

**Государственное бюджетное образовательное учреждение  
Физико-математический лицей №239**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
ГБОУ Физико-математический лицей №239

\_\_\_\_\_ М.Я. Пратусевич  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

**«МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ  
НА БАЗЕ КОНСТРУКТОРА LEGO MINDSTORMS NXT»**

Филиппов Сергей Александрович, методист

**Санкт-Петербург  
2013**

## **I. Введение**

С началом нового тысячелетия в большинстве стран робототехника стала занимать существенное место в школьном и университетском образовании, подобно тому, как информатика появилась в конце прошлого века и потеснила обычные предметы. По всему миру проводятся конкурсы и состязания роботов для школьников и студентов: научно-технический фестиваль «Мобильные роботы» им. профессора Е.А. Девянина с 1999 г., игры роботов «Евробот» – с 1998 г., международные состязания роботов в России – с 2002 г., всемирные состязания роботов в странах Азии – с 2004 г., футбол роботов Robocup с 1993 г. и т.д. Лидирующие позиции в области школьной робототехники на сегодняшний день занимает фирма Lego (подразделение Lego Education) с образовательными конструкторами серии Mindstorms. В некоторых странах (США, Япония, Корея и др.) при изучении робототехники используются и более сложные кибернетические конструкторы.

В настоящее время активное развитие школьной робототехники наблюдается в Москве в результате целевого финансирования правительства столицы, в Челябинской области и некоторых других регионах России. Санкт-Петербург существенно отстает по количеству школ, занимающихся робототехникой не только по причине отсутствия поставок оборудования. Существенной проблемой является отсутствие доступа к методикам преподавания. Назрела необходимость в некотором движущем центре, способном вовлечь в процесс как детей и педагогов, так и администрации школ и районов Северо-Западного региона. В связи с этим в ФМЛ №239 в сотрудничестве с вузами СПбГУ и НИУ СПбИТМО, а также с Институтом проблем машиноведения РАН разработана методика преподавания робототехники в школьном курсе, а также в курсе дополнительного образования детей. Основы этой методики оформлены в виде программы курсов повышения квалификации для преподавателей основного и дополнительного образования.

### **Направленность**

Направленность программы - научно-техническая. Программа направлена на подготовку преподавателей для ведения уроков и занятий кружков с использованием современных образовательных технологий конструирования, программирования и автоматического управления роботизированными устройствами.

### **Актуальность**

Последние годы одновременно с информатизацией общества лавинообразно расширяется применение микропроцессоров в качестве ключевых компонентов автономных устройств, взаимодействующих с окружающим миром без участия человека.

Стремительно растущие коммуникационные возможности таких устройств, равно как и расширение информационных систем, позволяют говорить об изменении среды обитания человека. Авторитетными группами международных экспертов область взаимосвязанных роботизированных систем признана приоритетной, несущей потенциал революционного технологического прорыва и требующей адекватной реакции как в сфере науки, так и в сфере образования.

В связи с активным внедрением новых технологий в жизнь общества постоянно увеличивается потребность в высококвалифицированных специалистах. В ряде ВУЗов Санкт-Петербурга присутствуют специальности, связанные с робототехникой, но в большинстве случаев не происходит предварительной ориентации школьников на возможность продолжения учебы в данном направлении. Многие абитуриенты стремятся попасть на специальности, связанные с информационными технологиями, не предполагая о всех возможностях этой области. Между тем, игры в роботы, конструирование и изобретательство присущи подавляющему большинству современных детей. Таким образом, появилась возможность и назрела необходимость в непрерывном образовании в сфере робототехники. Заполнить пробел между детскими увлечениями и серьезной ВУЗовской подготовкой позволяет изучение робототехники в школе на основе специальных образовательных конструкторов.

