



**World Robot Olympiad 2020**

Пилотная версия правил

# **Будущие Инженеры**

## **Беспилотные транспортные средства**

Инженерия высокого уровня

Возрастная категория: от 16-19 лет

Версия правил от 14.04.2020

**Изменения и дополнения от 18.03.2021**

*WRO International Premium Partners*



## Оглавление

1. Введение.....	3
2. Игровое поле.....	3
3. Описание игры.....	5
4. Структура игры.....	5
5. Документация.....	10
6. Правила игры.....	10
7. Начисление баллов.....	14
8. Спецификация поля.....	15
9. Общие правила.....	18
10. Приложение А. Пояснительные схемы.....	23
11. Приложение В. Игровое поле для национальных или региональных финалов.....	36

## 1. Введение

Беспилотные транспортные средства - это мега-тренд нашего времени. Крупные компании, стартапы, инвесторы и градостроители видят большой потенциал в беспилотных автомобилях, автобусах, грузовиках или поездах.

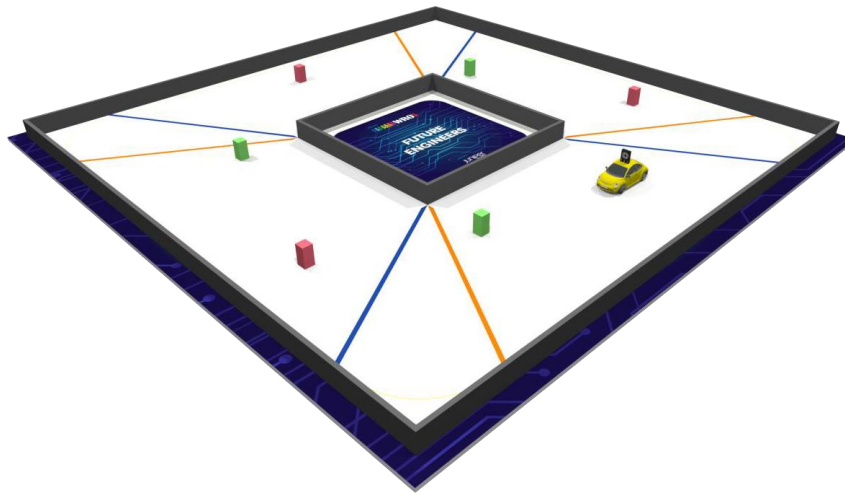
На WRO все роботы уже автономно передвигаются на обычном или футбольном поле. Но автономное вождение во повседневной жизни по-прежнему является проблемой.

Обычно исследователи говорят о шести уровнях автономии - от полного управления до полной автоматизации<sup>1</sup>.

Мы хотим, чтобы новый формат соревнований вовлек школьников в исследовательскую деятельность и обучил технологичному подходу при решении реальных задач. Мы рады, что это направление поддерживают ведущие представители отрасли.

## 2. Игровое поле

На рисунке ниже изображено игровое поле и игровые объекты.



**Рисунок 1. Подробное игровое поле.**

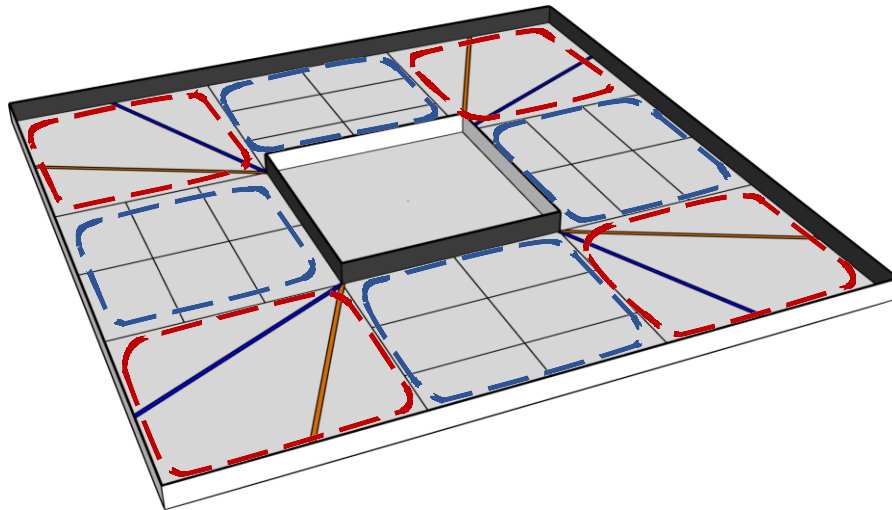
Игровое поле представляет собой гоночную трассу, на которой установлены дорожные знаки (в виде цветных препятствий - столбов).

---

<sup>1</sup> Чтобы узнать больше об этом, посмотрите эти видео:

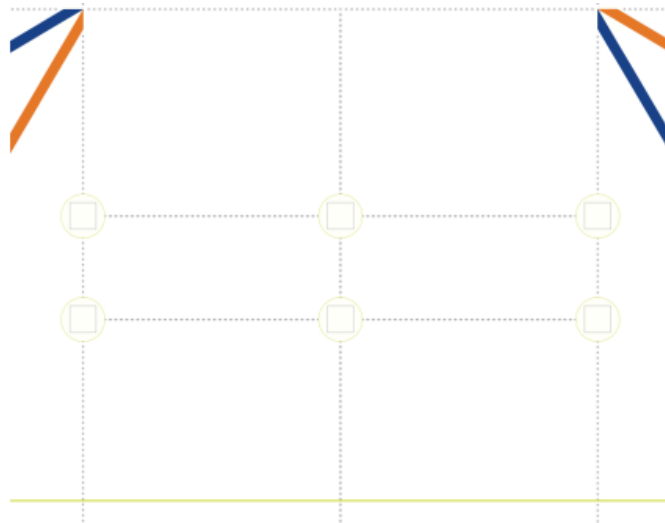
<https://www.youtube.com/watch?v=zfkDXQ4pS2k> or <https://www.youtube.com/watch?v=aWmmy966NII>

Трасса состоит из восьми участков: четырех угловых и четырех прямых участков. Угловые участки отмечены красными пунктирными линиями на рисунке 2. Прямые участки отмечены синими пунктирными линиями.



**Рисунок 2. Различные типы участков на игровом поле**

Каждый прямой участок разделен на 6 (шесть) зон. Шесть зон внутри секции предназначены для стартовой позиции автомобиля. 4 (Четыре) Т-образных перекрестка и 2 (Два) Х-образных перекрестка используются для размещения дорожных знаков. Места, где можно установить дорожные знаки, называются «места установки» дорожных знаков.



**Рисунок 3. Зоны и места установки дорожных знаков в прямом участке**

### 3. Описание игры

Задача сезона не просто создание беспилотного автомобиля - это гонка на время. На трассе не будет нескольких автомобилей одновременно. Вместо этого один автомобиль за попытку должен достичь лучшего времени, проехав несколько кругов полностью автономно. Дорожные знаки указывают сторону полосы движения, по которой должен следовать автомобиль. Если на пути красный столб - нужно держаться правой стороны полосы. Если зелёный, то левой стороны полосы.

Задание считается выполненным, если автомобиль проехал 3 круга. Сбивать или сдвигать с места дорожные знаки - запрещено.

Направление, в котором автомобиль должен двигаться по трассе (по часовой стрелке или против часовой стрелки), будет варьироваться в разных матчах. Начальное положение автомобиля, а также количество и расположение дорожных знаков определяются случайным образом во время жеребьёвки перед матчем (после карантинного времени).

### 4. Структура игры

Игра состоит из 2 туров: Квалификационного и финального. На международном финале будет проводиться 2 квалификационных раунда и 2 финальных. Направление движения для первого квалификационного раунда будет выбрано случайным образом, бросанием монетки, после карантинного времени первого квалификационного раунда. Направление движения во втором раунде будет противоположным. То же самое относится и к финальному туру.

#### 4.1. Квалификационный тур

Во время квалификационного тура на поле не будет дорожных знаков.

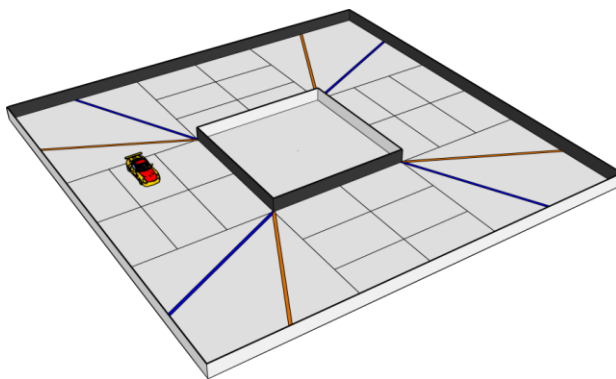
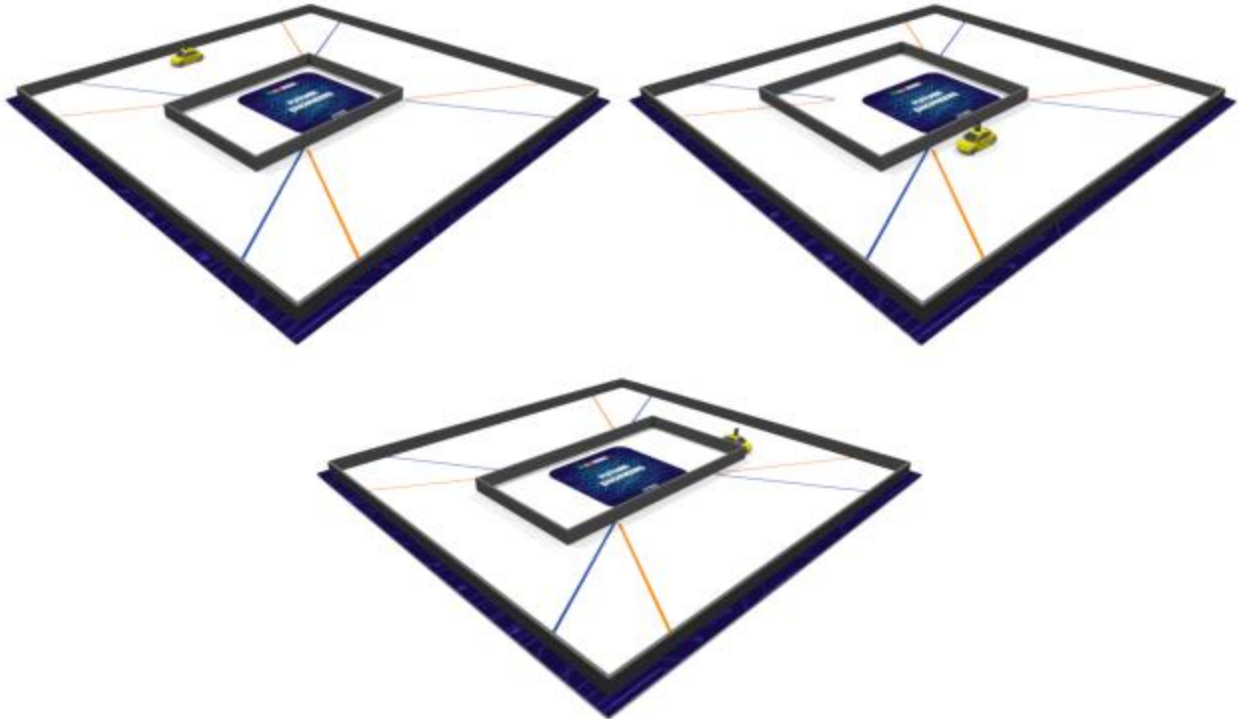


Рисунок 4. Игровое поле для квалификации

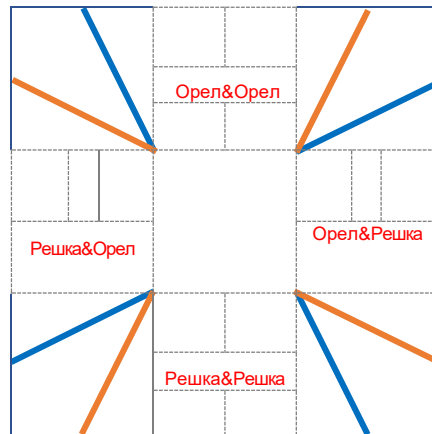
Расстояние между бортами трассы может составлять либо 1000 мм, либо 667 мм (+/- 100 мм для международного финала).



**Рисунок 5. Примеры вариантов игрового поля для отборочных матчей**

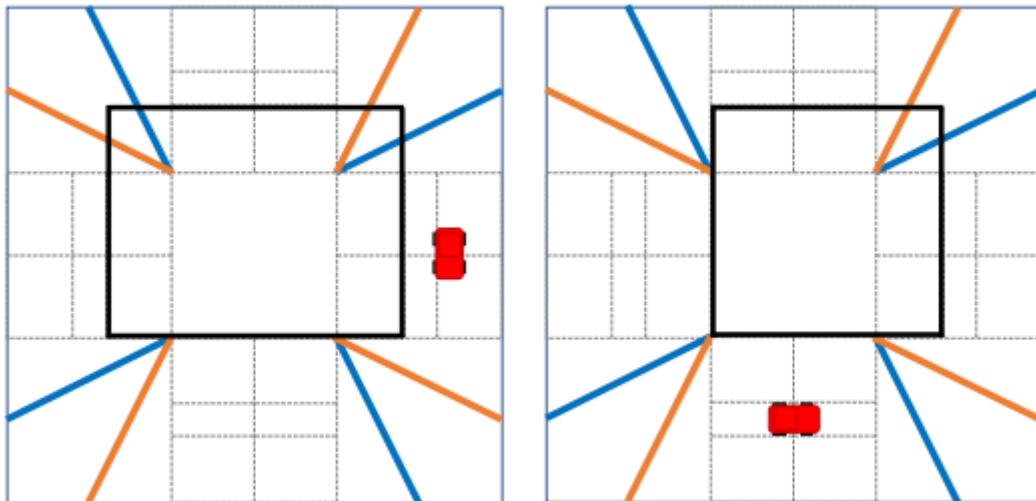
После определения направления движения по трассе можно использовать следующую процедуру для определения начальной точки автомобиля и расстояния между бортами трассы:

4.1.1. Бросьте монетку дважды, чтобы определить начальную секцию. На рисунке ниже показано, какие именно секции соответствует комбинации бросков (например, "решка и орел" означает, что первый бросок-Решка, а второй-Орел).



