем угол наклона графика к оси абсцисс уменьшается, это означает, что при дальнейшем увеличении мощности моторов рост

скорости замедляется. Следовательно, мощность моторов равная 70% от максимальной является наиболее эффективной для данной модели робота.

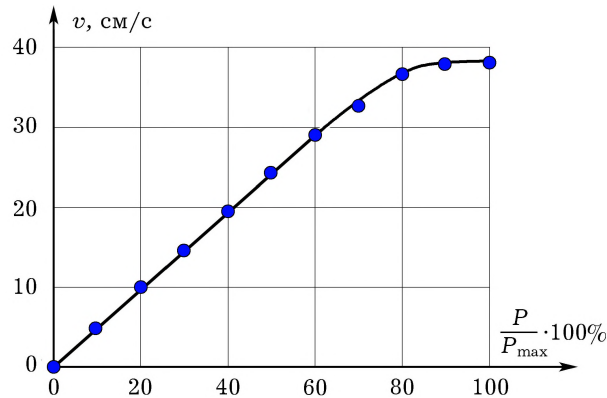


Рис. 4. Зависимость скорости робота (двухмоторная робототехническая платформа) от мощности моторов при заданном времени работы моторов

Таблица 1  
Фрагмент рабочей программы учебной практики.  
ООП ЮУрГГПУ [6]

№	Наименование раздела практики (темы занятия)	Трудоемкость (в часах)	
		ПЗ	ЛЗ
Раздел 1 «Прикладная механика»			
1	Установочная конференция	2	–
2	Простые механизмы (рычаг, блок, наклонная плоскость, клин, винт)	4	4
3	Основные узлы механических устройств (зубчатая передача, кулачок, храповой механизм с собачкой)	8	4
Раздел 2 «Робототехника»			
4	Задача движения робота (двухмоторной тележки, шагающего робота)	4	6
5	Управление поведением робота с помощью датчиков касания, расстояния	2	2
6	Управление движением робота с помощью датчика цвета	2	2
7	Отчетная конференция по практике	4	–

Описанные особенности учебного инженерного эксперимента проявляются и при изучении схмотехники, программирования микроконтроллеров, электротехники, электроники и других обла-

стей инженерно–технической деятельности школьников. Для изучения вопросов прикладной механики и робототехники в основной образовательной программе для будущего учителя физики [6] в Южно–Уральском государственном гуманитарно–педагогическом университете включена учебная практика. Фрагмент рабочей программы практики представлен в табл. 1.

Обобщая полученные нами результаты, мы пришли к выводу, что для качественной подготовки учителей физики и педагогов в области дополнительного инженерного образования школьников необходимо совершенствовать содержание образования, включив в него знания и умения в области инженерного эксперимента.

### **Учебный инженерный эксперимент в курсе физики основной школы**

Как видно из примеров, приведенных выше, в инженерно–технической деятельности и деятельности по изучению физических явлений и закономерностей существует преемственность, обусловленная общими действиями, которые выполняет ученик в соответствии с обобщенным планом экспериментальной деятельности. Анализ федеральной программы основного общего образования по физике [7] показал, что в 7, 8 и 9 классах присутствуют лабораторные работы, связанные с учебным инженерно–техническим творчеством (табл. 2).

Таблица 2  
Примеры лабораторных работ [8], связанных  
с инженерно–технической деятельностью

<b>Название лабораторной работы</b>
<b>Раздел 4. Давление твердых тел, жидкостей и газов. 7 класс</b>
Конструирование ареометра. Конструирование лодки и определение ее грузоподъемности.
<b>Раздел 5. Работа и мощность. Энергия. 7 класс</b>
Измерение КПД наклонной плоскости.
<b>Раздел 7. Электрические и магнитные явления. 8 класс</b>
Сборка и проверка работы электрической цепи постоянного тока. Конструирование и изучение работы электродвигателя. Измерение КПД электродвигательной установки.
<b>Раздел 8. Механические явления. 9 класс</b>
Конструирование тракта для разгона и дальнейшего равномерного движения шарика или тележки. Определение работы силы упругости при подъеме груза с использованием неподвижного и подвижного блоков.
<b>Раздел 10. Электромагнитное поле и электромагнитные волны. 9 класс</b>
Изучение свойств электромагнитных волн с помощью мобильного телефона.

Среди них можно выделить как традиционные работы, например, «Сборка и проверка работы электрической цепи постоянного тока», так и новые, описание которых не приводится в учебнике физики. К работам второй группы относятся «Конструирование лодки и определение ее грузоподъемности», «Изучение свойств электромагнитных волн с помощью мобильного телефона» и др. Описание лабораторных работ второй группы не приводится в учебниках по физике, поэтому методика проведения данных опытов является актуальным направлением научно-методических исследований. Данные опыты непременно должны быть включены в программу подготовки будущего учителя физики. Следует отметить и тот факт, что увеличение числа экспериментальных работ в основной школе позволит усилить практикоориентированность в обучении физике и будет способствовать повышению уровня естественнонаучной грамотности учащихся.

### **Учебный инженерный эксперимент в системе учебного физического эксперимента**

В вузовской теории подготовки инженерно-технических кадров дается достаточно сложное определение инженерного эксперимента. Инженерным является эксперимент, проводимый с целью решения инженерной задачи. М. И. Кочергин под инженерной задачей понимает преобразование исследуемого объекта из исходного состояния в требуемое конечное состояние при наличии объективных ограничений: технических, технологических, энергетических, по материальным ресурсам и др. [9]. При этом подчеркивается, что эксперимент — это метод познания, при помощи которого в контролируемых управляемых условиях исследуются явления действительности.