### **Педагогическая целесообразность**

Введение дополнительной образовательной программы «Робототехника» в школе неизбежно изменит картину восприятия учащимися технических дисциплин, переводя их из разряда умозрительных в разряд прикладных. Применение детьми на практике теоретических знаний, полученных на математике или физике, ведет к более глубокому пониманию основ, закрепляет полученные навыки, формируя образование в его наилучшем смысле. И с другой стороны, игры в роботы, в которых заблаговременно узнаются основные принципы расчетов простейших механических систем и алгоритмы их автоматического функционирования под управлением программируемых контроллеров, послужат хорошей почвой для последующего освоения сложного теоретического материала на уроках. Программирование на компьютере (например, виртуальных исполнителей) при всей его полезности для развития умственных способностей во многом уступает программированию автономного устройства, действующего в реальной окружающей среде. Подобно тому, как компьютерные игры уступают в полезности играм настоящим.

Возможность прикоснуться к неизведанному миру роботов для современного ребенка является очень мощным стимулом к познанию нового, преодолению инстинкта

потребителя и формированию стремления к самостоятельному созиданию. При внешней привлекательности поведения, роботы могут быть содержательно наполнены интересными и непростыми задачами, которые неизбежно встанут перед юными инженерами. Их решение сможет привести к развитию уверенности в своих силах и к расширению горизонтов познания.

Новые принципы решения актуальных задач человечества с помощью роботов, усвоенные в школьном возрасте (пусть и в игровой форме), ко времени окончания вуза и начала работы по специальности отзовутся в принципиально новом подходе к реальным задачам. Занимаясь с детьми на кружках робототехники, мы подготовим специалистов нового склада, способных к совершению инновационного прорыва в современной науке и технике.

**Цель обучения:**

- начальное и расширенное обучение педагогов методике работы с образовательным конструктором Lego Mindstorms NXT.

**Задачи курса:**

- знакомство слушателей с робототехническим конструктором Lego Mindstorms NXT, базовыми возможностями конструирования и программирования;

- обучение слушателей созданию и отладке программ в графической и текстовой средах программирования;

- обеспечение начальных знаний и мотивацию изучения робототехники и программирования в основной школе;

- ознакомление обучающихся с комплексом базовых технологий, применяемых при создании роботов;

- реализация межпредметных связей с физикой, информатикой и математикой;

- решение ряда кибернетических задач, результатом каждой из которых будет работающий механизм или робот с автономным управлением

**Ожидаемые результаты**

Результатом занятий робототехникой будет способность обучающихся к постановке и самостоятельному решению ряда задач с использованием образовательных робототехнических конструкторов, а также создание творческих проектов. Конкретный результат каждого занятия – это робот или механизм, выполняющий поставленную задачу. Результат курса в целом – организация кружка робототехники на базе организации, представляемой обучающимся.

**Категория слушателей:**

Данный курс предназначен для учителей информатики и физики, а также педагогов дополнительного образования.

**Продолжительность курса:** Программа курса рассчитана на 96 учебных часов, два цикла по 48 часов, содержит теоретическую и практическую часть.

**Формы обучения:** По данной программе возможно обучение с отрывом от производства, без отрыва от производства.

**Режим занятий:** 8 учебных часов в день.

## II. Перечень тем I цикла (48 часов)

№	Наименование тем	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			Теория	Практические занятия	
1	Тема 1. Возможности и перспективы преподавания робототехники.	1	1	0	Беседа
2	Тема 2. Основы конструирования	7	2	5	Самостоятельная работа
3	Тема 3. Основы управления роботом	2	1	1	Самостоятельная работа
4	Тема 4. Основы программирования в среде Robolab	6	2	4	Самостоятельная работа
5	Тема 5. Элементы теории автоматического управления	10	3	7	Самостоятельная работа
6	Тема 6. Поиск выхода из лабиринта.	6	1	5	Самостоятельная работа
7	Тема 7. Передача данных. Удаленное управление.	8	2	6	Самостоятельная работа
8	Зачет	8	2	6	Самостоятельная работа или представление проекта, беседа
<b>Итого:</b>		<b>48</b>	<b>14</b>	<b>34</b>	

### Содержание I цикла

Тема 1. Возможности и перспективы преподавания робототехники.

