

УДК 373.167  
ББК 32.97  
Т19

*Серия основана в 2018 г.*

Ведущий редактор серии *М. С. Стригунова*

**Лях Т. В.**

Т19 Конструируем роботов для соревнований. Движение по линии / Т. В. Лях. — М. : Лаборатория знаний, 2019. — 60 с. : ил., [3] с. цв. вкл. — (РОБОСПОРТ).

ISBN 978-5-00101-208-5

Стать гениальным изобретателем легко! Серия книг «РОБОСПОРТ» поможет вам создавать роботов и участвовать с ними в соревнованиях по робототехнике.

Собрав из деталей конструктора LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 базовую модель робота для движения по линии, вы поймете принципы его устройства, сильные и слабые стороны различных моделей. А применив свои фантазию и изобретательность, вы сможете создать собственную уникальную модель робота для участия в соревнованиях любого уровня.

Для технического творчества в школе и дома, а также на занятиях в робототехнических кружках.

**УДК 373.167  
ББК 32.97**

6+

---

*Учебное издание*

Серия: «РОБОСПОРТ»

**Лях** Татьяна Викторовна

**КОНСТРУИРУЕМ РОБОТОВ ДЛЯ СОРЕВНОВАНИЙ.  
ДВИЖЕНИЕ ПО ЛИНИИ**

*Для детей среднего и старшего школьного возраста*

Ведущий редактор *М. С. Стригунова*

Ведущие методисты *А. А. Салахова, А. В. Красных*

Художники *В. А. Прокудин, Я. В. Соловцова*

Фотосъемка: *И. А. Федянин*

Технический редактор *Т. Ю. Федорова*

Корректор *И. Н. Панкова*

Компьютерная верстка: *Е. Г. Ивлева*

Подписано в печать 14.02.19. Формат 84 × 108/16.

Усл. печ. л. 6,72. Заказ

Издательство «Лаборатория знаний»

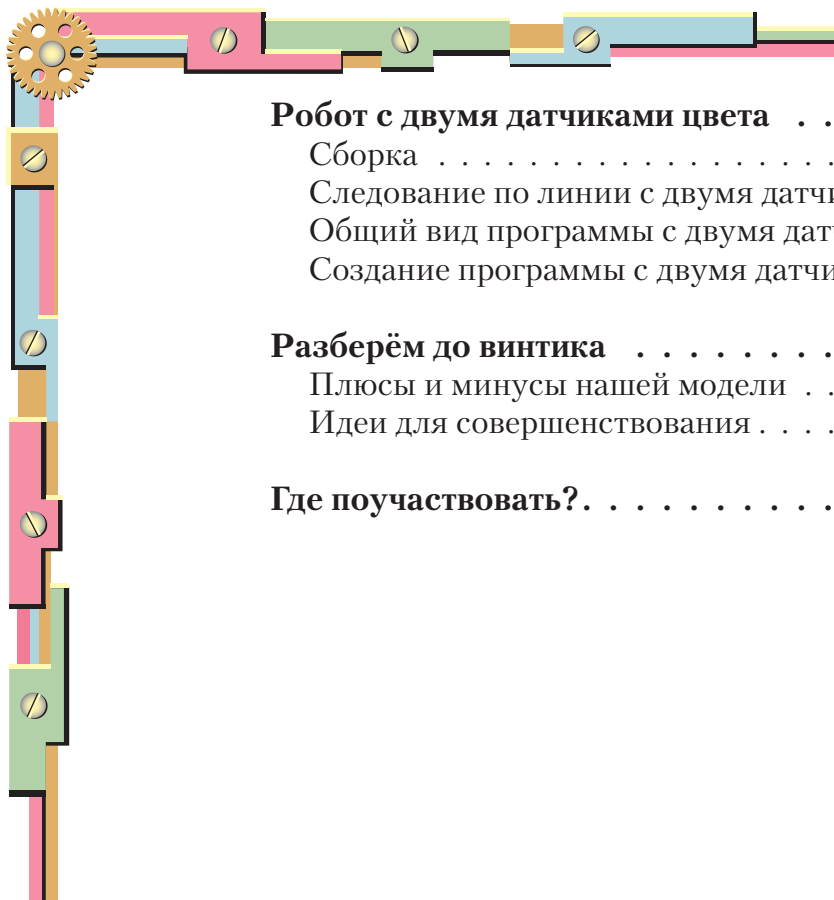
125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: info@pilotLZ.ru, <http://www.pilotLZ.ru>

