

ОБЩИЕ ПРАВИЛА

ВЕРСИЯ: 1 ДЕКАБРЯ 2025 – ЭМБАРГО!



БУДУЩЕЕ ИНЖЕНЕРЫ

АВТОПИЛОТ
АВТОМОБИЛЬНЫЙ
ВЫЗОВ

ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА:
14-22

WRO® 2026 БЕСПИЛОТНЫЕ АВТОМОБИЛИ

Международные премиальные партнёры WRO



Международные золотые партнёры WRO



Содержание

1. Общая информация.....	3
2. Определения команд и возрастных групп	5
3. Обязанности и собственная работа команды	5
4. Документы игры и иерархия правил.....	7
5. Описание игры и поле игры	7
6. Правило неожиданности	10
7. Инженерная документация на GitHub.....	10
8. Раунды вызовов	13
9. Конкретные правила игры	19
10. Подсчёт очков.....	23
11. Материалы и правила транспортных средств	26
12. Формат соревнований и правила	27
13. Игровой стол и оборудование	29
14. Глоссарий.....	33
Приложение А: Пояснительные схемы.....	35
Приложение В: Поле для национальных и региональных финалов	51
Приложение С: Оценка инженерных журналов	53
Приложение D: Минимальный набор электромеханических компонентов	68

Обновления по общим правилам с 2025 по 2026 годы

Существенные изменения и дополнения в правилах отмечены **жёлтым цветом**. В этом списке представлены самые большие изменения:

6.	В 2026 году будут применяться неожиданные правила.
7.	Разъяснения относительно сроков и оценки документации.
8. и 10.	Очки за старт на парковке начисляются только при завершении полного раунда.
12.11.	Роботы должны оставаться на площадке во время многодневных соревнований.
A.3.	Уточнение по поводу выхода из стартовой секции после трёх раундов.
C.	Новые рубрики оценки и дополнительная информация по документации.

Обратите внимание, что в течение сезона могут быть внесены уточнения или дополнения к правилам в официальном разделе вопросов и ответов WRO. Ответы рассматриваются как дополнение к правилам. Вопросы и ответы WRO 2026 вы можете найти на этой странице: <https://wro-association.org/competition/questions-answers/>

ВАЖНО: Использование этого документа на национальных турнирах

Правила этого документа применяются для судейства на международных соревнованиях. Этот документ с правилами создан для всех мероприятий WRO по всему миру, но для национальных соревнований национальный организатор WRO имеет право адаптировать эти международные правила под местные обстоятельства. Все команды, участвующие в национальном соревновании WRO, должны использовать

Общая информация

Введение

В категории WRO Будущие инженеры команды должны сосредоточиться на всех этапах инженерного процесса. Команды получают баллы за документирование процесса и создание публичного репозитория на GitHub. Каждый год в вызовах вносится изменение на 20–30%. Весь вызов будет меняться каждые 4-5 лет.

В испытании «Автономные автомобили» роботизированный автомобиль должен самостоятельно ездить по паркуру, который случайным образом меняется в каждом этапе соревнований.

Основные направления

Каждая категория WRO уделяет особое внимание обучению с роботами. В категории будущих инженеров WRO студенты будут сосредоточены на развитии в следующих областях:

- Использование компьютерного зрения и синтеза сенсоров для оценки состояния парков и самого транспортного средства.
- Рабочий автомобиль с открытым аппаратным обеспечением, таким как электромеханические компоненты и контроллеры.
- Планирование действий и управление роботами с движущимися частями и кинематикой, отличающейся от дифференциального привода (например, рулевое управление).
- Оптимальные стратегии решения миссии, включая стабильность её выполнения.
- Командная работа, коммуникация, решение проблем, управление проектами, креативность.
- Инженерный журнал для демонстрации прогресса и стратегий проектирования.