Вводная лекция, на которой рассматривается целесообразность и методы внедрения робототехники в основном и дополнительном образовании.

Тема 2. Основы конструирования

Проводится обзор тем начального цикла занятий по конструированию. В качестве ключевой темы рассматривается Механическая передача. Проводится практикум по расчету передаточных отношений и конструированию различных редукторов и мультипликаторов. В качестве среды трехмерного моделирования предлагается использовать Lego Digital Designer.

Следующий этап конструирования происходит с использованием электродвигателя и контроллера NXT с простейшей программой «Моторы вперед». Строится одномоторная тележка, усиленная полным приводом и передаточным отношением. На ее базе проводятся соревнования «Перетягивание каната».

Более сложные темы «Шагающие роботы» и «Маятник Капицы» являются завершающими в курсе конструирования.

### Тема 3. Основы управления роботом

Начальное знакомство со всеми электронными устройствами, входящими в набор Lego Mindstorms NXT, основные принципы их работы.

На примере управления двухмоторной тележкой рассматривается управление без обратной связи с программированием во встроенной оболочке NXT Program. Весь спектр команд разделяется на два основных типа: команды действия и команды ожидания. На втором этапе строится управление с обратной связью с использованием встроенных энкодеров и датчиков.

### Тема 4. Основы программирования в среде Robolab

Рассматривается среда программирования роботов Robolab. Начиная от простейших программ без обратной связи, шаг за шагом осуществляется переход к использованию датчиков и различных алгоритмических структур. Дальнейшее изучение происходит на примере игры Кегельринг. При решении простой задачи путешествия по комнате рассматривается алгоритм защиты от застреваний с использованием параллельных задач и сторожевых таймеров. Впоследствии в процессе решения различных задач происходит ознакомление с новыми структурами Robolab. К ним относятся циклы, ветвления, подпрограммы, параллельные задачи, контейнеры и пр.

### Тема 5. Элементы теории автоматического управления

На примере управления мотором с обратной связью рассматривается действие релейного и пропорционального регулятора. Аналогичный пример рассматривается на

примере управления двухмоторной тележкой, движущейся по линии. Следованию по линии, калибровке датчиков и подсчету перекрестков и сопутствующим задачам уделяется наибольшее внимание.

Следующий уровень сложности включает контроль управления скоростью отклонения от желаемого курса на примере робота, объезжающего предметы под управлением ПД-регулятора.

#### Тема 6. Поиск выхода из лабиринта

Классическая задача выхода из лабиринта требует кропотливого конструирования гусеничного робота с двумя датчиками расстояния. На первом этапе решается задача движения по известном лабиринту с использованием подпрограмм, аналогичных командам исполнителя: вперед, направо, налево. На втором этапе решается задача поиска выхода из лабиринта по правилу правой руки. Рассматривается алгоритм защиты от застреваний.

#### Тема 7. Передача данных. Удаленное управление.

Соединение двух контроллеров NXT по каналу Bluetooth позволяет передавать числовые значения, что используется для контроля двигателей удаленного робота. Начиная от робота-барабанщика, заканчивая роботом-футболистом. Двоичное кодирование позволяет эффективно использовать имеющиеся возможности. Заключительные состязания данной темы – управляемый футбол роботов.

#### Тема 8. Зачет.

Зачет может проходить в нескольких формах. Самая распространенная из них – зачетные состязания роботов по неизвестным заранее правилам, которые включают основные элементы курса. Другой вариант – домашняя подготовка творческого робототехнического проекта с последующей презентацией перед группой слушателей.