# Содержание

<b>Здравствуйте!</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>Мир спортивной робототехники</b> . . . . .	<b>4</b>
Задумайся над этим! . . . . .	4
<b>Соревнование «Движение по линии»</b> . . . . .	<b>5</b>
Описание номинации . . . . .	5
Усреднённый регламент . . . . .	7
Поле . . . . .	7
Требования к роботу . . . . .	9
Проведение соревнований . . . . .	10
Условия победы . . . . .	10
Какой должна быть конструкция? . . . . .	11
Движение . . . . .	11
Датчики . . . . .	11
Какой должна быть программа? . . . . .	13
Алгоритм движения по линии с использованием одного датчика . . . . .	13
<b>Сборка базовой модели робота с одним датчиком</b> . . . . .	<b>15</b>
Устройство модели . . . . .	15
Шаг 1. Сборка приводов тележки . . . . .	16
Шаг 2. Сборка колёс тележки и крепление блока EV3 . . . . .	22
Шаг 3. Сборка крепления датчика цвета и подключение проводов . . . . .	27
<b>Основная программа</b> . . . . .	<b>30</b>
Установка программного обеспечения на компьютере . . . . .	30
Запуск программы обеспечения EV3 . . . . .	31
Создание нового проекта в памяти EV3 . . . . .	31
Логика программы . . . . .	33
Общий вид программы . . . . .	34
Создание программы для следования по линии . . . . .	35
Загрузка программы и её тестирование . . . . .	38
Шаг 1. Загрузка программы в программируемый модуль . . . . .	39
Шаг 2. Тестирование . . . . .	39
А как же перекрёстки? . . . . .	40
Крутые повороты траектории . . . . .	40
Пропорциональное регулирование . . . . .	41
Общий вид программы с П-регулятором . . . . .	43
Создание программы с П-регулятором . . . . .	43
Пунктирная линия . . . . .	46



<b>Робот с двумя датчиками цвета</b> . . . . .	<b>47</b>
Сборка . . . . .	47
Следование по линии с двумя датчиками . . . . .	49
Общий вид программы с двумя датчиками . . . . .	51
Создание программы с двумя датчиками . . . . .	51
<b>Разберём до винтика</b> . . . . .	<b>54</b>
Плюсы и минусы нашей модели . . . . .	54
Идеи для совершенствования . . . . .	55
<b>Где поучаствовать?</b> . . . . .	<b>57</b>

# Здравствуйте!



Издание, которое вы держите в руках, — это не просто описание одной из номинаций робототехнических состязаний и практическое руководство по подготовке к нему. И то, что в результате вы самостоятельно сумеете собрать и запрограммировать настоящего робота для спортивных соревнований, несомненно, большой успех и первый шаг на пути к знаменательным победам!

Но главное — вы поймёте, что такие ценные качества характера, как терпение, аккуратность, настойчивость и творческое мышление, проявленные при работе над проектом, останутся с вами навсегда, помогут уверенно создавать своё будущее, стать успешным человеком, независимо от того, с какой профессией свяжете жизнь.

Создавать будущее — сложная и ответственная задача. Каждый день становится открытием, если он приносит новые знания, которые затем смогут стать основой новых проектов и новых побед. Особенно это важно для тех, кто выбрал дорогу инженера или технического специалиста. Знания — это основа для свершений.

Однако технический прогресс зависит не только от знаний, но и от смелости создавать новое и умения демонстрировать это обществу и миру, состязаться в креативности разработок и принимать как победы, так и поражения, делать соответствующие выводы. Всё, что нас окружает сегодня, придумано инженерами. Их любопытство, желание узнавать неизведанное и конструировать то, чего никто до них не делал, и создают окружающий мир, обогащают и развивают основы любой цивилизации. Именно от таких людей зависит, каким будет наш завтрашний день. Только идеи, основанные на творческом подходе, прочных знаниях и постоянном стремлении к новаторству, заставляют мир двигаться вперёд.

И сегодня, подготовившись к соревнованиям роботов, поучаствовав в них, обменявшись опытом с единомышленниками, вы сделаете очередной шаг по этому пути.

Успехов вам и грандиозных побед!

*Команда Программы «Робототехника:  
Инженерно-технические кадры инновационной России»  
Фонда Олега Дерипаска «Вольное дело»*

# Мир спортивной робототехники



Ты наверняка уже не новичок в мире робототехники и провёл много увлекательных часов с набором LEGO® MINDSTORMS® EV3, собирая и программируя различные механизмы и устройства.

Что же делать дальше? Как стать настоящим мастером робототехники? Мы тебе поможем!