**Рисунок 6. Комбинации подбрасывания монетки для определения стартовой секции**

4.1.2. Подбросьте монету четыре раза, чтобы определить участок, где расстояние между бортами будут сокращены. Первый бросок определяет стартовую секцию, следующая секция по часовой стрелке и так далее.



**Рисунок 7. На левой схеме результат жеребьевки «решка-орел-решка-решка». Справа результат жеребьевки «орел-орел-решка-решка».**

4.1.3. Бросьте кубик, чтобы определить точную стартовую зону. Верхняя левая зона - «1», нижняя правая зона - «6». Если зона находится внутри бортов, кубик нужно бросить еще раз.

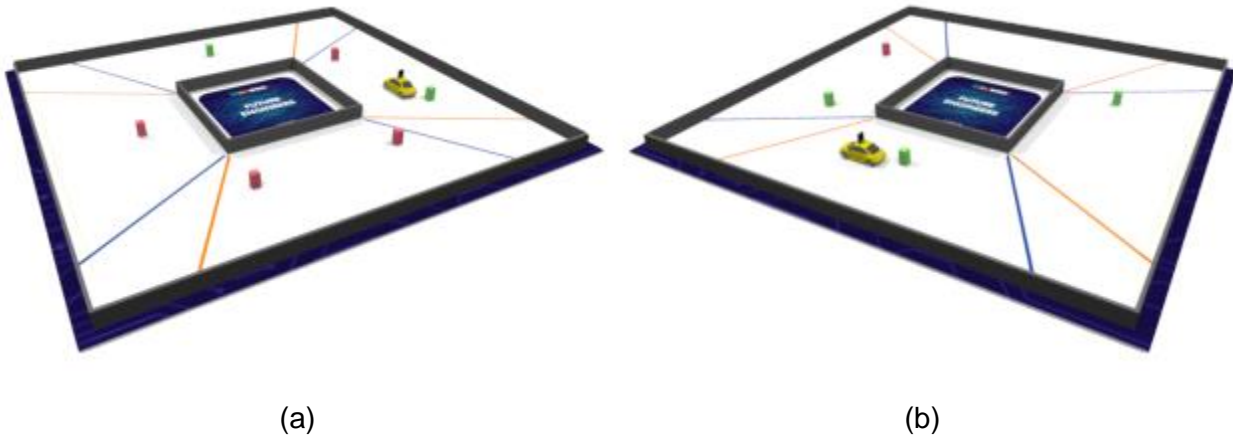


**Рисунок 8. Соответствие зон значениям на кубике**

Эта процедура выполняется после истечении времени карантина перед каждым квалификационным туром, поэтому стартовая позиция автомобиля и расстояние между бортами будут разными в каждом туре.

#### 4.2. Финальные раунды

Во время финальных раундов, в качестве дорожных знаков, на гоночной трассе будут установлены красные и зеленые столбики. Расстояние между бортами трассы всегда будет 1000 мм (+/- 100 мм для международного финала).



**Рисунок 9. Пример поля во время финального тура**

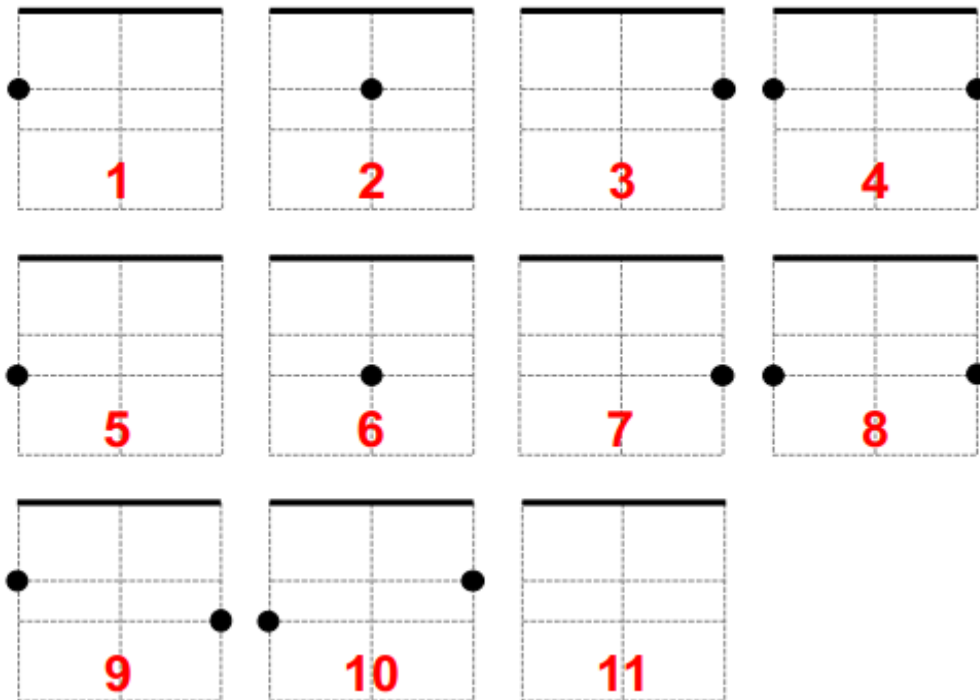
Стартовое положение автомобиля и положение цветных столбиков можно выбрать с помощью следующей процедуры с учетом направления движения, определенного ранее.

4.2.1. Подбросьте монету дважды, чтобы определить зону старта. Этот шаг такой же как и для определения стартовой зоны в квалификационном туре.

4.2.2. Положите одиннадцать карточек в непрозрачную коробку или сумку. Каждая карточка определяет расположение дорожных знаков в стартовой зоне. Сплошная черная линия на карточке означает **внутреннюю** границу игрового поля. Карту нельзя возвращать в коробку.



Доставляйте карточки по очереди (Всего 4). Карточка определяет расположение дорожных знаков на прямом участке. (Отсчитывайте участки по часовой линии)



**Рисунок 10. Одиннадцать карточек с расположением дорожных знаков в секции**

В итоге будет определено расположение дорожных знаков на всех прямых участках. Цвет соответствующих столбиков определяется по следующему принципу:

- 4.2.2.1. Если основное направление движения - по часовой стрелке, то все столбики, близкие к внутреннему борту трассы считаются зелеными. Столбики, находящиеся ближе к внешнему борту трассы будут красными.
- 4.2.2.2. Если основное направление движения - против часовой стрелки, то все столбики, близкие к внутреннему борту трассы считаются красными. Столбики, находящиеся ближе к внешнему борту трассы будут зелеными.

*Например, для схемы (а) на рисунке 9 порядок карт: 10, 8, 6, 2. Для схемы (б) на том же рисунке порядок карт: 6, 10, 11, 5.*

4.2.3. Подбросьте монетку, чтобы определить стартовую зону автомобиля. Орел соответствует средней зоне в первом участке по ходу движения в основном направлении тура. Решка а соответствует средней зоне во второй участк е по ходу движения в основном направлении тура.

*Например, для схемы (а) на рисунке 9 выпал Орел, тогда как для схемы (б) выпала решка.*

## 5. Документация

Настоящая инженерия - это изучение или создание решения и обмен с сообществом новыми идеями, чтобы продвинуть компетенции на новый уровень. В дополнение к проектированию и программированию транспортного средства командам необходимо предоставить материалы в онлайн формате, отражающие их технический прогресс и окончательный результат.

А именно, каждая команда должна предоставить следующее:

- Две командные фотографии: официальная и одна забавная со всеми участниками команды.
- 6 фото автомобиля (со всех сторон, сверху и снизу)
- URL-адрес YouTube ролика (должен быть общедоступным или доступным по ссылке), на котором видно, что автомобиль может двигаться автономно, не менее 30 секунд.
- Принципиальная схема электромеханических компонентов в формате JPEG, PNG или PDF. Иллюстрирующая все элементы (электронные компоненты и двигатели), используемые в автомобиле и их связи друг с другом.
- Ссылка на публичный репозиторий GitHub с кодом для всех компонентов, которые были запрограммированы. Репозиторий может также включать 3D модели для печати и файлы для ЧПУ станков, необходимые для производства элементов автомобиля. В истории коммитов должно быть не менее 3 коммитов - первый не позднее, чем за 2 месяца до конкурса - он должен содержать не менее 1/5 окончательного кода. Второй - не позднее, чем за 1 месяц до соревнований, третий - не позднее, чем за 1 день до соревнований. Репозиторий должен содержать Файл README.md с кратким описанием на английском языке (не менее 5000 знаков) разработанное решение. Цель описания - уточнить, из каких модулей состоит код. О том, как они связаны с электромеханическими компонентами транспортного средства, и процесс сборки / компиляции / загрузки кода в контроллеры транспортного средства.

За документацию начисляются бонусные баллы.

## 6. Правила игры

### Время матча

- Квалификационные раунды - 3 минуты.
- Финальные раунды - 3 минуты.

### Конфигурация на старте

- Направление движения по трассе выбирается случайным образом перед первым матчем в раунде, по истечении карантинного времени.
- Исходное положение автомобиля и конфигурация поля определяются, как описано выше перед началом каждого раунда по истечении времени карантина.
- Направление движения, исходное положение и конфигурация поля остаются неизменными для всех команды во время одного раунда.

### **Начало раунда**

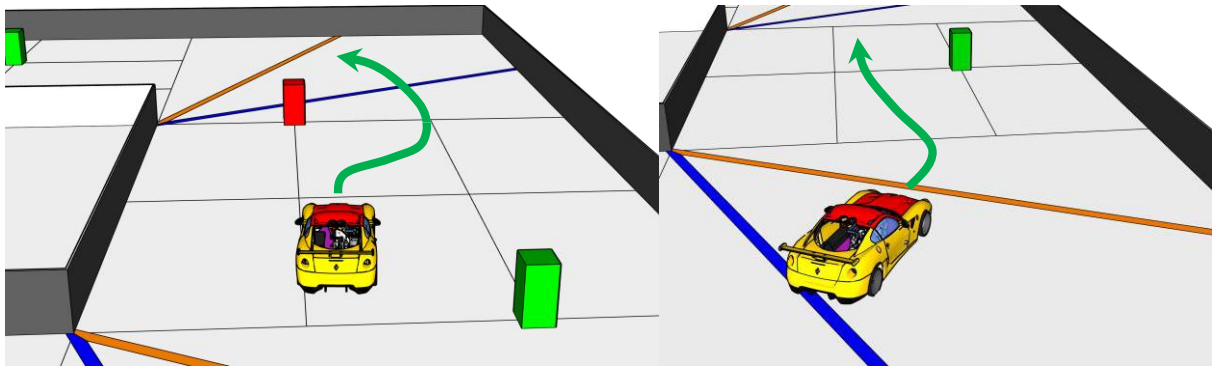
- Транспортное средство должно быть расположено в любой части стартовой зоны так, чтобы проекция машины на поле полностью находилась в зоне.
- Транспортное средство должно быть ориентировано таким образом, чтобы два колеса на передней оси (судьи должны спросить заранее, где передняя ось автомобиля) располагались ближе к следующему угловому участку в соответствующем направлении движения, тогда как другие два колеса расположены ближе к угловому участку в противоположном направлении.
- Габариты транспортного средства во время матча не должны превышать 300x200 мм и 300 мм в высоту.
- Таймер раунда запускается, когда судья дает сигнал к старту.
- Примечание: поскольку для окончательного рейтинга время в финальных раундах имеет высокий приоритет, то два судьи будут измерять время в финальных матчах. Среднее значение двух измерений будет использовано для ранжирования.

### **Дополнительно**

- Автомобиль не имеет права намеренно оставлять дополнительные фигуры на игровом поле или оставлять следы, которые не могут быть удалены (например, краска) во время раунда. Если транспортное средство нарушает это правило, раунд будет остановлен, и транспортное средство должно быть остановлено одним из членов команды. Счет в этом раунде будет равен нулю, а отметка времени- максимальной. Судьи имеют право проверить код команды, если они подозревают такую ситуацию.

### **Во время раунда**

- Транспортное средство должно двигаться в направлении, которое было определено как основное направление движения до начала раунда.
- Транспортному средству не разрешается смещать борта поля (если они не прочно закреплены). Автомобиль, нарушивший это правило, должен быть остановлен одним из членов команды, счет в этом раунде будет равен нулю, а отметка времени- максимальной.
- Автомобиль должен объехать дорожный знак, обозначенный красным столбом справа (рисунок 11а). А зеленый столб, объехать слева (рисунок 11б).