### III. Учебно-тематический план

№	Наименование тем	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			Теория	Практические занятия	
	<b>Тема 1. Возможности и перспективы преподавания робототехники.</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>Беседа</b>
	<b>Тема 2. Основы конструирования</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>Самостоятельная работа</b>

1	Механическая передача, редуктор и мультипликатор	2	0,5	1,5	
2	Трехмерное моделирование	1	0	1	
3	Одноmotorная тележка. Силовые машины.	2	0,5	1,5	
4	Шагающие роботы	1,5	0,5	1	
5	Маятник Капицы	0,5	0,5	0	
<b>Тема 3. Основы управления роботом</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Знакомство с устройствами NXT	1	0,5	0,5	
2	Двухmotorная тележка. Встроенная оболочка контроллера NXT	1	0,5	0,5	
<b>Тема 4. Основы программирования в среде Robolab</b>		<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Знакомство со средой Robolab	1,5	0,5	1	
2	Управление с обратной связью. Путешествие по комнате. Защита от застреваний. Цикл, задача, подпрограмма.	0,5	0,5	1	
3	Игра Кегельринг. Работа с моторами и датчиками.	3	0,5	2,5	
4	Следование по линии	1	0,5	0,5	
<b>Тема 5. Элементы теории автоматического управления</b>		<b>10</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Управление двигателем с обратной связью. Релейный и пропорциональный регулятор. Робот-барабанщик. Управление скоростью. Таймеры.	2	1	1	
2	Следование по линии. Релейный и пропорциональный регулятор.	2	0,5	1,5	
3	Следование по линии с двумя датчиками. Калибровка. Контейнеры.	2	0,5	1,5	
4	Подсчет перекрестков. Ветвления. Цикл с условием.	2	0,5	1,5	
5	Объезд стены. Дифференциальный регулятор.	2	0,5	1,5	
<b>Тема 6. Поиск выхода из лабиринта</b>		<b>6</b>	<b>1,5</b>	<b>4,5</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Обход известного лабиринта. Процедуры.	2	0,5	1,5	
2	Обход лабиринта по правилу правой руки	2	0,5	1,5	
3	Защита от застреваний. Параллельные задачи.	2	0,5	1,5	
<b>Тема 7. Передача данных. Удаленное управление.</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
	Bluetooth. Кодирование сообщений	2	0,5	1,5	

	Удаленное управление роботом	3	1	2	
	Футбол управляемых роботов	3	0,5	2	
	<b>Зачет</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>Мини- соревнования или представление проекта, беседа</b>
	<b>Итого:</b>	<b>48</b>	<b>14</b>	<b>34</b>	

#### IV. Перечень тем II цикла (48 часов)

№	Наименование тем	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			Теория	Практические занятия	
1	Тема 1. Информатика и робототехника. Переход к текстовому программированию. Виртуальные исполнители	8	3	6	Беседа
2	Тема 2. Введение в язык RobotC	4	1	3	Беседа
3	Тема 3. Двухмоторный шагающий робот	4	1	3	Самостоятельная работа
4	Тема 4. Задачи для движения по линии	8	2	6	Самостоятельная работа
5	Тема 5. Роботы-манипуляторы	8	2	6	Самостоятельная работа
6	Тема 6. Дополнительные датчики: компас, инфракрасный поисковик. Основы автономного футбола робота	8	2	6	Самостоятельная работа
7	Зачет	8	2	6	Самостоятельная работа или представление проекта, беседа
	<b>Итого:</b>	<b>48</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	

#### Содержание II цикла

Тема 1. Информатика и робототехника. Переход к текстовому программированию. Виртуальные исполнители.

Вводная лекция, на которой рассматриваются области пересечения школьной информатики и робототехники, а также методы освоения текстового программирования в

основной школе. Предлагаются среды программирования виртуальных исполнителей «Исполнители» и «CeeBot».

Практикум проводится в среде «CeeBot», ориентированной на язык C++. Решается комплекс задач, связанных с базовыми алгоритмическими структурами, элементами автоматического управления. Применяется объектно-ориентированный подход.

#### Тема 2. Введение в язык RobotC.

Рассматриваются основы программирования роботов Mindstorms NXT в среде RobotC: структура программы, предварительная настройка, управление моторами и датчиками, функции, параллельные задачи и пр.