Соревнования — самый эффективный способ совершенствования собственных навыков. Именно в соревновании ты можешь померяться изобретательностью в области конструирования и программирования роботов с другими ребятами. Более того, ты сможешь найти новых друзей и единомышленников, с которыми пройдёшь по дороге побед и поражений, и вы вместе сможете прийти к успеху! Ведь, чем больше людей работают над проектами, тем сложнее задачи и тем успешнее они решаются!

Мир спортивной робототехники отворяет свои двери для тебя!

## Задумайся над этим!

### Внимание!

Ты можешь собрать свои достижения в робототехнике в электронное портфолио! Фотографируй или фиксируй на видео результаты своей работы, чтобы потом представить их для участия в творческих конкурсах. Результаты конкурсов и олимпиад засчитываются при поступлении в профессиональные учебные заведения.

Всего за несколько часов работы ты сумеешь подготовить робота к настоящим спортивным соревнованиям мирового уровня!

Какие существуют состязания? Как стать лидером? Можно ли одолеть самых сильных соперников? Как интереснее состязаться — индивидуально или в команде?

Ты всё ещё ждёшь? Вперёд, на встречу большим победам!

# Соревнование «Движение по линии»



## ОПИСАНИЕ НОМИНАЦИИ

Движение робота вдоль линии на поле, пожалуй, самое распространённое задание в робототехнических соревнованиях. Робот должен двигаться по полю **автономно** (т. е. без участия оператора), держась вдоль нарисованной на поле линии (чаще всего это чёрная линия на белом фоне). При этом он должен ориентироваться в пространстве, используя исключительно показания своих датчиков, т. е. иметь **замкнутую систему управления**.

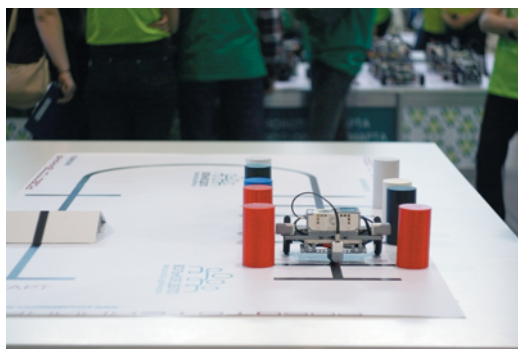
Часто выполнение этой задачи необходимо для решения более сложных и интересных задач: доставки грузов, ориентирования по полю, управления беспилотным транспортом и многое другое. Задания соревнований — это серьёзные задачи, которые нужно реализовать в условиях ограниченных ресурсов, в которые входят робототехнический набор или конкретная платформа. Решая их, ты ставишь себя на место настоящего инженера.

В реальной жизни также часто используется ориентирование робота по разметке, например ориентирование роботов-автопогрузчиков на складах.

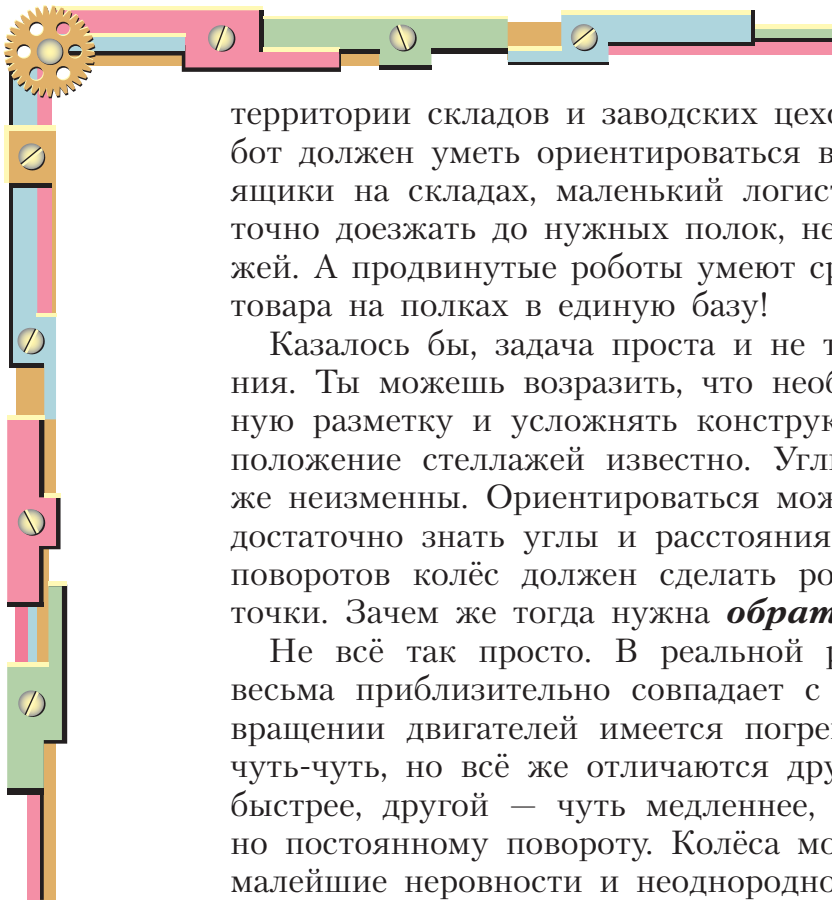
Откуда же возникла задача движения робота по линиям? На самом деле эта задача имеет серьёзное прикладное значение. Двигаясь по