Для команд, заинтересованных в участии в этой категории, был создан гайд «Начало работы». В этом руководстве подробно объясняются требования к автомобилю, возможные технические решения и ошибки. Здесь студенты могут начать понимать, как настроить транспорт для этого конкурса. [Посмотрите руководство «Начало» здесь!](#)

Обучение — это самое важное,

WRO стремится вдохновлять учащихся по всему миру на предметы, связанные с STEM, и мы хотим, чтобы ученики развивали свои навыки через игровое обучение на наших соревнованиях. Поэтому следующие аспекты являются ключевыми для всех наших соревновательных программ:

- ❖ Учителя, родители или другие взрослые могут помогать, направлять и вдохновлять команду, но им запрещено создавать или программировать робота.
- ❖ Команды, тренеры и судьи принимают наши Руководящие принципы WRO и Кодекс этики WRO, которые должны дать нам знать о честном и полноценном соревновании.
- ❖ В день соревнований команды и тренеры уважают окончательное решение, которое принимают судьи, и работают с другими командами и судьями над справедливым конкурсом.

Больше информации о Кодексе этики WRO вы найдёте здесь: link.wro-association.org/Ethics-Code

A. Определения команд и возрастных групп

- 1.1. Команда состоит из 2 или 3 учеников.
- 1.2. Командой руководит тренер.
- 1.3. 1 участник команды и 1 тренер не считаются командой и не могут участвовать.
- 1.4. Команда может участвовать только в одной из категорий WRO за сезон.
- 1.5. Любой студент может участвовать только в одной команде.
- 1.6. Минимальный возраст тренера на международном мероприятии — 18 лет.
- 1.7. Тренеры могут работать с несколькими командами.
- 1.8. Возрастная группа для этой категории определяется для учащихся в возрасте от 14 до 18 лет. (В сезоне 2026: родились 2008-2012)
- 1.9. Максимальный возраст отражает возраст, который участник достигает в календарном году соревнования, **а не** его/её возраст на день соревнования.

Б. Обязанности и собственная работа команды

- 2.1. Команда должна играть честно и уважительно относиться к командам, тренерам, судьям и организаторам соревнований. Участвуя в WRO, команды и тренеры принимают руководящие принципы WRO, которые можно найти по адресу: link.wro-association.org/Ethics-Code.
- 2.2. Каждая команда и тренер должны подписать Кодекс этики WRO. Организатор конкурса определит, как собирается и подписывается Кодекс этики.
- 2.3. Кодирование транспортного средства и его конструкции (если применимо) может выполняться только командой. Задача тренера — сопровождать команду организационно и заранее поддерживать её при возникновении вопросов или проблем, но не заниматься программированием транспортного средства и его конструкции (если применимо). Это относится как к дню соревнования, так и к подготовке к соревнованиям.
- 2.4. Команде запрещено общаться с людьми вне зоны соревнований во время проведения соревнований. Если необходима коммуникация, судья может разрешить членам команды общаться с другими под наблюдением судьи.
- 2.5. Членам команды запрещено приносить и использовать мобильные телефоны или другие средства связи в зоне соревнований.
- 2.6. Повреждение или вмешательство в корты/столы, материалы или транспортные средства других команд запрещены.
- 2.7. Не разрешается использовать программу управления автомобилем, которая (а) идентична или слишком похожа на решения, продаваемые в интернете, или (б) идентична или слишком похожа на другое решение на конкурсе и явно не является собственной работой команды. Это включает решения от команд того же учреждения и/или страны. Роботизированные транспортные средства, построенные из модульных наборов и компонентов, будут проверены на плагиат. Поскольку в конкурсе могут использоваться произведенные автомобили/комплекты, эти автомобили не будут проверяться на плагиат.