#### Тема 3. Двухмоторный шагающий робот.

Шестиногий шагающий робот является основной конструкцией данной темы. С использованием параллельных задач и П-регулятора изучается синхронизация движения конечностей на поворотах и управление перемещениями робота на плоскости.

#### Тема 4. Задачи для движения по линии.

На основе робота, движущегося по заданной траектории, рассматривается комплекс задач: скоростной робот с механической передачей и ПД-регулятором, следование за объектом с управлением скоростью движения, объезд объектов с возвратом на линию, следование по инверсной линии.

#### Тема 5. Роботы-манипуляторы.

Последовательно рассматривается конструкция и управление роботом-манипулятором с одной, двумя и тремя степенями свободы. Для повышения плавности и точности движения изучаются пропорциональный и дискретный регуляторы. Решается задача перемещения объектов из фиксированных положений, определяемых калибровкой робота.

Тема 6. Дополнительные датчики: компас, инфракрасный поисковик. Основы автономного футбола робота.

На основе датчика компаса изучается управление направлением движения робота. В качестве примера используются популярные состязания «Теннис». На следующем этапе осваивается датчик инфракрасный поисковик с функцией поиска инфракрасного мяча. На

основе композиции двух датчиков компаса и поисковика изучаются основы автономного футбола роботов: пенальти, дриблинг и конечный автомат.

В качестве дополнительного элемента курса рассматривается балансирующий робот-сигвей под управлением ПИД-регулятора.

Тема 7. Зачет.

Зачет может проходить в нескольких формах. Самая распространенная из них – зачетные состязания роботов по неизвестным заранее правилам, которые включают основные элементы курса. Другой вариант – домашняя подготовка творческого робототехнического проекта на основе изученного материала с последующей презентацией перед группой слушателей.

#### V. Учебно-тематический план

№	Наименование тем	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			Теория	Практические занятия	
<b>Тема 1. Информатика и робототехника. Переход к текстовому программированию. Виртуальные исполнители</b>		<b>8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Области пересечения информатики и робототехники в основной школе	0,5	0,5	0	
2	Виртуальные исполнители	0,5	0,5	0	
3	Среда «SeeBot»	7	2	5	
<b>Тема 2. Введение в язык RobotC</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Введение. Знакомство с оболочкой и структурой программы. Вывод на экран	1,5	0,5	1	
2	Двухмоторная тележка. Управление двигателями. Функции и параллельные задачи. Синхронизация моторов. Датчики.	2,5	0,5	2	
<b>Тема 3. Двухмоторный шагающий робот</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Конструирование шагающего шестиногого робота.	1,5	0,5	1	
2	Программная синхронизация движения	1,5	0,5	1	
3	Мини-состязания	1	0	1	
<b>Тема 4. Задачи для движения по линии</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>Самостоятельная работа</b>

1	Следование по линии с одним и двумя датчиками. Калибровка. Пропорциональный регулятор	1,5	0,5	1	
3	Контроль расстояния при следовании за объектом. Обезд препятствий. Слалом.	3	0,5	2,5	
4	Следование по инверсной линии	1	0,5	0,5	
5	Скоростной робот с механической передачей. ПД-регулятор. Защита от потери линии	2,5	0,5	2	
<b>Тема 5. Роботы-манипуляторы</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1	Области применения манипуляторов	0,5	0,5	0	
2	Управление положением мотора. Манипулятор с одной и двумя степенями свободы. Циклическое перемещение объектов	2	0,5	1,5	
3	Три степени свободы манипулятора. Калибровка.	3,5	0,5	3	
4	Операции с файлами. Повторение движений.	2	0,5	1,5	
<b>Тема 6. Дополнительные датчики: компас, инфракрасный поисковик. Основы автономного футбола робота</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
	Датчик компас. Управление движением робота. Теннис	2,5	0,5	2	
	Датчик инфракрасный поисковик. Следование за инфракрасным мячом. Совмещение датчиков.	2	0,5	1,5	
	Основы футбола управляемых роботов. Пенальти. Дриблинг. Знакомство с конечным автоматом	2,5	0,5	2	
	Балансирующий робот-сигвей. ПИД-регулятор.	1	0,5	0,5	
<b>Зачет</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>Мини-соревнования или представление проекта, беседа</b>
<b>Итого:</b>		<b>48</b>	<b>14</b>	<b>34</b>	