Логистический робот ОТТО 1500  
(фотография М. Р. Hennessey)



Робот на перекрёстке  
на соревновании «РобоКарусель»



территории складов и заводских цехов, настоящий промышленный робот должен уметь ориентироваться в пространстве. Развозя почту или ящики на складах, маленький логистический робот-погрузчик должен точно доезжать до нужных полок, не запутываясь в лабиринте стеллажей. А продвинутые роботы умеют сразу отправлять данные о наличии товара на полках в единую базу!

Казалось бы, задача проста и не требует долгого и сложного решения. Ты можешь возразить, что необязательно наносить дополнительную разметку и усложнять конструкцию робота датчиками, ведь расположение стеллажей известно. Углы поворотов и форма линий так же неизменны. Ориентироваться можно и по числу оборотов моторов: достаточно знать углы и расстояния, чтобы точно высчитать, сколько поворотов колёс должен сделать робот, чтобы добраться до нужной точки. Зачем же тогда нужна **обратная связь** через датчики?

Не всё так просто. В реальной робототехнике подобная «теория» весьма приблизительно совпадает с практикой. Дело в том, что при вращении двигателей имеется погрешность: физически все двигатели чуть-чуть, но всё же отличаются друг от друга. Один вращается чуть быстрее, другой — чуть медленнее, что приводит к незначительному, но постоянному повороту. Колёса могут проскальзывать на поворотах, малейшие неровности и неоднородность трассы также влияют на движение робота. И даже то, что наш робот не идеально симметричен, вносит свою погрешность!

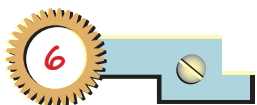
Ты можешь сам провести эксперимент! Собери робота, начерти линию на полу. Запусти простую программу, которая отправит робота вперёд. Даже на расстоянии в метр ты уже заметишь, что робот отклонился от идеально прямой траектории. И это на простой прямой линии! Что же будет на извилистой и длинной?

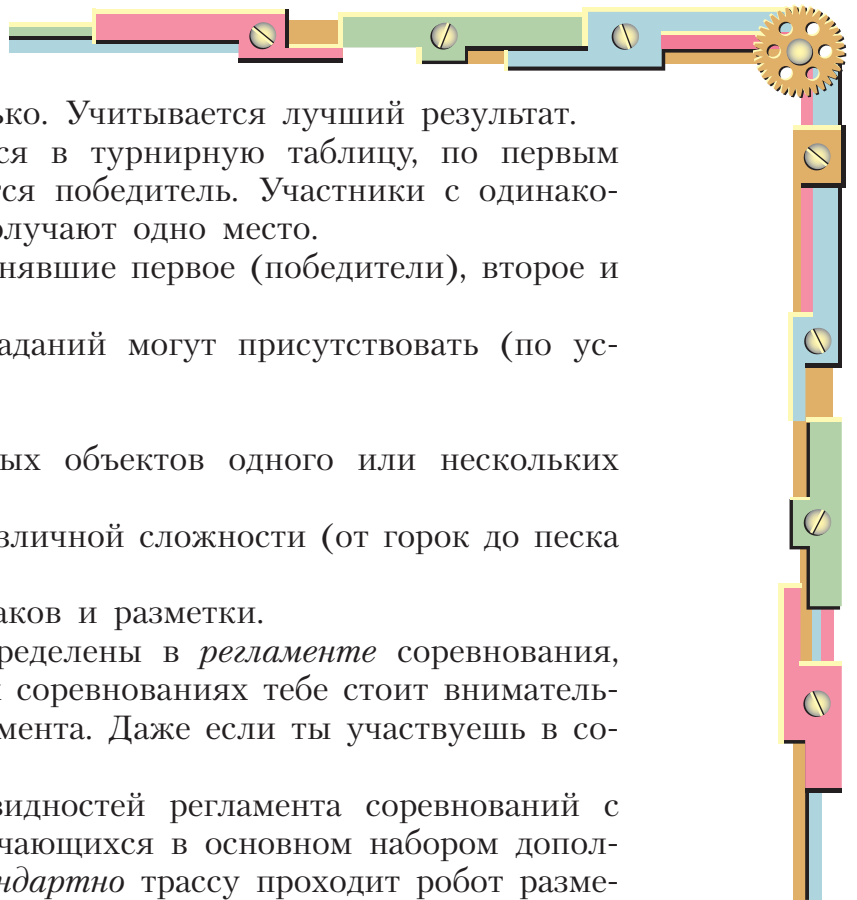
Поэтому единственный выход из сложившейся ситуации — использовать в конструкции робота датчик (или даже несколько).