(а)

(б)

**Рисунок 11. Правила прохождения дорожных знаков**

- Транспортному средству не разрешается сдвигать или сбивать дорожные знаки (цветные столбы). Если транспортное средство нарушит это правило во время раунда, то попытка не будет остановлена, но бонусные очки транспортное средство не получит. Дорожный знак считается сдвинутым с исходного положения или сбитым, если какая-либо часть проекции находится вне круга, очерченного вокруг места расположения дорожного знака. Более подробную информацию см. В приложении А, раздел 1.
- Транспортному средству разрешается двигаться в направлении, противоположном соответствующему направлению движения, только для двух участков: участка а, на котором было изменено направление движения, и соседнего участка.
- Автомобиль должен вернуться в стартовую зону после прохождения трех кругов, чтобы получить дополнительные очки. Примечание: как только транспортное средство частично покидает стартовую зону, эта зона становится финишной зоной.
- Один раз за раунд команда может попросить разрешения на ремонт: вывести автомобиль, устранить неполадки с механическими или электронными деталями и вернуть автомобиль на трассу в центре участка, из которого он был выведен. Таймер матча не будет остановлен. Разрешение может быть выдано только в том случае, если транспортное средство не движется. Возможные причины остановки: проблемы с электроникой / механикой, автомобиль ударился о стену и застрял. Разрешение не будет выдано для движущегося транспортного средства. Если какая-либо из его частей проедет примерно на 50 мм за 5 секунд. Разрешение не будет выдано, если автомобиль начал третий круг (полностью прошел угловой участок перед последним кругом). Запрещается загружать программы на любой контроллер транспортного средства в рамках ремонтных работ. Не разрешается вводить какие – либо данные. Команда, нарушившая эти правила, будет дисквалифицирована с этого раунда: счет в этом раунде будет равен нулю, а отметка времени - максимальной.

#### **Окончание раунда:**

Раунд заканчивается и время останавливается, если происходит одно из следующих действий:

- Время раунда истекло
- После 3 полных кругов транспортное средство должно остановиться в финишной зоне так, чтобы его проекция на поле полностью находилась в пределах этой зоны. Более подробную информацию см. В приложении А, раздел 2.
- Примечание 1: транспортное средство должно остановиться в финишной секции автономно. Если участник команды влияет на окончание раунда одним из описанных ниже способов, во время того как транспортное средство находится в пределах финишной секции, то это не будет считаться автономной остановкой и очки за остановку в финишной секции назначаться не будут.
- Примечание 2: для демонстрации полной остановки в финишной зоне транспортное средство не должно продолжать движение в течении 15 секунд. Если после окончания матча транспортное средство продолжает движение, судьи могут считать поведение автомобиля неоднозначным и не засчитать остановку в финишной зоне.
- После трех полных кругов автомобиль проходит финишную секцию так, что его проекция на поле полностью находится в пределах угловой зоны рядом с финишной зоной в направлении движения т ура. Более подробную информацию см. В приложении А, раздел 3.
- Транспортное средство дважды пересекает границы участка, двигаясь в направлении, противоположном основному направлению движения тура. Более подробную информацию см. В приложении А, раздел 4.
- Проехав дорожный знак с неправильной стороны, транспортное средство полностью пересекает линию, идущую от внутреннего борта к внешнему и где расположен этот дорожный знак. Более подробную информацию см. В приложении А, раздел 5.
- Любой член команды прикасается к транспортному средству без разрешения судьи на проведение ремонта
- Любой член команды прикасается к банеру на поле или борту без разрешения судьи на ремонт.
- Любой член команды прикасается к игровым элементам.
- Транспортное средство выезжает за пределы трассы (смещая борта) или за пределы игрового поля.
- Транспортное средство или член команды повреждает поле или игровой элемент.

Обратите внимание, что в соответствии с вышеприведенными правилами команда может остановить попытку (например, прикоснувшись к борту поля или выполнив любое из вышеперечисленных действий). Однако, они не смогут возобновить попытку после остановки, и раунд будет закончен.

## 7. Начисление баллов

Начисление баллов происходит в конце каждого раунда

Максимально возможный балл:

- Квалификационный тур - 31 балл
- Финальный тур - 39 баллов
- Документация транспортного средства - 10 баллов

	Критерии	Баллы	Макс. балл
1.	<b>Действия на поле</b>		
1.1.	Автомобиль выезжает из зоны в направлении движения тура. Кроме финишной зоны и зон, следующей за ней.	1	24
1.2.	Машина проезжает полный круг. 8 зон успешно пройдены в верном направлении. Стартовая зона входит в 8 зон для первого круга. Круг считается завершенным, если автомобиль полностью выезжает из последнего (углового) участка круга. Таким образом, автомобиль может начать движение в противоположном направлении после этого, и круг все равно будет учтен.	1	3
1.3.	После завершения 3 кругов машина остановилась в финишной зоне.	4	4
1.4.	Раунд был остановлен до того, как автомобиль проехал 3 круга, но дорожные знаки не были сдвинуты или сбиты на тех участках, которые автомобиль прошел полностью. <i>Применимо только для финальных раундов.</i>	4	4
1.5.	После завершения 3 кругов дорожные знаки не были сдвинуты или сбиты. <i>Применимо только для финальных раундов.</i>	8	8
1.6.	Команда отремонтировала автомобиль, выводя его с поля. Учитывается даже если это не принесло положительного результата.	Итоговый балл делится на 2	
2.	<b>Документация транспортного средства</b>		
2.1.	Командное фото	1	1
2.2.	Шесть фото автомобиля	1	1
2.3.	Ссылка на ролик на Youtube	2	2
2.4.	Принципиальная схема электромеханических компонентов	4	4
2.5.	Заполненный репозиторий GitHub	2	2

Время, на момент окончания раунда, записывается и будет учитываться для определения лучшего раунда. В финальном туре используется среднее значение 2 секундомеров. Если команда или транспортное средство были дисквалифицированы, то время такого раунда засчитывается как максимальное время (3 минуты).

Рейтинг команд в квалификационном туре определяется на основе баллов, полученных каждой командой в своем лучшем раунде. Если команда имеет одинаковый балл в обоих раундах, то раунд с наименьшим временем будет выбран как лучший.

Итоговый рейтинг команд подводится по сумме баллов, полученных в лучшем финальном и квалификационном туре, а также баллов полученных за документацию.

Если у команд одинаковые баллы, учитывается время лучшего финального раунда

## 8. Спецификация поля

### 8.1. Игровое поле

- Размер поля 3200 x 3200 мм (+/- 5 мм). Игровая область с трассой имеет размер 3000 x 3000 мм (+/- 5 мм).
- Основной цвет гоночной трассы - белый
- По периметру трассы располагаются борта высотой 100мм (+/- 5 мм).
- Внутренняя сторона бортов - черного цвета. Внешняя сторона, может быть любого цвета.
- Центральная часть огорожена бортами высотой 100 мм (+/-5 мм)
- Внутренние борта черного цвета внутри и снаружи. Верхний край борта тоже черного цвета.
- Толщина бортов не определена.
- Расстояние между внешними и внутренними бортами зависит от типа тура и указывается в разделе 4 (Структура игры)
- На трассе есть оранжевые и синие линии. Толщина линий составляет 20 мм. цвет оранжевых линий-СМУК (0, 60, 100, 0). Цвет синих линий-СМУК (100, 80, 0, 0).
- На поле нанесены пунктирные линии толщиной 1 мм, ограничивающие стартовые зоны автомобиля. Цвет пунктирных линий-СМУК (0 0 0 30).
- Размер каждой стартовой зоны составляет 200 x 500 мм.
- Квадраты, обозначающие места расположения дорожных знаков. Нанесены линией толщиной 1 мм, а цвет линии-СМУК (0 0 0 30).
- Размер каждого места установки дорожно знака составляет 50x50 мм.
- Область за которую нельзя смещать дорожный знак, определяется как круг вокруг места установки соответствующего дорожного знака. Толщина круговой линии составляет 0,5 мм. Цвет линий-СМУК (20 0 100 0).
- Диаметр окружности 85 мм

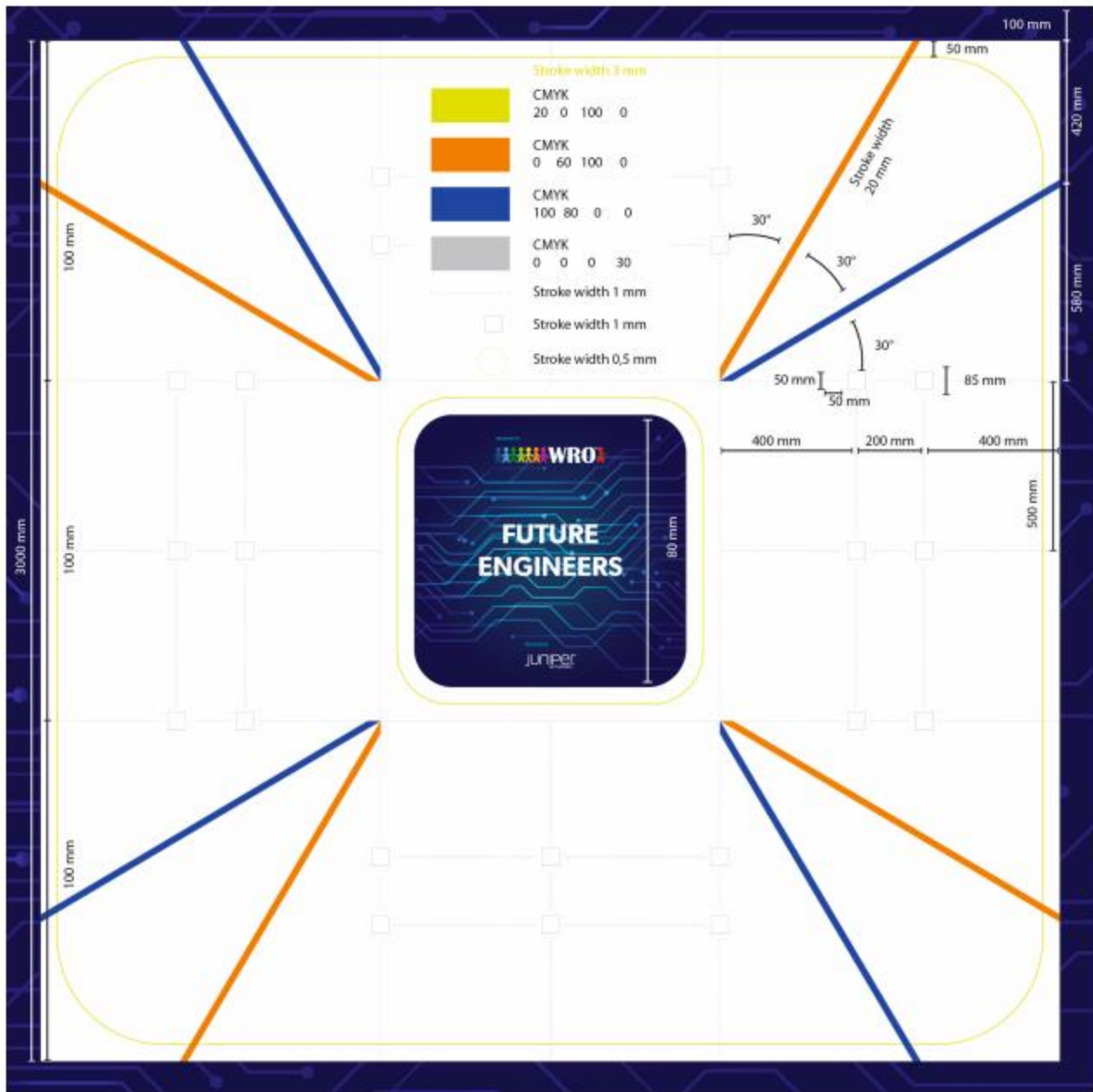


Рисунок 12. Игровое поле с размерами



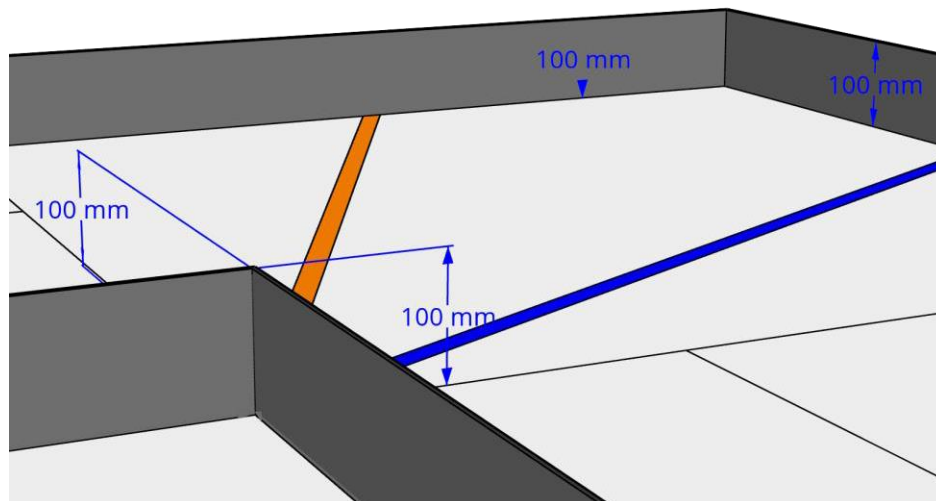


Рисунок 13. Высота бортов на игровом поле

## 8.2. Конфигурация бортов для международного финала (уточнения будут в августе)

На международном финале стены будут изготовлены из ПВХ. Поэтому, когда они будут установлены на поле, они будут не ровными:

- расстояние между стенами в одном прямолинейном сечении может быть не постоянным;
- углы стен могут быть скруглены. Цвет стен будет черным.
- перед стартом робота, внешняя стена не будет заходить внутрь трека дальше, чем на желтую линию, а внутренняя стена не будет выходить внутрь трека дальше, чем за пунктирную линию внутреннего квадрата.