- 2.8. Если есть подозрение в отношении правила 3.3 и 3.7, команда будет подвергаться расследованию и любым последствиям, как указано в 3.9 могу подать заявку. Особенно в таких случаях правило 2.9.4 может использоваться для того, чтобы не дать этой команде пройти в следующий турнир, даже если команда выиграет соревнование с решением, которое, скорее всего, не является её собственным.
- 2.9. Если какие-либо из правил, указанных в данном документе, нарушаются или нарушаются, судьи могут принять решение по одному или нескольким из следующих последствий. Перед этим команда или отдельные члены команды могут пройти собеседование, чтобы узнать больше о возможном нарушении правил. Это может включать вопросы о транспортном средстве или программе.
 - 2.9.1. Команде не разрешается участвовать в одном или нескольких раундах испытаний.
 - 2.9.2. Команда может получить до 50% снижения счёта в одном или нескольких раундах испытаний.
 - 2.9.3. Команда может не пройти в следующий раунд турнира.
 - 2.9.4. Команда может не квалифицироваться в национальный или международный финал.
 - 2.9.5. Команда может быть полностью дисквалифицирована из соревнований

Примечание. Обращаем внимание на ряд часто повторяющихся нарушений правил, которые в предыдущих соревнованиях приводили к штрафам. Просим учитывать следующие пункты, чтобы избежать лишних задержек на корректировки во время соревнований и наложения штрафных санкций:

- **Приводная система:** ведущие колёса должны быть физически соединены между собой, например через редуктор. Использование одного мотора на каждую сторону не допускается (см. правила 11.3 и 11.5).
- **Процедура запуска:** робот должен запускаться в соответствии с установленной процедурой — одна кнопка для включения робота и другая кнопка для запуска программы. Любые дополнительные действия не допускаются (см. правила 9.10 и 9.11).
- **Репозитории GitHub:** репозитории GitHub должны оставаться в открытом и общедоступном доступе не менее одного года после проведения соревнований. В случае несоблюдения этого требования репозиторий будет повторно опубликован Ассоциацией WRO (см. главу 7).
- **Независимая разработка роботов:** каждый робот должен разрабатываться командой самостоятельно (см. главу 3). Совместная разработка роботов с незначительными изменениями, создающими лишь внешнее впечатление различий, не допускается. Такие роботы будут классифицироваться как идентичные. Подобные действия рассматриваются как умышленное введение в заблуждение и являются нарушением Кодекса этики.

B. Документы игры и иерархия правил

- 3.1. Каждый год WRO публикует новую версию общих правил для этой категории, включая конкретное описание игры с беспилотными транспортными средствами. Эти правила лежат в основе всех международных мероприятий WRO.
- 3.2. В течение сезона WRO может публиковать дополнительные вопросы и ответы (Q&A), которые могут уточнить, расширить или переопределить правила в игровых и общих документах с правилами. Команды должны прочитать эти вопросы и ответы перед соревнованием.
- 3.3. Общий документ с правилами и вопросы и ответы могут отличаться в зависимости от страны из-за локальных адаптаций через Национального организатора. Команды должны ознакомиться с правилами, действующими в их стране. Для любого международного события WRO важна только та информация, опубликованная WRO. Команды, квалифицировавшиеся на любое международное мероприятие WRO, должны информировать о возможных отличиях от местных правил.
- 3.4. В день соревнования применяется следующая иерархия правил:
 - 3.4.1. Общий документ с правилами формирует основу для правил в этой категории.
 - 3.4.2. Вопросы и ответы (Q&A) могут перезаписывать правила в игровых и общих документах.
 - 3.4.3. Главный судья в день конкурса имеет последнее слово в любом решении.

Г. Описание игры и поле игры

Испытания с беспилотными автомобилями в этом сезоне — это гонки Time Attack: на трассе не будет одновременно несколько машин. Вместо этого одна машина за попытку пытается показать лучшее время, проезжая несколько кругов полностью автономно. Два вызова следующие:

Открытое испытание: Автомобиль должен пройти три (3) круга по трассе с случайнym расположением внутренних стен трассы.