А как же движение по линии применяется в спортивной робототехнике? Как уже говорилось, данный тип автономного управления роботом является одним из основополагающих. Именно поэтому он обязательно присутствует в большинстве соревнований.

Система соревнований, в которых присутствует движение по линии, построена по следующему принципу.

- Случайная жеребьёвка определяет порядок выхода на старт. Если соревнования разделены на возрастные группы или группы по сложности, то сначала выступают юниоры, затем старшие участники.
- Во время заезда учитывается время прохождения трассы. Съезды с траектории штрафуются. Выезд за пределы поля означает дисквалификацию. Помогать роботу нельзя.





- Заездов может быть несколько. Учитывается лучший результат.
- Результаты заездов заносятся в турнирную таблицу, по первым строкам которой определяется победитель. Участники с одинаковым временем и баллами получают одно место.
- Награждаются участники, занявшие первое (победители), второе и третье места (призёры).

В качестве дополнительных заданий могут присутствовать (по усмотрению):

- подсчёт перекрёстков;
- подсчёт цилиндров или иных объектов одного или нескольких цветов;
- преодоление препятствий различной сложности (от горок до песка и туманного куба);
- распознавание дорожных знаков и разметки.

Все нюансы должны быть определены в *регламенте* соревнования, поэтому перед участием в любых соревнованиях тебе стоит внимательно изучить все пункты его регламента. Даже если ты участвуешь в соревновании не в первый раз!

Существует множество разновидностей регламента соревнований с элементом езды по линии, различающихся в основном набором дополнительных задач и заданий. *Стандартно* трассу проходит робот размером  $25 \times 25 \times 25$  сантиметров. Существуют различия в количестве допустимых датчиков, используемых платформ и типах линий, о чём мы расскажем ниже. Также соревнования могут различаться по типу передвижения робота: на гусеницах, колёсах или посредством шагающего механизма.

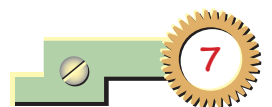
## УСРЕДНЁННЫЙ РЕГЛАМЕНТ

Задача следования по линии — это один из основных элементов во множестве соревнований. Он является базовым, поэтому практически никогда не становится самостоятельной номинацией. Мы составим примерный усреднённый регламент номинации с элементом езды по линии, чтобы вместе разработать собственного робота! Ориентироваться будем на регламенты простых номинаций международных соревнований.

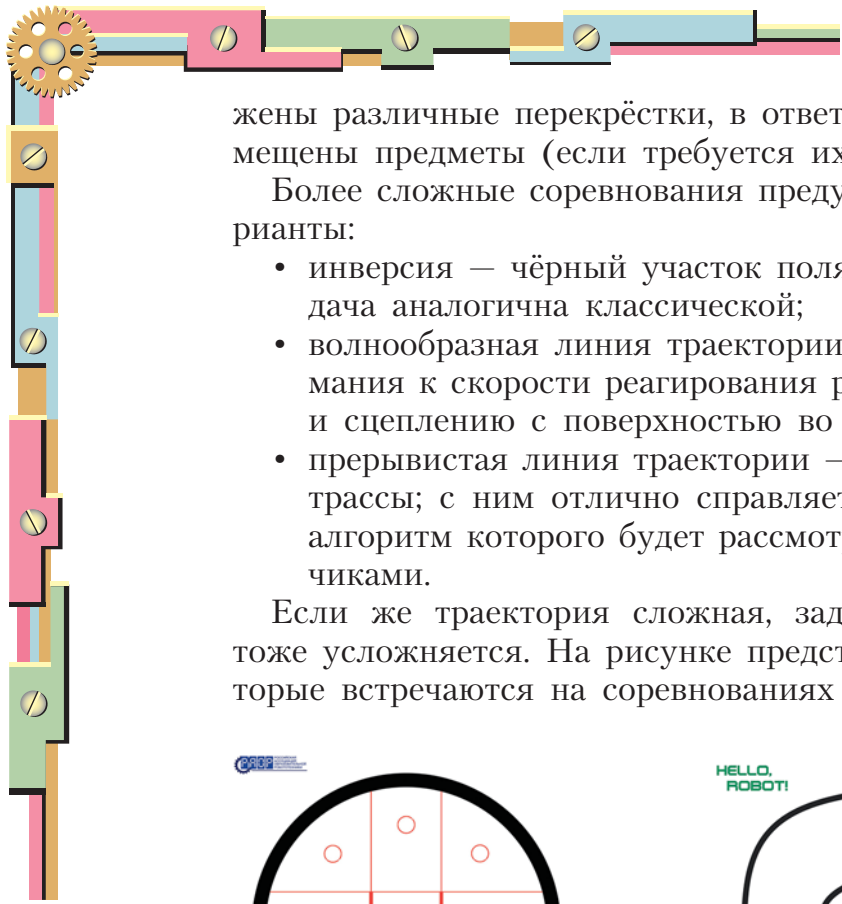
Помни, что размер робота и даже платформа в конкретных соревнованиях могут отличаться, как и задачи!