## VI. Методические рекомендации по реализации программы

Программа составлена согласно педагогической целесообразности внедрения курса робототехники в основной школе с учетом развития способностей детей 5-7 классов и

старше. В обучении используются следующие методы: лекция, беседа, практическая работа, семинар, представление проектов. Применяются индивидуальная работы и работа в парах. Хорошие результаты приносят приёмы, направленные на активизацию мышления и действия каждого обучающегося в отдельности.

## **VII. Учебно-методическое обеспечение**

1. Робототехника для детей и родителей, 3-е издание. С.А.Филиппов. СПб: Наука, 2013.
2. Санкт-Петербургские олимпиады по кибернетике М.С.Ананьевский, Г.И.Болтунов, Ю.Е.Зайцев, А.С.Матвеев, А.Л.Фрадков, В.В.Шиегин. Под ред. А.Л.Фрадкова, М.С.Ананьевского. СПб.: Наука, 2006.
3. Журнал «Компьютерные инструменты в школе», подборка статей за 2010 г. «Основы робототехники на базе конструктора Lego Mindstorms NXT».
4. The LEGO MINDSTORMS NXT Idea Book. Design, Invent, and Build by Martijn Boogaarts, Rob Torok, Jonathan Daudelin, et al. San Francisco: No Starch Press, 2007.
5. LEGO Technic Tora no Maki, ISOGAWA Yoshihito, Version 1.00 Isogawa Studio, Inc., 2007, <http://www.isogawastudio.co.jp/legostudio/toranomaki/en/>.
6. CONSTRUCTOPEDIA NXT Kit 9797, Beta Version 2.1, 2008, Center for Engineering Educational Outreach, Tufts University, [http://www.legoengineering.com/library/doc\\_download/150-nxt-constructopedia-beta-21.html](http://www.legoengineering.com/library/doc_download/150-nxt-constructopedia-beta-21.html).
7. Lego Mindstorms NXT. The Mayan adventure. James Floyd Kelly. Apress, 2006.
8. Engineering with LEGO Bricks and ROBO LAB. Third edition. Eric Wang. College House Enterprises, LLC, 2007.
9. The Unofficial LEGO MINDSTORMS NXT Inventor's Guide. David J. Perdue. San Francisco: No Starch Press, 2007.
10. <http://www.legoeducation.info/nxt/resources/building-guides/>
11. <http://www.legoengineering.com/>

## **V. Материально-техническое обеспечение**

1. Конструкторы Lego Mindstorms NXT 9797 (с зарядным устройством) - 10 шт.
2. Набор дополнительных элементов Lego Education 9695 - 10 шт.
3. Дополнительный датчик освещенности – 10 шт.
4. Дополнительный ультразвуковой датчик – 10 шт.
5. Дополнительный датчик компас – 10 шт.
6. Дополнительный датчик инфракрасный поисковик – 10 шт.
7. Инфракрасный мяч – 2 шт.
8. Полигоны для роботов: кегельринг, линия (50 мм), линия с перекрестками, лабиринт, «стены», инверсная линия, слалом, теннис, футбол.
9. Проектор.
10. Доска маркерная, маркеры.
11. Компьютеры с ОС Windows XP/Vista/7 -15 шт.
12. Программное обеспечение Robolab 2.9 (лицензия на школу) с патчем 2.9.4.

13. Программное обеспечение RobotC 3.x, лицензия на класс.
14. Программное обеспечение SeeBot 4, лицензия на школу (или демо-версия).