Испытание с препятствиями: Автомобиль должен пройти три (3) круга по трассе с случайно расположенными зелёными и красными дорожными знаками. Дорожные знаки указывают ту сторону полосы, по которой автомобиль должен следовать. Дорожный знак, который должен держаться **справа** от полосы — **красный столб**. Дорожный знак, который должен держаться **слева** от полосы — это **зелёная колонна**. Автомобиль не должен двигать ни один из дорожных знаков. После того как робот завершит три раунда, ему нужно найти парковку и выполнить параллельную парковку.

Стартовое направление, в котором автомобиль должен ехать по трассе (по часовой стрелке или против часовой стрелки), будет меняться в разных раундах испытаний. Стартовый участок автомобиля, а также количество и расположение дорожных знаков определяются случайнym образом перед этапом (после проверки). Следующий график показывает игровое поле с игровыми объектами.

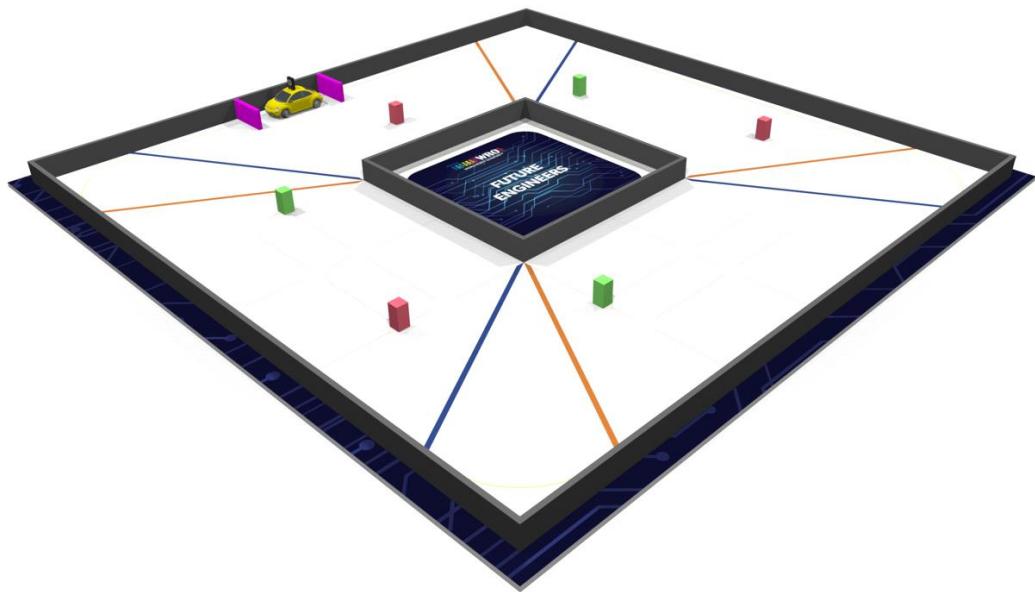


Рисунок 1: Подробное поле игры

Игровое поле представляет собой гоночную трассу, где расположены дорожные знаки (обозначаемые цветными препятствиями — колоннами).

Трасса состоит из восьми секций: четырёх поворотных и четырёх прямых участков. Угловые секции отмечены красными пунктирными линиями на следующей рисунке. Прямые участки отмечены синими пунктирными линиями.