### Поле

Поле представляет собой белое основание (чаще прямоугольное) с нанесённой траекторией в виде чёрной непрерывной линии шириной 2 сантиметра и отметками старта и финиша. На траектории располо-





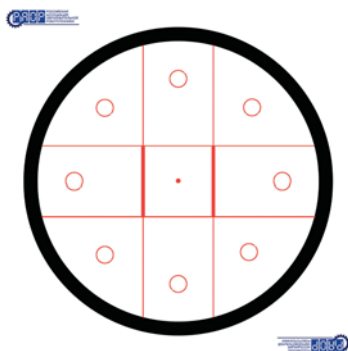


жены различные перекрёстки, в ответвлениях которых могут быть размещены предметы (если требуется их поиск).

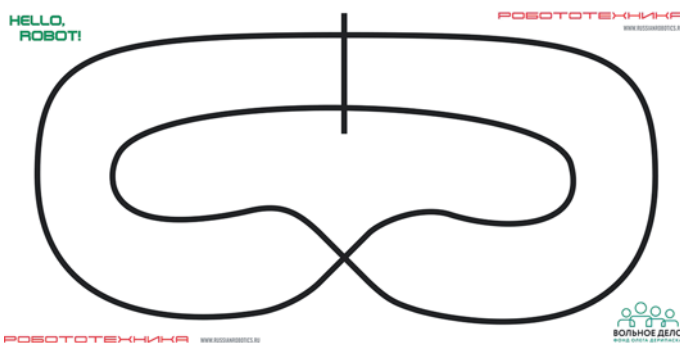
Более сложные соревнования предусматривают также следующие варианты:

- инверсия — чёрный участок поля с белой линией, в остальном задача аналогична классической;
- волнообразная линия траектории — требует дополнительного внимания к скорости реагирования робота на информацию с датчиков и сцеплению с поверхностью во избежание вылетов с трассы;
- прерывистая линия траектории — пунктир, нанесённый на участки трассы; с ним отлично справляется пропорциональный регулятор, алгоритм которого будет рассмотрен нами для робота с двумя датчиками.

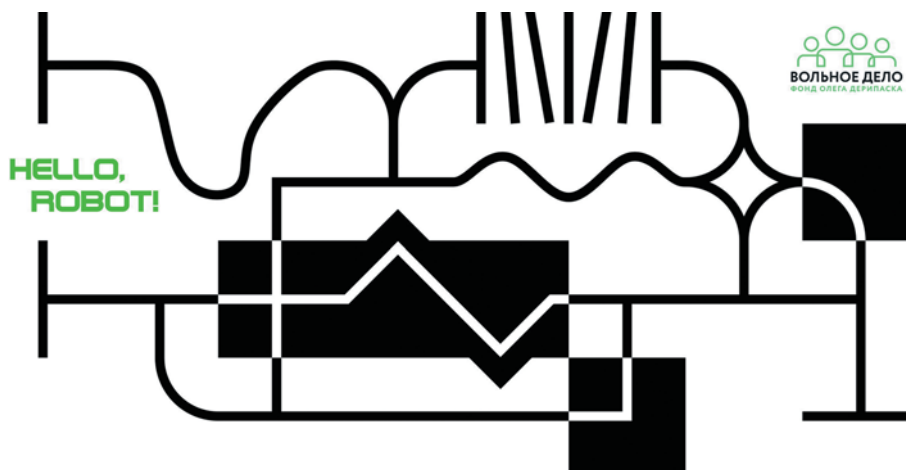
Если же траектория сложная, задача сборки и программирования тоже усложняется. На рисунке представлены варианты траекторий, которые встречаются на соревнованиях роботов.