Рисунок 14. Пример конфигурации поля для международного финала

### 8.3. Дорожные знаки

- Каждый дорожный знак представляет собой прямоугольный параллелепипед размером 50x50x100 мм.
- В зависимости от жеребьёвки перед каждым туром может быть: до 8 красных параллелепипедов и до 8 зеленых параллелепипедов.
- Цвет красных дорожных знаков - PANTONE 1795 C, RGB (238, 39, 55).
- Цвет зеленых дорожных знаков - PANTONE 802 C, RGB (68, 214, 44).
- Материал дорожных знаков может быть любым.
- Масса дорожных знаков может быть любая.

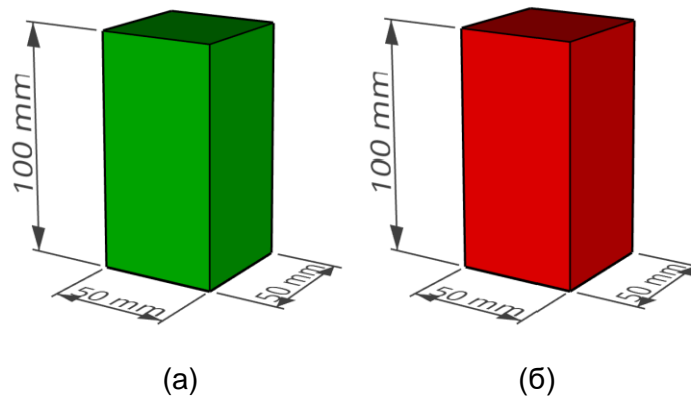


Рисунок 15. Размеры дорожных знаков

## 9. Общие правила

### 9.1. Допустимые материалы (компоненты)

9.1.1. Контроллером транспортного средства могут быть как одноплатные компьютеры (SBC) ([https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board\\_computer](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer)), так и одноплатный микроконтроллер (SBM) ([https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board\\_microcontroller](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_microcontroller)) без каких-либо ограничений по бренду.

9.1.2. На транспортном средстве может быть более одного SBC/SBM.

9.1.3. Команды не могут использовать какие-либо радиочастотные, Bluetooth, Wi-Fi или любые другие компоненты беспроводной связи на автомобиле во время раунда. Если он встроен в контроллер, он должен быть выключен, и судьи могут проверить программу и транспортное средство, чтобы подтвердить, что он не используется.



*WRO 2020 – Self-driving vehicle challenge – engineering on a higher level*

- 9.1.4. Команды могут использовать любые датчики по своему выбору – нет никаких ограничений по производителям, функциям или количеству используемых датчиков. Камеры считаются датчиками.
- 9.1.5. Команды могут использовать любые электрические двигатели и сервоприводы по своему выбору – нет никаких ограничений на производителя или количество используемых двигателей и сервоприводов.
- 9.1.6. Команды могут использовать любые электронные компоненты – нет никаких ограничений по типу, производителю, количеству или назначению.
- 9.1.7. Команды могут использовать любое оборудование гидравлического давления, атмосферного давления или соленоиды.
- 9.1.8. Команды могут использовать любую батарею по своему выбору – нет никаких ограничений по производителю, типу или количеству используемых батарей.
- 9.1.9. Для связи между электромеханическими компонентами автомобиля допуск ается только проводное соединение.
- 9.1.10. Команды могут использовать 3D-печатные элементы, элементы, созданные с помощью станка с ЧПУ, элементы, вырезанные из акрила/дерева/металла или любого другого материала – нет никаких ограничений.
- 9.1.11. Транспортное средство может быть построено с использованием любого типа оборудования и любого материала. Нет никаких ограничений на конкретный тип или конкретную материальную базу.
- 9.1.12. Команды могут использовать изоляцию, резинки, кабели, нейлоновые хомуты (стяжки) и т. д. Любой клеящийся материал разрешается использовать для любых целей. При условии, что на полигоне не остаётся следов.
- 9.1.13. Команды должны иметь достаточное количество запасных частей. В случае каких-либо аварий или неисправностей оборудования WRO (и/или оргкомитет) не несет ответственности за их техническое обслуживание или замену.
- 9.1.14. Транспортные средства могут быть собраны до начала турнира.
- 9.1.15. Управляющая программа может быть написана на любом языке программирования – нет никаких ограничений.
- 9.1.16. Участники могут составить программу заранее.
- 9.1.17. Команды должны подготовить и принести все необходимое оборудование, программное обеспечение и портативные компьютеры на время турнира.
- 9.1.18. Команде разрешается иметь только один автомобиль в день соревнований. Запасные транспортные средства не допускаются.

## **9.2. Транспортное средство**

- 9.2.1. Габариты транспортного средства не должны превышать 300x200 мм и 300 мм в высоту.

9.2.2. Вес транспортного средства не должен превышать 1,5 килограмма.

9.2.3. Транспортное средство (ТС) должно быть четырехколесным, с одним ходовым двигателем (используется для движения - вращения колес) и одним рулевым приводом. ТС должно иметь либо передний привод ([https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel_drive)), либо задний привод ([https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel_drive)), либо полный привод ([https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel_drive)). Команды с ТС, которые используют дифференциальную колесную базу ([https://en.wikipedia.org/wiki/Differential\\_wheeled\\_robot](https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_wheeled_robot)) будут дисквалифицированы. Транспортное средство не может использовать какой-либо вид всенаправленного колеса, шаровую опору или сферического колеса.

**Передняя ось транспортного средства должна быть основана на геометрии рулевого управления Аккермана ([https://en.wikipedia.org/wiki/Ackermann\\_steering\\_geometry](https://en.wikipedia.org/wiki/Ackermann_steering_geometry)).**

9.2.4. Транспортное средство должно быть автономным и финишировать самостоятельно. Любая радиосвязь, дистанционное управление или проводные системы управления не допускаются во время движения автомобиля. Команды, нарушившие это правило, будут дисквалифицированы.

9.2.5. Участникам не разрешается вмешиваться в работу автомобиля или оказывать ему помощь во время его движения (раунда). Это включает в себя ввод данных в программу путем подачи визуальных, звуковых или любых других сигналов транспортному средству во время раунда. Команды, нарушившие это правило, будут дисквалифицированы в этом раунде.

### **9.3. Соревнования**

Пункты ниже объясняют, как будет проводиться конкурс на международном финале. Национальные и региональные соревнования могут использовать эту модель или другую.

9.3.1. Соревнование состоит из нескольких туров с перерывами на отладочное время. После каждого отладочного времени будет выделено время для проверки транспортного средства на соответствие требованиям (также называемое - карантин) .

9.3.2. Каждая команда должна находиться в выделенном для неё месте в течение всего отладочного времени до момента, когда транспортное средство команды будет помещено в специально отведенную зону (карантинную зону).

9.3.3. В день соревнований до начала первого тура будет минимум 60 минут отладочного времени.

9.3.4. Команды не могут использовать игровые поля до того момента, пока не будет объявлено отладочное время.

9.3.5. Во время отладочного времени участники могут тренироваться на своих местах, или могут стоять в очереди со своими транспортными средствами, чтобы провести один тренировочный заезд на игровом поле, или могут проводить измерения на игровом поле не мешая заездам других команд. Командам разрешается вносить изменения в программу или конструкцию транспортного средства.

9.3.6. Все автомобили должны быть помещены на стол в карантинной зоне для предварительной проверки транспортных средств после окончания периода отладки. Все контроллеры автомобиля должны быть выключены. Никакие механизмы или программы не могут быть изменены после этого времени.

9.3.7. Транспортные средства могут принимать участие в соревнованиях только после того, как они прошли проверку на предмет соответствия требованиям и используемым материалам описанных в разделах выше.

9.3.8. Если транспортное средство не проходит проверку судьями, команде может быть предоставлено время (до 3 минут) для решения обнаруженных проблем. Судьи могут предоставить команде только один трехминутный период на каждом карантине ▲

9.3.9. Если в конечном итоге транспортное средство не проходит проверку судьями, то автомобиль не может быть использован в данном раунде.

9.3.10. После того как судья приглашает команду на старт, у команды есть 90 секунд на подготовку. После начала раунда потраченное командой время не может превышать время раунда, указанное в правилах игры.

### 9.3.11. Начало раунда

9.3.12. Автомобиль помещается в стартовую зону полностью **выключенным!**

9.3.13. Положение транспортного средства в зоне старта должно быть таким, чтобы проекция автомобиля на игровое поле полностью находилась в зоне старта.

9.3.14. Небольшие исправления в конструкции допускаются. Однако не разрешается вводить данные в программу путем изменения положения или ориентации деталей транспортного средства или производить к акие-либо к алибровки датчиков на автомобиле. Не допускается ввод данных путем изменения конфигурации коммутаторов, если таковые имеются. Если команда действительно вводит данные, она будет дисквалифицирована на этот раунд.

9.3.15. Затем автомобиль включается. Для включения робота разрешается использовать только два переключателя. Например, включение может быть реализовано так, что все контроллеры подсистемы (например, контроллер двигателя) включаются сначала через один переключатель, а затем основной SBC/SMB от второго переключателя.

9.3.16. После этого транспортное средство должно находиться в состоянии ожидания нажатия кнопки Пуск. Кнопка запуск а может быть на главном SBC / SBM или отдельно установленной кнопке. Разрешена только одна кнопк а запуск а.

9.3.17. Судья даёт сигнал к запуску транспортного средства. Затем нажимается стартовая кнопка, и начинается отсчет времени раунда. У транспортного средства будет 3 минуты, чтобы выполнить задание.

9.3.18. По нажатию кнопки Старт машина должна начать движение.

9.3.19. Если на старте возникает какая-то неопределенность, окончательное решение принимают судьи. Решение принимается НЕ в пользу участника.

9.3.20. Раунд закончивается в случае описанных в пункте «Окончание игры».

9.3.21. Подсчет очков производится судьями в конце каждого раунда. Команда должна проверить и подписать протокол после раунда, если у них нет справедливых жалоб.

9.3.22. Рейтинг команды определяется в зависимости от общего формата соревнований, как описано в Правилах игры. Если у команд одинаковый результат, то рейтинг будет определяться с учетом следующих результатов (первый в списке имеет наивысший приоритет, последний в списке имеет самый низкий приоритет):

- Сумма очков, полученных в лучшем квалификационном раунде, очков, полученных в лучшем финальном раунде, и очков, полученных за документацию на автомобиль.
- Очки лучшего финального раунда
- Время лучшего финального раунда
- Очки второго лучшего финального раунда
- Время второго лучшего финального раунда
- Очки за документацию
- Очки лучшего квалификационного раунда
- Очки второго лучшего квалификационного раунда
- Время лучшего квалификационного раунда
- Время второго лучшего квалификационного раунда

9.3.23. Количество команд, выбранных для участия в финальных турах, может быть ограничено и будет зависеть от рейтинга команд после квалификационных туров. Количество команд участвующих в финальных матчах, будет объявлено в день соревнований.

## **9.4. Площадка**

9.4.1. Людям, кроме участников соревнований, не разрешается входить в зону соревнований, кроме уполномоченных сотрудников Оргкомитета WRO и специального персонала.

9.4.2. Материалы и элементы поля остаются те же в течении всех дней соревнований.

## **9.5. Запрещается**

9.5.1. Повреждение площадок / столов для соревнований, материалов или транспортных средств других команд.

9.5.2. Использование опасных предметов или поведение, которое может создавать помехи соревнованиям.

9.5.3. Неуместные слова и / или поведение по отношению к другим членам команды, другим командам, аудитории, судьям или персоналу.

9.5.4. Наличие сотового / мобильного телефона в качестве коммуникационного оборудования или средства проводной / беспроводной связи в зоне соревнований.

9.5.5. Участники используют любые средства связи и методы во время соревнований. За пределами зоны соревнований также запрещается разговаривать или общаться с учащимися-участниками. Команды, нарушающие это правило, будут считаться дисквалифицированными и должны немедленно покинуть соревнование. Если общение необходимо, комитет может разрешить членам команды общаться с другими под наблюдением персонала турнира или обмениваться записками с разрешения судей.

9.5.6. Любая другая ситуация, которую судьи могут рассматривать как вмешательство или нарушение духа соревнований.

## 9.6. Честная игра

9.6.1. Участвуя в WRO, команды и тренеры принимают основные принципы WRO, которые можно найти по адресу: <https://wro-association.org/competition/wro-ethics-code/>.

9.6.2. Каждая команда должна принести на соревнование подписанную копию Кодекса этики WRO и передать ее судьям до начала соревнования.

9.6.3. Если какое-либо из правил, упомянутых в этом документе нарушено, судьи могут принять решение об одном или нескольких из следующих последствий:

- Команда может быть не допущена к участию в одном или нескольких раундах.
- Команда может получить до 50% штрафных баллов в одном или нескольких раундах.
- **Команда может не пройти в следующий тур.**
- Команда лишается права на участие в международном финале.
- Команда может быть полностью дисквалифицирована с соревнований.