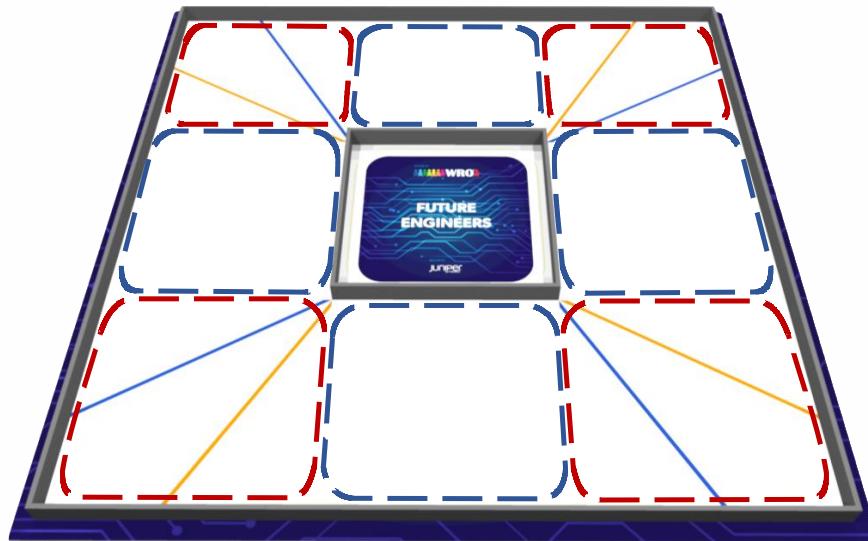


Рисунок 2: Разные типы секций на игровом поле

Каждый простой участок разделён на 6 зон. Шесть внутренних зон в секции предназначены для стартового положения автомобиля. Для размещения дорожных знаков используются 4 Т-образных и 2 Х-образных перекрёстка. Места, где могут быть

установлены дорожные знаки, называются сиденьями дорожных знаков.

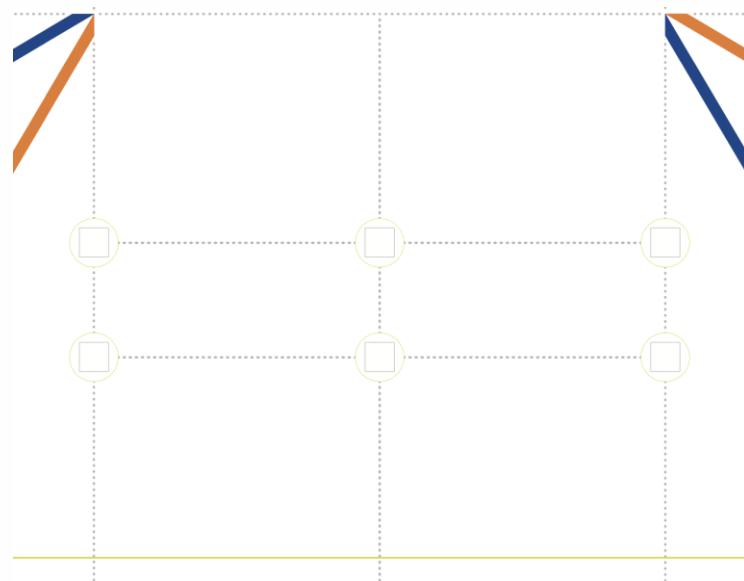


Рисунок 3: Зоны и сиденья дорожных знаков в прямом разделе

В испытании с препятствиями парковка размещается в прямом участке, который используется для запуска робота. Ширина парковки всегда 20 см. Длина переменна и вычисляется: $1,5 * \text{длина робота}$

Парковка ограничена двумя деревянными элементами размером 20 см x 2 см x 10 см в мадженте. Правый элемент размещается прямо рядом с пунктирной линией. Положение левого определено, как описано выше.