Простая траектория



Сложная траектория

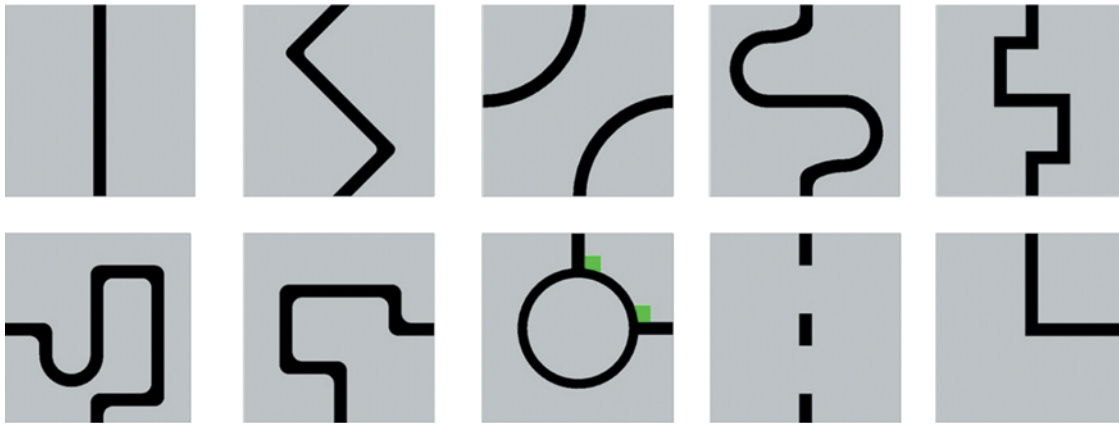


Очень сложная траектория



На траекториях могут встречаться разветвления (Y-образные, X-образные, T-образные и четырёхсторонние перекрёстки), повороты, острые углы и т. д. Также часто встречается инверсия — белая линия наносится на черное поле. Повороты могут быть плавные или резкие, с изменяющейся шириной, линия может быть прямой, волнистой, зигзагообразной и даже пунктирной.

На рисунке представлены варианты линий, использующихся в соревнованиях RoboCup:



Изгибы траекторий

Каждый из этих типов линий требует отдельного подхода, тщательной проработки конструкции робота и отдельного алгоритма.

### Требования к роботу

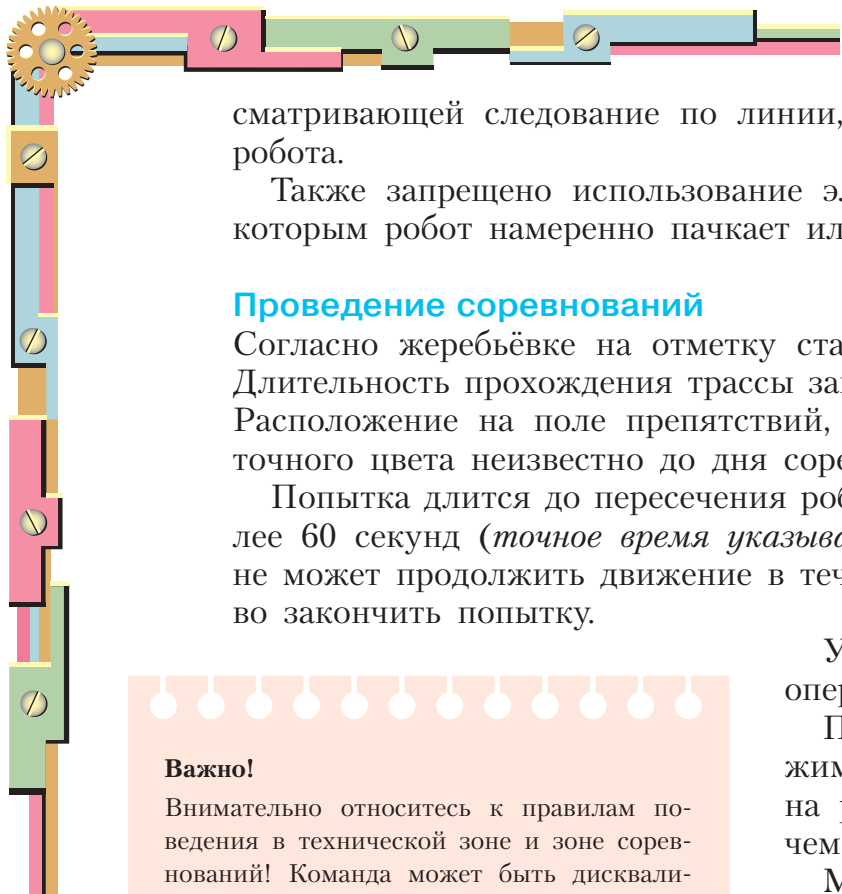
Размеры робота не должны превышать  $25 \times 25 \times 25$  сантиметров на протяжении всего соревнования. Обычно также добавляется требование, чтобы в память робота была занесена только одна программа. Внимательно ознакомьтесь с ограничениями по датчикам! Наиболее распространённый вариант — это использование не более трёх моторов и трёх датчиков цвета.