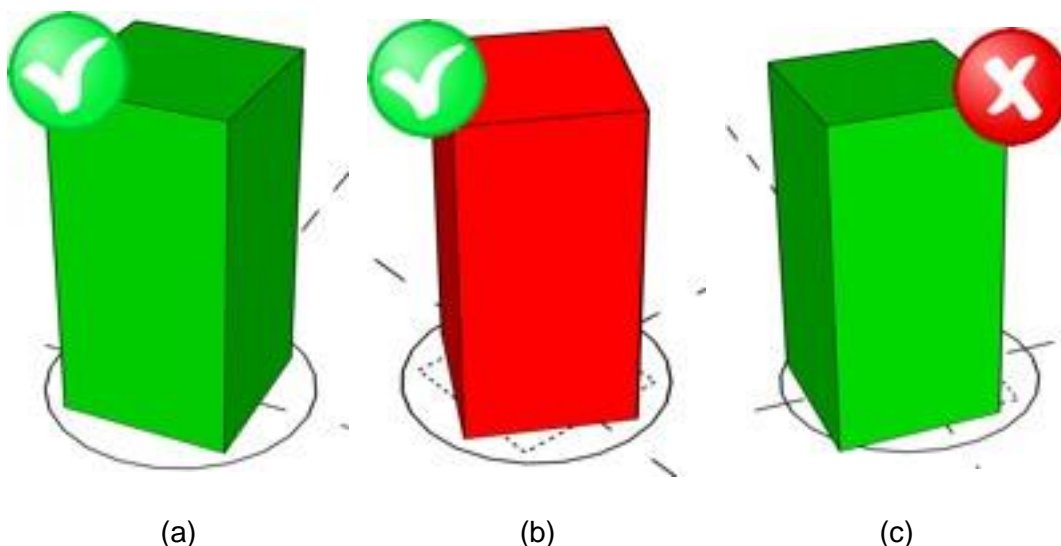
## 10. Приложение А. Пояснительные схемы

### 10.1. Сбитый или сдвинутый дорожный знак

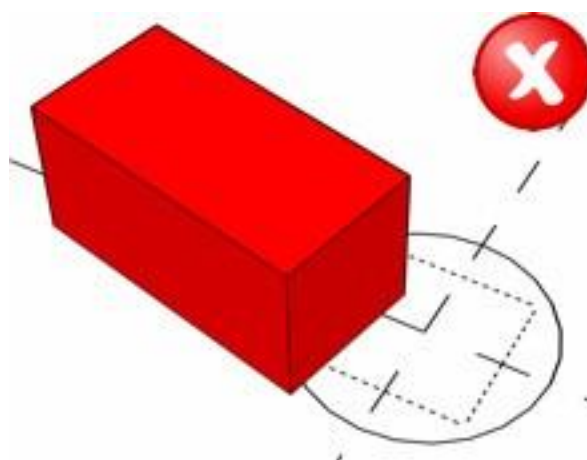
Дорожные знаки на схеме ниже

- (a) – не сдвинут
- (b) – не сдвинут
- (c) – сдвинут

- (d) – сбит



**Рисунок 16. а) исходное положение дорожного знака в начале раунда; б) дорожный знак находится не на исходном месте, но все еще находится внутри круга; в) дорожный знак находится за пределами круга и считается перемещенным**



**Рисунок 16.(d) - сбитый дорожный знак**

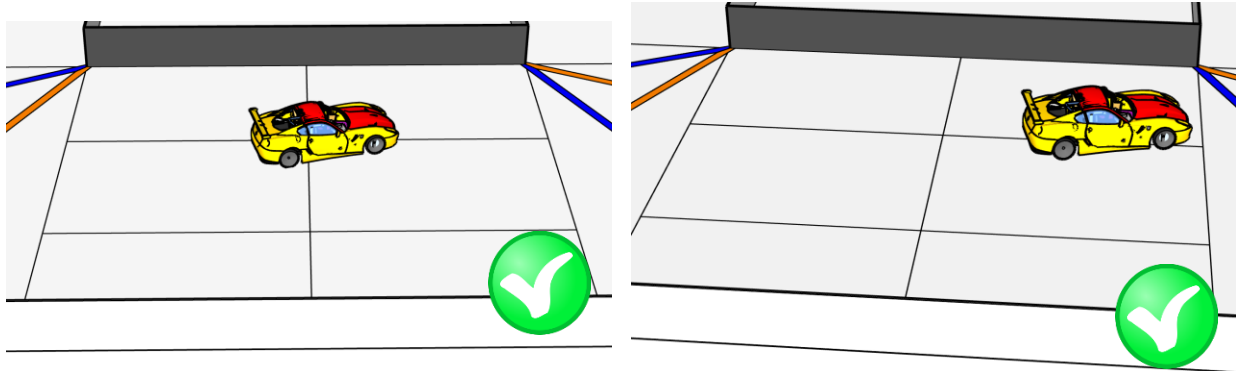
## 10.2. Условия получения баллов за финиш в стартовой секции

Чтобы определить, финишировал ли автомобиль в пределах стартовой секции или нет, используется проекция автомобиля на поле после полной остановки. Если какая-либо часть проекции находится за пределами стартовой секции, на которой расположена стартовая зона, транспортное средство считается за пределами стартовой секции.

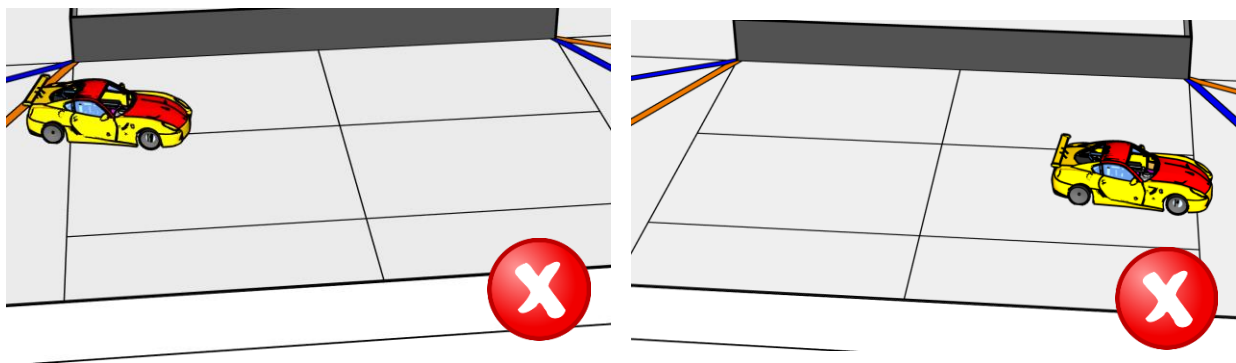


Решение о том, находится ли транспортное средство в зоне старта или нет, возможно только в том случае, если транспортное средство остановилось и не двигалось в течение как минимум 30 секунд.

Стартовая зона помечена зеленым цветом на схемах ниже



**Рис. 18. Автомобиль полностью финишировал в пределах стартовой секции.**

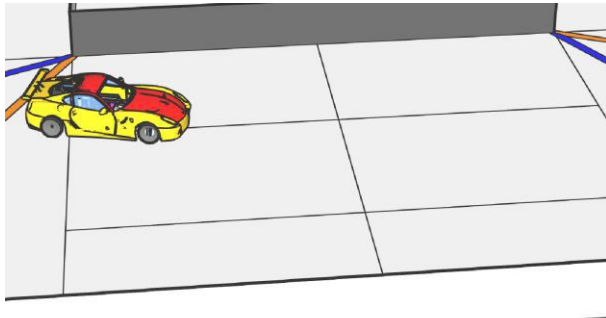


**Рис. 19. Автомобиль финишировал за пределами стартовой секции.**

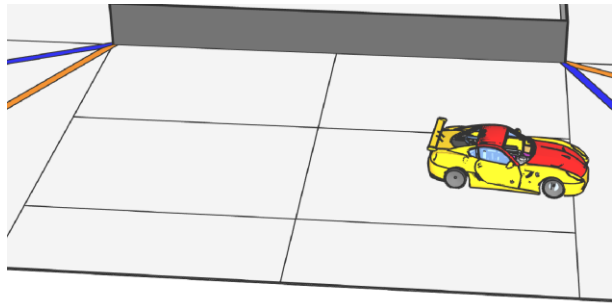
### 10.3. Прохождение стартового участка после трех кругов.

Судьи остановят время и закончат раунд, как только после трех кругов машина проедет стартовый участок.

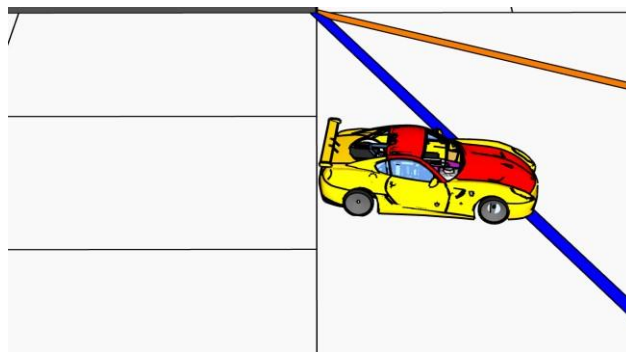
По завершении трех кругов возможны следующие ситуации:



(a) автомобиль движется в стартовую зону



(b) автомобиль выезжает из стартовой зоны

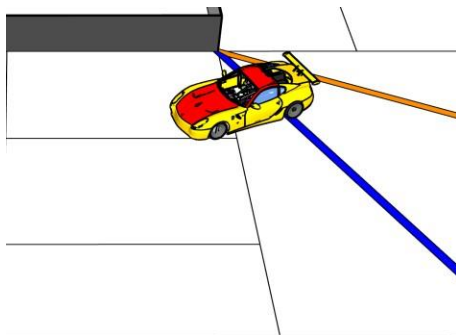


(c) автомобиль выехал из стартовой зоны

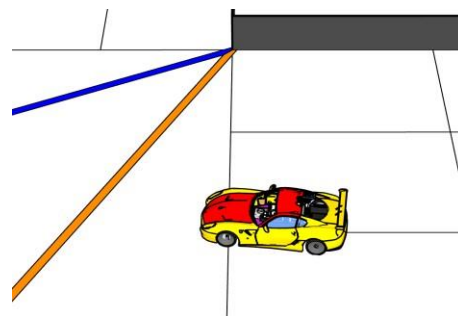
**Рисунок 20. Этапы прохождения зоны старта автомобилем, движущимся против часовой стрелки.**

Если машина все еще движется, судья не останавливает время в фазах (a) и (b). Но как только машина полностью окажется в угловой зоне, фаза (c), раунд будет закончен.

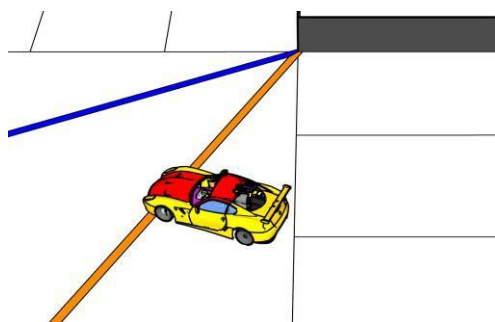
То же самое применимо, в случае движения автомобиля по часовой стрелке.



(a) автомобиль едет в стартовую зону



(b) автомобиль выезжает из стартовой зоны



(с) автомобиль выехал из стартовой зоны

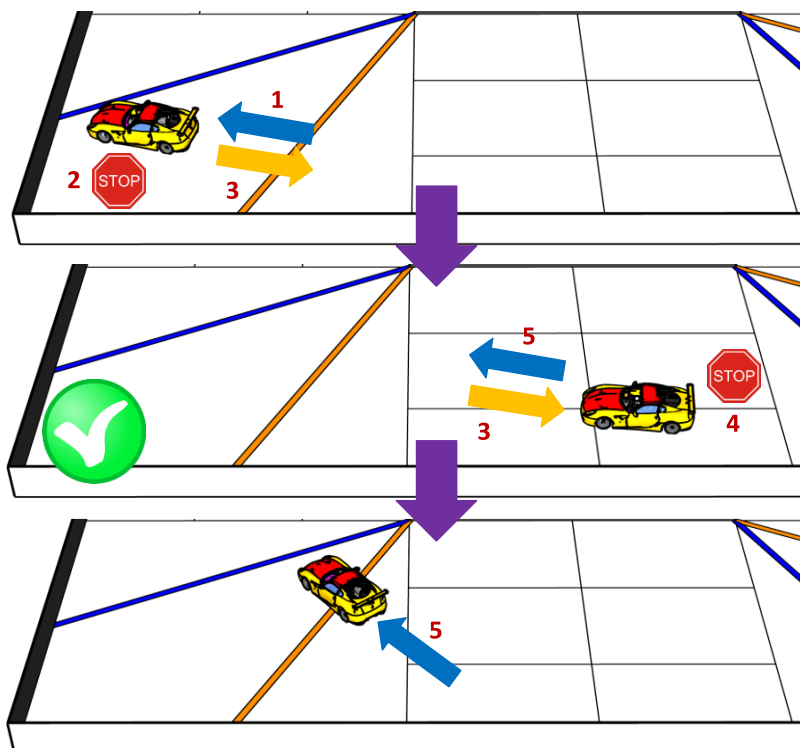
**Рисунок 21. Фазы прохождения стартовой зоны автомобилем, движущимся по часовой стрелке.**

#### 10.4. Движение в обратном направлении

Во время раунда транспортному средству разрешается движение в направлении, противоположном направлению движения тура, только на двух участках: участке, направление которого было изменено, и соседнем участке.