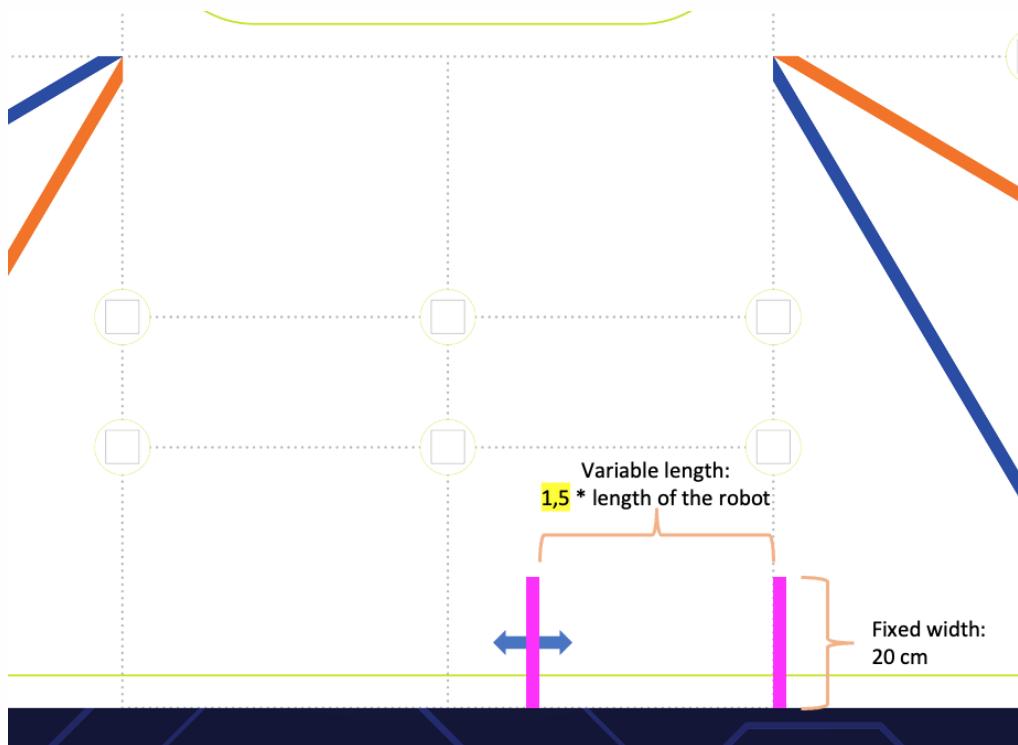


Рисунок 4: Определение размера парковки

Д. Правило неожиданности

Неожиданное правило для международного конкурса может быть объявлено до международного финала. Это правило может добавлять, изменять и изменять существующие правила, и квалифицированные команды смогут подготовиться до мероприятия.

Примечание: Раньше правило неожиданности использовалось нечасто. Ожидается, что правило неожиданности будет использоваться на международных соревнованиях в сезоне 2026 года.

Е. Инженерная документация на GitHub

Настоящее инженерное дело — это создание решения и коммуникация или обмен идеей

с другими, чтобы продвинуть всю идею на новый уровень. Помимо проектирования и программирования транспортного средства, команды должны предоставить документацию, в которой представлены их инженерный прогресс, окончательный дизайн автомобиля и исходный код машины. Эта документация должна быть загружена в публичный репозиторий GitHub, а бумажная копия должна быть представлена на международном финале. Подробности о оценке документации можно найти в Приложении С данного документа. Для международного конкурса вся информация и документация на GitHub должны быть оформлены на английском языке.

Каждая команда должна предоставить следующее:

- Обсуждение, информация и мотивация для мобильности, мощности и чувствительности автомобиля, а также управления препятствиями.
- Фотографии машины (со всех сторон, сверху и снизу) и командная фотография.
- URL на YouTube (должен быть либо публичным, либо доступным по ссылке), показывающий, как автомобиль движется автономно. Та часть видео, где есть демонстрация вождения, должна быть не менее 30 секунд. Для каждого испытания должно быть предоставлено по одному видео.
- Ссылка на **публичный** репозиторий GitHub с кодом всех компонентов, запрограммированных для участия в конкурсе. Репозиторий также может включать файлы моделей, используемых 3D-принтерами, лазерными резками и ЧПУ-станками для производства элементов транспортного средства. История коммитов должна содержать как минимум 3 коммита:
 - первый коммит не позднее чем за 2 месяца до конкурса — он должен содержать не менее 1/5 итогового количества кода.
 - Второе обязательство не позднее чем за месяц до начала соревнования,
 - Третий — не позднее чем за 2 недели до соревнования.
Примечание: этот коммит будет использоваться в основном для оценки и оценки документации. Позднейшие изменения могут не быть включены в партитуру. Убедитесь, что вся важная информация сейчас находится в хранилище.
 - Разрешены дополнительные коммиты.