Перед началом состязаний робот проходит проверку на соответствие габаритам, а затем помещается в зону карантина. После попадания робота в эту зону запрещается изменять его конструкцию и программу.

Робот должен быть автономным! Во время прохождения трассы, преду-

#### Важно!

В различных соревнованиях действуют различные запреты на используемые робототехнические наборы, материалы и комплектующие в конструкции роботов. Мы будем ориентироваться на самый популярный вариант, в том числе в международных соревнованиях, — робота на платформе LEGO® MINDSTORMS® Education EV3, программируемого в стандартной среде.



смаатривающей следование по линии, оператору запрещается касаться робота.

Также запрещено использование элементов конструкции, благодаря которым робот намеренно пачкает или повреждает поверхность поля.

### Проведение соревнований

Согласно жеребьёвке на отметку старта на поле выставляется робот. Длительность прохождения трассы зависит от робота и его программы. Расположение на поле препятствий, дополнительных элементов и их точного цвета неизвестно до дня соревнований.

Попытка длится до пересечения роботом финишной черты, но не более 60 секунд (*точное время указывается в регламенте!*). Если робот не может продолжить движение в течение 30 секунд, судья имеет право закончить попытку.

#### Важно!

Внимательно относитесь к правилам поведения в технической зоне и зоне соревнований! Команда может быть дисквалифицирована за нарушения в технической зоне, например за наличие воды или еды на столах.

У каждого робота имеется один оператор от команды.

После свистка судьи оператор нажимает кнопку запуска программы на роботе и отходит от ринга более чем на 1 метр.

Между попытками оператор имеет право ремонтировать своего робота, редактировать программу, если это возможно, заменять элементы питания и прочее, что не противоречит

остальным правилам. Затем робот снова проходит проверку судьёй.

Обнаруженное судьёй нарушение в конструкции робота может быть устранено в течение 3 минут, в противном случае робот дисквалифицируется.

### Условия победы

В турнирную таблицу вносится лучший среди результатов трёх попыток, если регламентом соревнований предусмотрено две или более попытки. Некоторые соревнования предусматривают подсчёт суммарных результатов всех попыток: суммы времени и суммы баллов.

Если во время попытки робот съезжает с чёрной линии, т. е. оказывается всеми колёсами с одной стороны от линии, то он завершает свою попытку с максимальным временем и баллами, заработанными до момента схода с линии. Преодоление препятствий даёт дополнительные баллы.

Если робот сбивает препятствие или расположенный на поле объект для подсчёта и распознавания, команде присуждаются штрафные очки в соответствии с регламентом.

**Новая серия «РОБОСПОРТ» в помощь настоящим и будущим участникам робототехнических соревнований:**

- «Робот-сумоист»
- «Танковый роботлон»
- «Робофутбол»
- «Робохоккей» и другие.

**Книги по образовательной робототехнике:**

- ◆ **Филиппов С. А.** Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление: учебное пособие
- ◆ **Тарапата В. В., Самылкина Н.Н.** Робототехника в школе. Методика. Программы. Проекты
- ◆ **Винницкий Ю.А., Поляков К.Ю.** Конструируем роботов на ScratchDuino. Первые шаги
- ◆ **Бейктал Дж.** Конструируем роботов на Arduino. Первые шаги
- ◆ **Бейктал Дж.** Дроны. Руководство для начинающих
- ◆ **Бейктал Дж.** Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих.

**Серия проектов «РОБОФИШКИ»:**

- ▶ «В поисках сокровищ»
- ▶ «Умный свет»
- ▶ «Крутое пике»
- ▶ «Волшебная палочка»
- ▶ «Тайный код Сэмюэла Морзе»
- ▶ «Умный замок»
- ▶ «Робочист спешит на помощь!»
- ▶ «Робот-шпион»
- ▶ «Мотобайк» и другие.

info@pilotLZ.ru

www.pilotLZ.ru

Мы в VK: <http://vk.com/roboLz>

Мы в Twitter: <http://twitter.com/pilotlz>



**EAS**