Рассмотрим несколько случаев:

**Случай 1: автомобиль начал движение в обратном направлении и полностью остановился на соседнем участке**



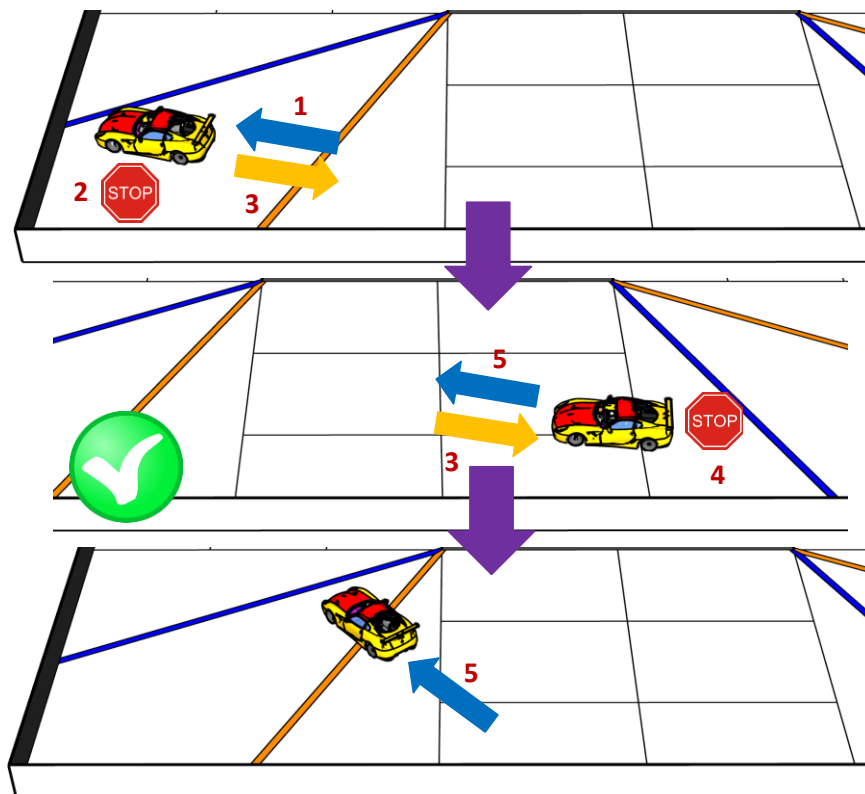
**Рисунок 22. Допускается движение в направлении, противоположном угловому участку.**

На рисунке выше направление движения в туре - по часовой стрелке (обозначено **зеленой пунктирной стрелкой у стены**):

- фаза 1: автомобиль подъехал на угловой участок
- фаза 2: остановился
- фаза 3: начал движение назад
- фаза 4: автомобиль остановился на прямом участке, не пересекая границу участка со следующим участком.
- фаза 5: продолжил движение в направлении движения матча.

Такой маневр разрешен.

**Случай 2: автомобиль начал движение в обратном направлении и остановился на линии между двумя участками.**



**Рис. 23. Допускается остановка на границе между следующим участком и участком после него при движении в обратном направлении.**

На рисунке выше направление движения в туре - по часовой стрелке (обозначено **зеленой пунктирной стрелкой у стены**):

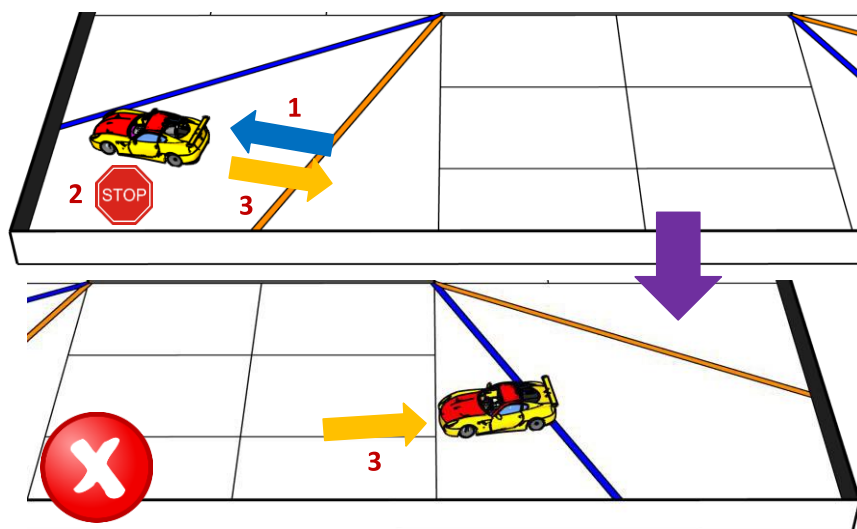
- фаза 1: автомобиль прибыла на угловой участок
- фаза 2: остановился

- фаза 3: начал движение назад
- фаза 4: автомобиль остановился на границе со следующей секцией
- - этап 5: продолжил движение в направлении движения в туре.

Допускается и такая последовательность движений

### Случай 3: автомобиль начал движение в обратном направлении и полностью выехал за пределы соседнего участка

Если машина пересекает границу между соседним участком и участком после него, раунд будет остановлен



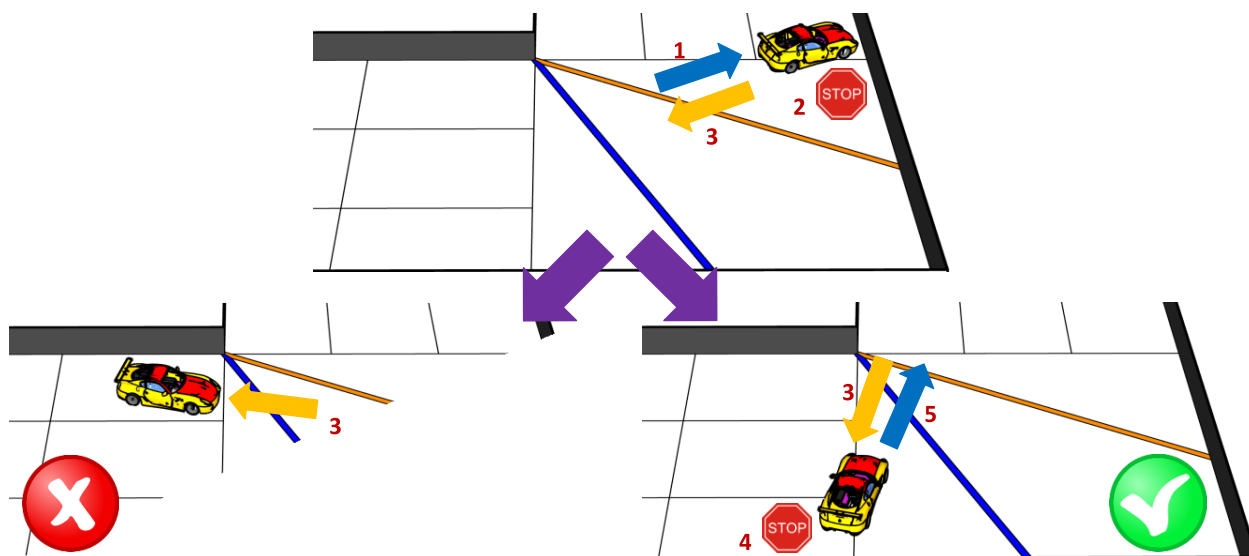
**Рис. 24. Выезд за пределы соседнего участка при движении в обратном направлении запрещено**

На рисунке выше:

- фаза 1: автомобиль изначально движется в направлении движения в туре - по часовой стрелке (обозначено зеленой пунктирной стрелкой у стены)
- фаза 2: остановлен
- фаза 3: начал движение в противоположном направлении и пересек два участка, так, что автомобиль оказался полностью за пределами соседнего участка.

### Случай 4: машина изменила направление на границе между двумя участками

Если транспортное средство изменило направление движения, когда его проекция на поле пересекла линию между двумя секциями, то передняя секция считается первой, определяющей самую дальнюю секцию, которой в разрешено движение в противоположном направлении.



**Рисунок 25. Самый дальний участок для движения в противоположном направлении, когда транспортное средство частично остановилось в этом участке**

В левой части рисунка выше рассматривается финал следующего сценария:

- Фаза 1: автомобиль первоначально двигался по трассе против часовой стрелки (отмечено зеленой пунктирной стрелкой рядом со стеной)
- фаза 2: он остановился на линии между двумя секциями – передний участок в направлении движения в туре считается участком, где направление было изменено
- Фаза 3: он продолжил движение в противоположном направлении и полностью проехал участок, который является соседним с участком, где направление было изменено.

Такое поведение приведет к немедленной остановке раунда.

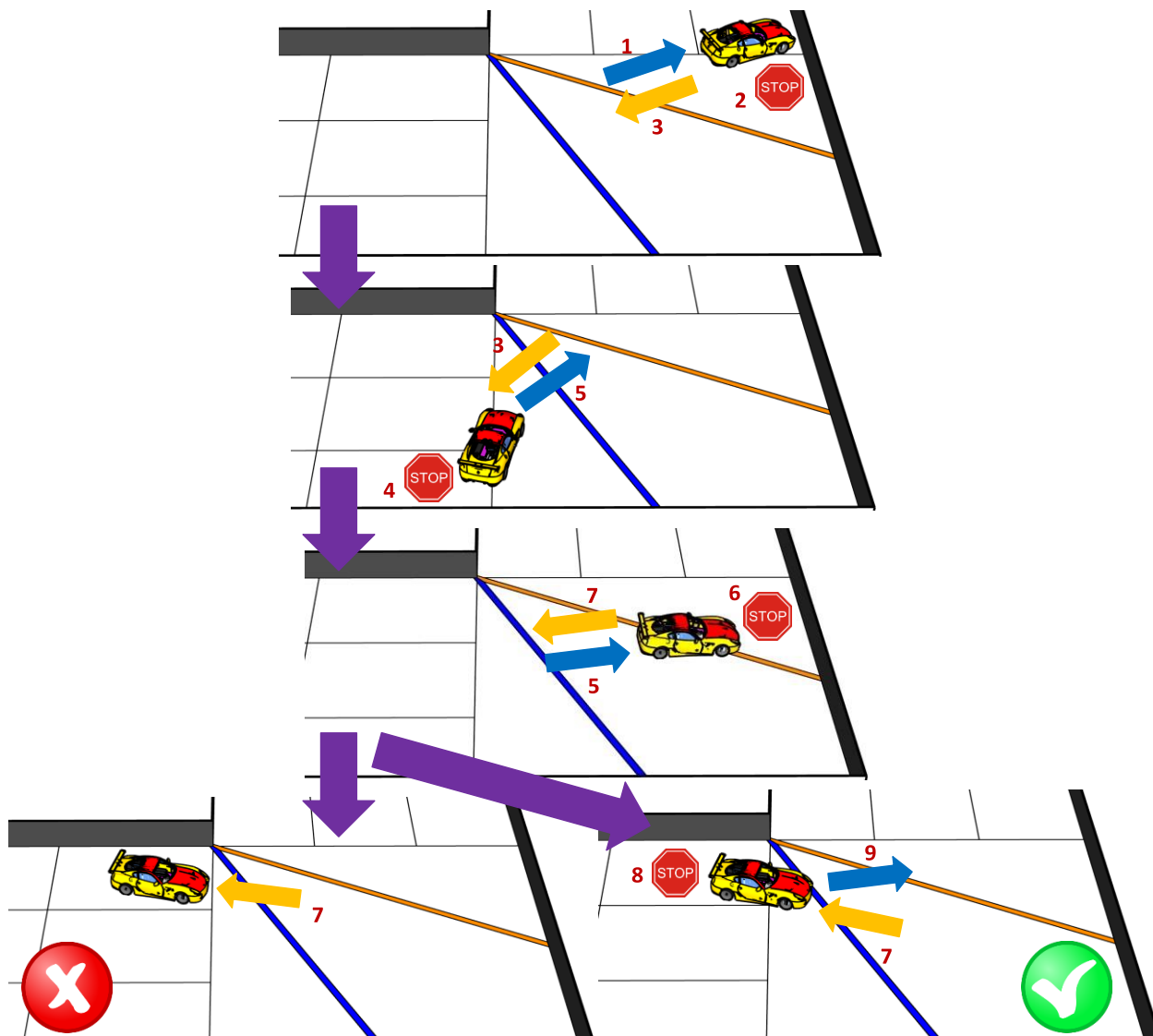
Сценарий, при котором раунд продолжится:

- Фаза 1: автомобиль первоначально двигался по трассе против часовой стрелки (отмечено зеленой пунктирной стрелкой рядом со стеной)
- фаза 2: он остановился на линии между двумя секциями – передняя секция в направлении движения в раунде считается секцией, где направление было изменено
- Фаза 3: он изменил направление и начал двигаться в противоположном направлении
- Этап 4: автомобиль остановился на границе двух участков
- фаза 5: он продолжил движение против часовой стрелки

Поскольку проекция транспортного средства все еще частично находится в соседней секции, раунд не останавливается.

### **Случай 5: изменение направления несколько раз**

Транспортному средству разрешается несколько раз менять направление движения, но самый дальний участок для движения в противоположном направлении считается ближайшим к финишу участком где направление было изменено в первый раз:



**Рис.26. Разрешение на изменение направления несколько раз учитывается исходя из ближайшего к финишу участка**

Приведенный выше рисунок позволяет рассмотреть различные ситуации, когда транспортное средство несколько раз меняет направление движения:

- Фаза 1: автомобиль первоначально двигался по трассе против часовой стрелки (отмечено зеленой пунктирной стрелкой рядом со стеной)
- фаза 2: остановился на линии между двумя секциями – передний участок в направлении движения в раунде считается участком, где направление было изменено
- Фаза 3: он изменил направление и начал двигаться в противоположном направлении
- фаза 4 и 5: автомобиль остановился в соседнем участке - за участком, где первоначально было изменено направление движения, а затем продолжил движение в правильном направлении

- фаза 6 и 7: автомобиль еще раз изменил направление движения, но это не учитывается, так как предыдущий участок, где направление было изменено на противоположное, находится ближе к финишу
- если автомобиль полностью выедет из соседней секции, двигаясь в противоположном направлении в раунде направлении, то раунд будет остановлен (левая сторона рисунка)
- если только часть проекции транспортного средства находится в секции рядом с соседней секцией, это не будет рассматриваться как причина для остановки раунда (правая сторона рисунка)

### Случай 6: прохождение дорожных знаков в обратном направлении

Необходимо отметить, что правила проезда дорожных знаков являются обратными, когда транспортное средство движется в обратном направлении – красный столбик должен быть пройден слева, зеленый столбик должен быть пройден справа.