Для уровня основного общего образования можно говорить, что учебный инженерный эксперимент — это эксперимент, объектами исследования в котором являются приборы, устройства. В эксперименте такого типа исследуются характеристики приборов и устройств: физико-технические (выходное напряжение, КПД, коэффициент усиления и др.); технико-экономические (эффективная мощность, экономичность, надежность и др.); экологические; принцип и режимы работы и др. Как видно из примеров, приведенных в табл. 2, к учебному инженерному эксперименту мы относим и деятельность по конструированию моделей технических устройств, поскольку в такой деятельности осуществляется наблюдение за работой всего технического устройства и его отдельных узлов. В свою очередь наблюдение является признанным в методике обучения физике этапом развития экспериментальных умений учащихся.

Физика одновременно принадлежит и к естественным наукам, и является научной основой техники. Поэтому в системе учебного

физического эксперимента можно выделить естественно–научные опыты и инженерные. В ходе естественно–научного исследования изучаются физические явления и закономерности в их проявлении в природе. Так опыт по изучению магнитного поля постоянных магнитов при их объединении и разделении является естественно–научным по отношению к объекту исследования. В ходе инженерно–технической деятельности ставится задача по определению материальных условий и искусственных средств, влияющих на природу в нужном для человека направлении. Примером учебного инженерного опыта из школьного курса физики является «Измерение КПД электродвигательной установки». Такое разделение опытов целесообразно учитывать в ходе разработки рабочих программ по физике (углубленный уровень) для основного образования и в организации внеурочной деятельности в соответствии с профильной направленностью конкретной образовательной программы.

### Заключение

Таким образом, в данной статье приведены факты, свидетельствующие о том, что с образцами инженерной деятельности педагог знакомит учеников на отдельных учебных занятиях по физике либо в условиях дополнительного образования по освоению учебных проектов инженерно–технического содержания.

Основными выявленными дидактическими закономерностями в области учебного инженерного эксперимента являются следующие:

1. В инженерно–технической деятельности и деятельности по изучению физических явлений и закономерностей существует преемственность, обусловленная общей структурой экспериментальной деятельности. В этом выражается их взаимосвязь.

2. В соответствии с действующей федеральной программой по физике для основного общего образования учебный инженерный эксперимент включен в систему учебного физического эксперимента. При этом среди физических опытов можно выделить две группы опытов, выраженно отличающихся по объекту исследования: естественно–научные опыты и инженерные опыты.

3. Объектами учебного инженерного эксперимента служат приборы и устройства, к исследуемым характеристикам, связанным с изучением физики, относятся: пройденный путь, мощность, КПД, выходное напряжение, принцип работы и др.

4. Учебный инженерный эксперимент является многофакторным, то есть исследуемая модель технического устройства имеет несколько входных и выходных параметров. Общий результат по установлению оптимальных условий работы технического устройства устанавливается по итогам проведения отдельных серий опытов.



5. Изучение механических моделей технических устройств может существенно дополнить стандартный курс робототехники научными знаниями (физические понятия, понятийный аппарат прикладной механики) в области инженерно–технической деятельности.

*Автор выражает благодарность М. В. Потаповой, доктору педагогических наук, проректору по образовательной деятельности Южно–Уральского государственного университета (НИУ), за идею, которая легла в основу научного исследования и позволила раскрыть выбранную тему.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Куимов А. С., Зуев П. В. Формирование элементов технической грамотности учащихся при проведении физического эксперимента // Учебная физика. — 2024. — № 2. — С. 58–65.
2. Никитина Т. В. Из опыта проведения учебного инженерного эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 40. — М.: ИСРО РАО, 2024. — С. 36–39.
3. Кельдышев Д. А., Иванов Ю. В., Саранин В. А. Робототехника в инженерных и физических проектах: учебное пособие. Глазов: ООО «ПринтТорг», 2018. — 84 с. [Электронный ресурс]. — URL: <https://sites.google.com/view/fizrob/posobie> (дата обращения: 02.02.2024).
4. Бояршинова А. К., Фишер А. С. Теория инженерного эксперимента: учебное пособие. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. — 85 с.
5. Kee D. Classroom Activities for the Busy Teacher: EV3. — URL: [https://www.damienkee.com/storage/book-files/Sample\\_EV3.pdf](https://www.damienkee.com/storage/book-files/Sample_EV3.pdf) (дата обращения: 02.02.2024).
6. Основная образовательная профессиональная программа. Направление подготовки 44.03.05. Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). Профиль: Физика. Математика. Уровень высшего образования — бакалавриат. Форма обучения очная. [Электронный ресурс] 2021. — URL: [https://www.cspu.ru/sveden/files/OOP\\_44.03.05\\_PO\\_F.M\\_31.08.2021.pdf](https://www.cspu.ru/sveden/files/OOP_44.03.05_PO_F.M_31.08.2021.pdf) (Дата обращения: 02.02.2024).
7. Приказ Министерства просвещения РФ от 16 ноября 2022 г. № 993 «Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования» [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405897655/#1000> (дата обращения: 02.02.2024).
8. Примерная рабочая программа основного общего образования. «Физика»: одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол от 27 сентября 2021 г. № 3/21 [Электронный ресурс]. — URL: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/7a80f8760f6a822ccbd2496f4681a635.pdf> (дата обращения: 02.02.2024).
9. Кочергин М. И. Методика и алгоритмы визуального моделирования непрерывных и дискретно–непрерывных физико–технических задач методом компонентных цепей: дис. ... канд. техн. наук., Томск, 2019. — 242 с.

Южно–Уральский  
государственный университет  
(Научно–исследовательский  
университет)

Поступила в редакцию 02.02.24.  
После доработки 05.06.24.