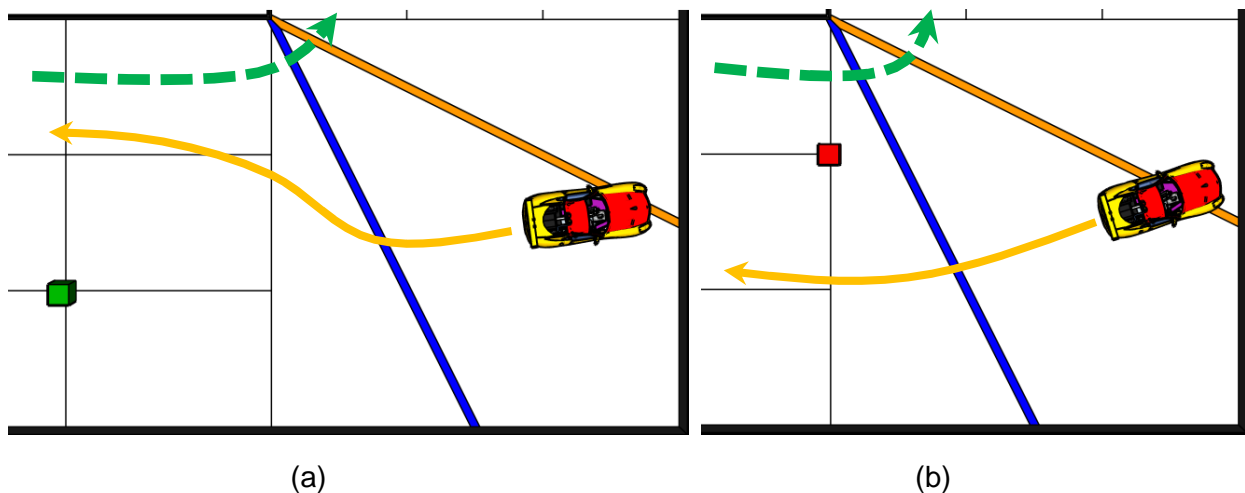


Рис.27. Перевернутое правило о проезде дорожных знаков при движении в обратном направлении: а) зеленый столбик должен быть пройден справа, б) красный столбик должен быть пройден слева

### Случай 7: Движение задом наперед

Движение задом наперед допускается, если транспортное средство движется в соответствующем направлении движения.



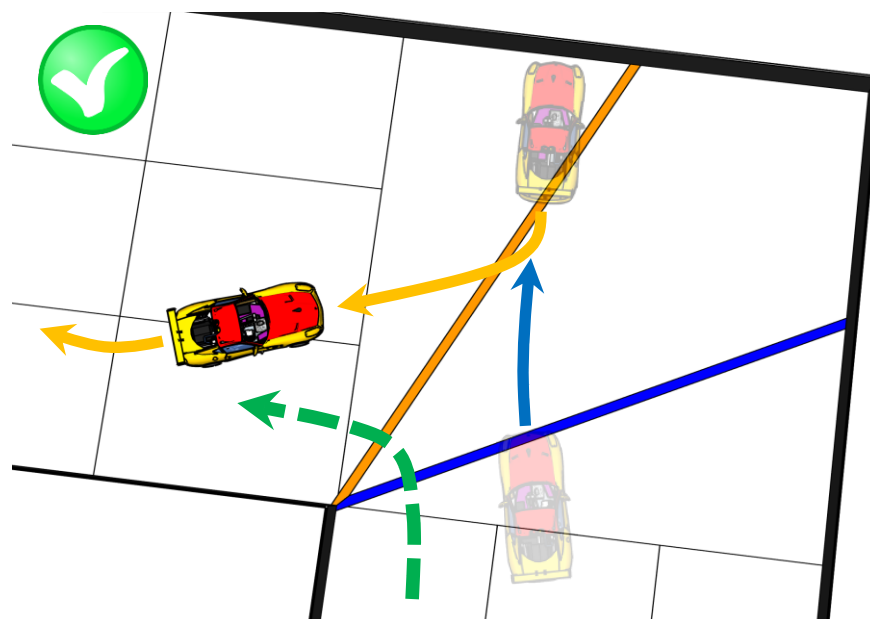
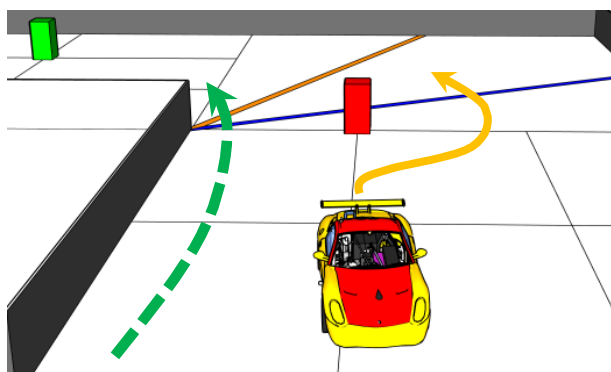
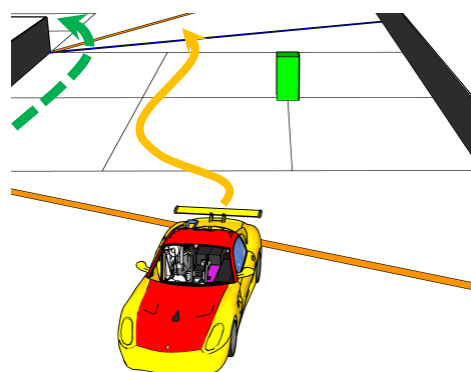


Рис.28. Движение задом наперед в направлении движения в раунде

В этом направлении правила проезда дорожных знаков применяются к транспортному средству таким же образом – красный столбик должен быть пройден справа, зеленый столбик должен быть пройден слева.



(a)



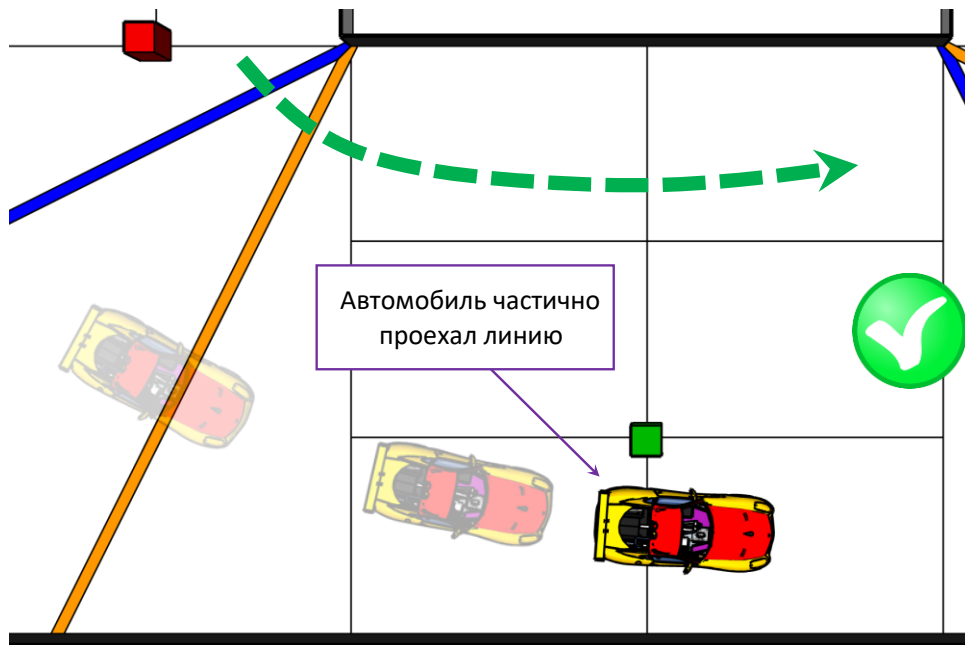
(b)

Рисунок 29. Правила прохождения дорожных знаков при движении задом наперед

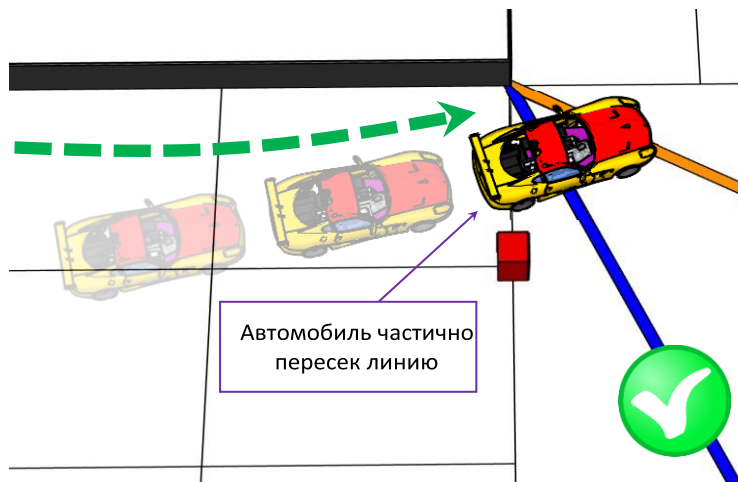
## 5. Прохождение дорожных знаков с неправильной стороны

Хотя не разрешается проезжать дорожные знаки с неправильной стороны, существует порог, который может быть использован транспортным средством для распознавания неисправного состояния и исправления поведения.

Если транспортное средство начало проезжать дорожный знак неправильно, то время не будет остановлено, если транспортное средство не пройдет полностью линию, идущую от внутренней стены к внешней стене (далее – радиус) и где расположен дорожный знак.

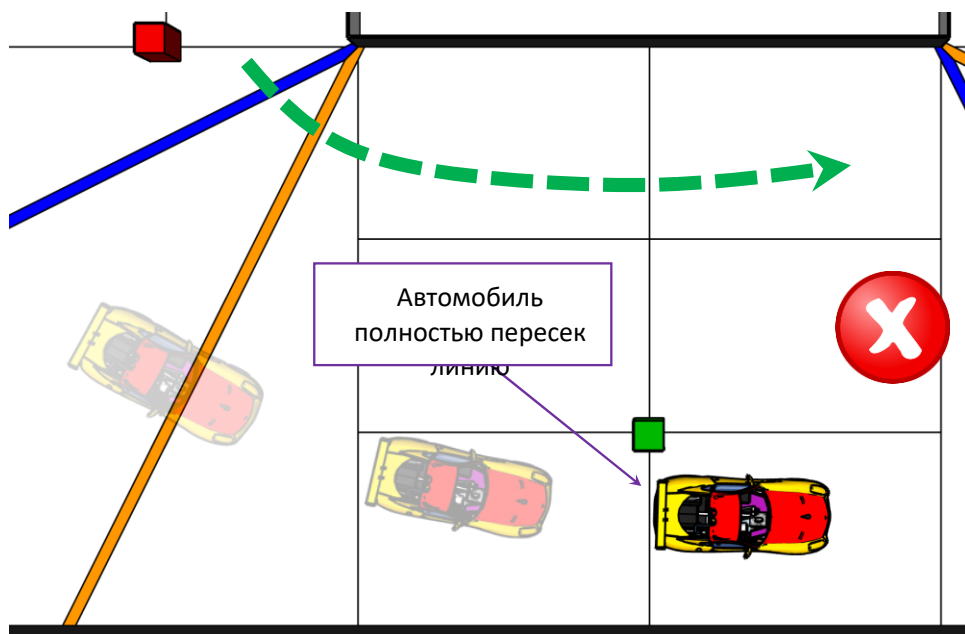


**Рисунок 30. Автомобиль не проехал радиус при движении справа от зеленого столбика**

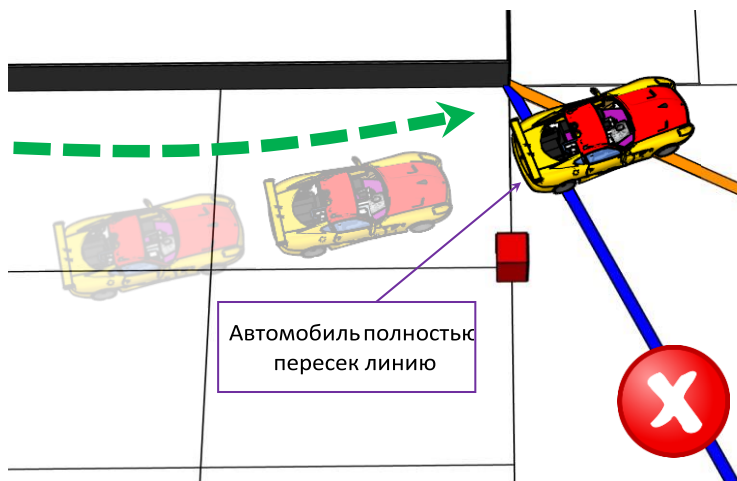


**Figure 31. Автомобиль не проехал радиус при движении справа от красного столбика**

Как только радиус будет полностью пересечен транспортным средством судья остановят раунд



**Рисунок 32. Автомобиль полностью пересек радиус с правой стороны зеленого столбика**



**Рисунок 33. автомобиль полностью пересек радиус с левой стороны от красного столбика**

Точно то же самое относится и к случаю, когда транспортное средство движется задом наперед в направлении движения в раунде

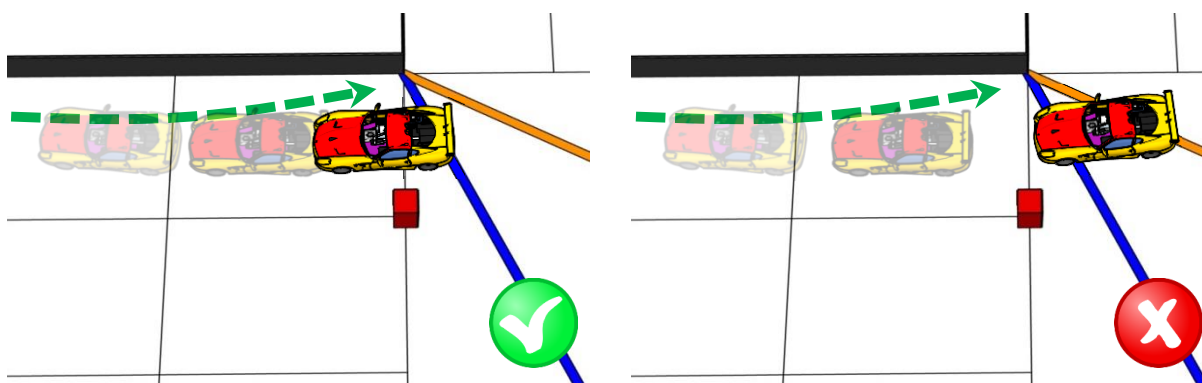


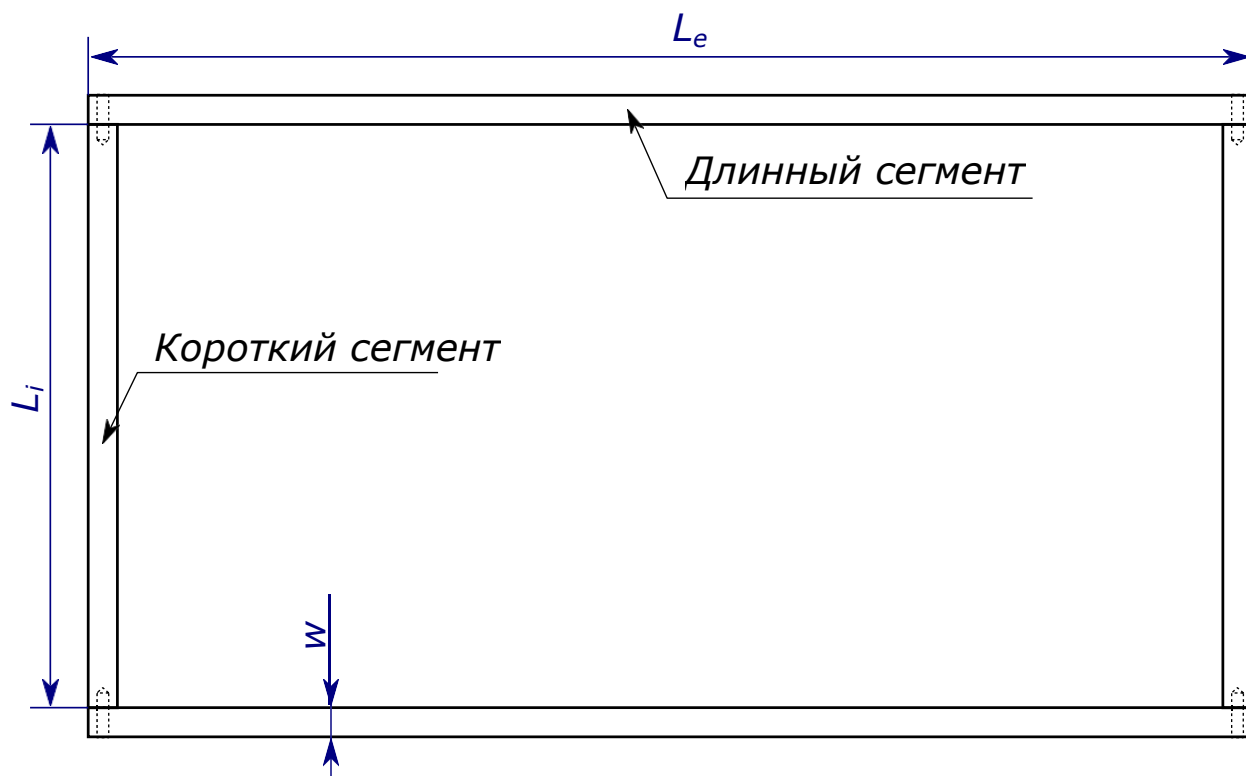
Рис.34. автомобиль проходит радиус двигаясь задом наперед

## 11. Приложение В. Игровое поле для национальных или региональных финалов

Основное отличие подготовки игрового поля к национальному / региональному финалу от международного финала заключается в том, как построить внутренние борты, поскольку конфигурация бортов зависит от жеребьевки, которая происходит перед каждым квалификационным туром.

Ниже приведены рекомендации, которые можно использовать для подготовки бортов

Прежде всего, эта рекомендация предполагает, что материалом внутренних бортов является дерево/ДСП/МДФ. Борты состоят из четырех частей: двух длинных сегментов и двух коротких сегментов, причем толщина каждого сегмента одинакова. Эти сегменты фиксируются вместе с помощью винтов и гаек. Высота сегментов - 100 мм. Цвет сегментов-черный.



**Рисунок 35. Схема сегментов, используемых для внутренних бортов**

Таким образом, все возможные конфигурации внутренних бортов могут быть воспроизведены, если будут подготовлены следующие наборы сегментов:

Длинные сегменты	Короткие сегменты
2 сегмента по 1000 мм	2 сегмента по $(1000-2w)$ мм
2 сегмента по 1333 мм	2 сегмента по $(1333-2w)$ мм
2 сегмента по 1666 мм	2 сегмента по $(1666-2w)$ мм
	где " $w$ " - толщина сегмента

Например, если толщина сегмента равна 17 мм, то длина коротких сегментов составит 966 мм, 1299 мм и 1632 мм.

После жеребьёвки перед раундом соответствующая комбинация сегментов собирается и фиксируется винтами и располагается на поле. Чтобы автомобиль не смог сдвинуть конструкцию, можно воспользоваться упорами, расположив их с внутренней стороны бортов.

## 12. Приложение С. Рекомендации по оценке документации беспилотного автомобиля

Обзор документации - это совершенно новый процесс среди задач WRO. Он позволяет лучше понять критерии, по которым можно получить баллы за соответствующие элементы в оценочном листе.

Ниже представлена таблица с баллами и критериями

Что оценивается?	Макс. балл	Критерии оценивания
Фотография команды	1	<b>0 баллов</b> – фотографии отсутствуют или предоставлена только одна фотография (неважно, официальная или не официальная) <b>1 балл</b> – предоставлены 2 фотографии и они хорошего качества (официальная и не официальная)
6 фотографий машины	1	<b>0 баллов</b> - предоставлено недостаточно фотографий или они сделаны с неправильной стороны, либо это не фото машины, либо качество фото не позволяет исследовать расположение деталей машины и их конструкцию. <b>1 балл</b> - предоставляется за каждую фотографию на каждую сторону, и фотографии должны быть сделаны с хорошим качеством.
Ссылка на <a href="#">Youtube</a>	2	<b>0 баллов</b> - видео не предоставлено, или видео недоступно, или видео низкого качества. Неясно, что это тот же автомобиль, что и на фотографиях, или период <b>движения</b> на видео меньше 30 секунд. <b>1 балл</b> - видео хорошего качества и показывает вождения только для одной задачи: движение без дорожных знаков или движение с дорожными знаками. <b>2 балла</b> - на видео представлен небольшой обзор техники от участников, показано движение на настоящем поле (или очень похожем), решение обеих задач продемонстрировано в полной мере.
Схематичное представление электромеханического устройства машины	4	<b>0 баллов</b> – схема отсутствует или не соответствует описанному формату, поэтому нет возможности её изучить. <b>1 балл</b> - представлена схема, на которой указаны основные компоненты и логика их подключения. <b>2 балла</b> - подготовлены одна или несколько схем, охватывающих все компоненты, используемые в машине, логика подключения схемы понятна. <b>3 балла</b> - одна или несколько диаграмм подготовлены с использованием промышленных стандартов, но есть очевидные проблемы. Скорее всего не удастся воспроизвести реальное устройство по схеме, так как она не содержит достаточно информации. <b>4 балла</b> - одна или несколько схем подготовлены с использованием промышленных стандартов без очевидных проблем. Можно легко собрать реальное устройство на основе схем.
Код на <a href="#">GitHub</a>	2	<b>0 баллов</b> - ссылка на <a href="#">репозиторий GitHub</a> не указана или недоступна, либо содержание <a href="#">репозитория</a> не соответствует требованиям: - в истории <a href="#">коммитов</a> должно быть не менее 3 <a href="#">коммитов</a> : первый не позже чем за 2 месяца до конкурса и он должен содержать не менее 1/5 окончательного кода, второй не позднее, чем за 1 месяц до соревнований, третий не позднее, чем за 1 день до соревнований - в <a href="#">репозитории</a> должен быть файл README.md с кратким описанием на английском языке (не менее 5000 знаков) <b>1 балл</b> - код <a href="#">репозитория</a> соответствует требованиям, описанным выше. Файл README.md дает базовое представление о содержимом <a href="#">репозитория</a> . (файл содержит не менее 5000 знаков). <b>2 балла</b> - код хорошо структурирован и документирован, предполагается, что этот же код будет использоваться на устройстве во время соревнований. Помимо предоставленных описаний, файл README.md можно использовать как руководство для сборки / компиляции и загрузить программу в любой контроллер транспортного средства.

Возможный процесс оценки документации:

1. Не менее трех судей оценивают документацию
2. Каждый судья знакомится с документацией на автомобиль и дает свою оценку по каждому пункту в соответствии с описанными критериями. Судье не разрешается пропускать какие-либо оценочные пункты. В этот момент обсуждение между судьями запрещено. Оценка основана на понимании судьей критериев и его ощущении того, насколько соответствующие критерии отражены в документации - это не сравнение материалов документации, предоставленных несколькими командами между собой.
3. По каждому критерию считается среднее значение из баллов выставленных судьями.
4. Сумма всех усредненных баллов - это итоговая оценка документации по автомобилю для команды.

## **13. Приложение D. Минимальный набор электромеханических компонентов.**

Ниже представлен список оборудования, которое может быть использовано для электромеханических частей автомобиля. Это скорее предложение, чем требования, оно не является обязательным для использования. Команды сами решают, использовать эти предложения или нет.

- Одноплатный компьютер: он будет использоваться для обработки видео в реальном времени, анализа данных поступающих от датчиков, пересылки данных или управлением контроллером мотора.
- Одноплатный микроконтроллер и motor shield: эта комбинация оборудования позволяет управлять сигналами от главного SBC и работает с двигателями.
- Широкоугольная камера
- Два датчика расстояния. Два датчика освещенности
- Сервоприводы для управления рулевым механизмом.
- Двигатель постоянного тока с коробкой передач: он контролирует скорость автомобиля.
- Как минимум один энкодер: он позволяет транспортному средству измерять угловую скорость двигателя постоянного тока.
- IMU (инерциальный измерительный блок) - обычно это комбинация гироскопа и акселерометра: его можно использовать для улучшения навигации автомобиля.
- Две батареи: одна для одноплатного компьютера и одноплатного микроконтроллера, другая для двигателей
- Стабилизатор напряжения: требуется обеспечить соответствующее питание для одноплатного компьютера или одноплатного микроконтроллера.

- Два переключателя для подключения аккумуляторов к потребителям электроэнергии: одноплатного компьютера или одноплатного микроконтроллера, электродвигателя.
- Кнопка: ее можно использовать как триггер для начала матча

Пример конфигурации транспортного средства:

- Шасси от автомобиля с дистанционным управлением (RC).
- Основной контроллер - Raspberry Pi 3 (<https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-3-model-b-plus/>) и карта MicroSD для хранения операционной системы и программ.
- Модуль камеры (<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>) с дополнительным широкоугольным объективом.
- Контроллер двигателя и датчики - Arduino UNO (<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>) с макетной платой для прототипирования (<https://store.arduino.cc/proto-shield-rev3-uno-size>)
- Контроллер двигателя постоянного тока (<https://www.robotshop.com/en/cytron-13a-5-30v-single-dc-motorcontroller.html>)
- Двигатель постоянного тока для привода автомобиля (может быть частью шасси)
- Серводвигатель для рулевого управления (может быть частью шасси)
- Датчик IMU (<https://www.sparkfun.com/products/13762>)
- 2 ультразвуковых датчика расстояния (<https://www.sparkfun.com/products/15569>)
- 2 аналоговых датчика линии (<https://www.sparkfun.com/products/9453>)
- Поворотный энкодер (<https://www.sparkfun.com/products/10790>)
- Внешний аккумулятор USB с концентратором для разделения потребления между Raspberry Pi и Ардуино
- Дополнительная батарея для питания двигателя постоянного тока (может быть частью шасси)