Репозиторий должен содержать README.md-файл с кратким описанием на английском языке (не менее 5000 символов) спроектированного решения. Цель описания — прояснить, из каких модулей состоит код, как они связаны с электромеханическими компонентами транспортного средства и каков процесс сборки/компиляции/загрузки кода на контроллеры транспортного средства. Шаблон для репозиторий GitHub доступен на <https://github.com/World-Robot-Olympiad-Association/wro2022-fe-template>.

Ссылка на репозиторий GitHub должна быть предоставлена не позднее трёх недель до начала конкурса. Организаторы объявляют точную дату и время. Репозиторий должен быть публичным с момента подачи на международный конкурс и оставаться публичным не менее 12 месяцев после конкурса. Идея Future Engineers — вдохновлять новые команды, поддерживать их в поиске существующих решений и вдохновляться ими. Если репозиторий не становится публичным до мероприятия, команда получает уменьшенные баллы за документацию. Ассоциация WRO имеет право переиздавать репозиторий в любое время.

- Репозитории GitHub должны быть настроены для публичного просмотра, а контент — видимым.
- Код, предоставленный на GitHub и в бумажном виде, должен быть хорошо задокументирован с комментариями в коде. Судьи могут не иметь доступа к конкретным программам, используемым командами для разработки кода, например, EV3, Spike или Scratch.

Примечание: Бумажная версия имеет две цели. С одной стороны, его можно использовать, если репозиторий GitHub недоступен (что может привести к снижению очков). С другой стороны, судьи используют его для отслеживания всех команд и их работы во время соревнования. Основным источником для набора очков является репозиторий GitHub.

Ж. Раунды вызовов

В **международном финале** будет как минимум четыре раунда: два для Open Challenge и два для Hurstacle Challenge. Направление каждого этапа испытания, стартовая позиция и планировка трассы будут выбраны случайным образом. Направление, в котором транспортное средство должно двигаться во время испытаний, определяется как направление вождения.

Раунды открытого вызова

Во время этапов Open Challenge на трассе не будет указано дорожные знаки.

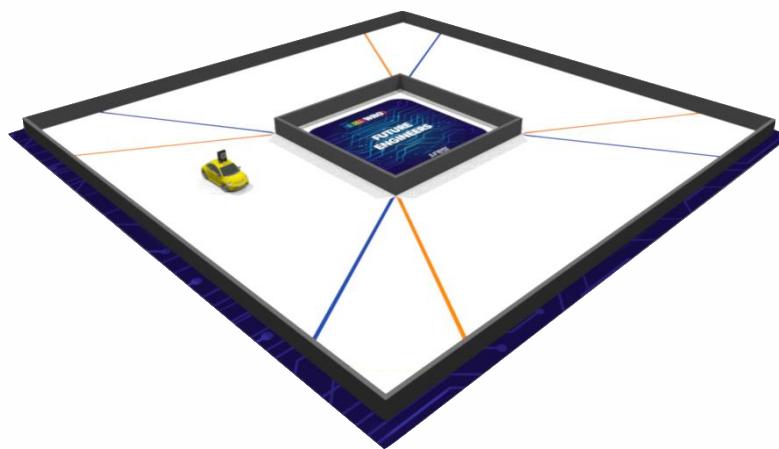


Рисунок 5: Поле игры для раундов первого испытания

Расстояние между границами треков могло составлять либо 1000 мм, либо 600 мм (+/- 100 мм для Международного финала).

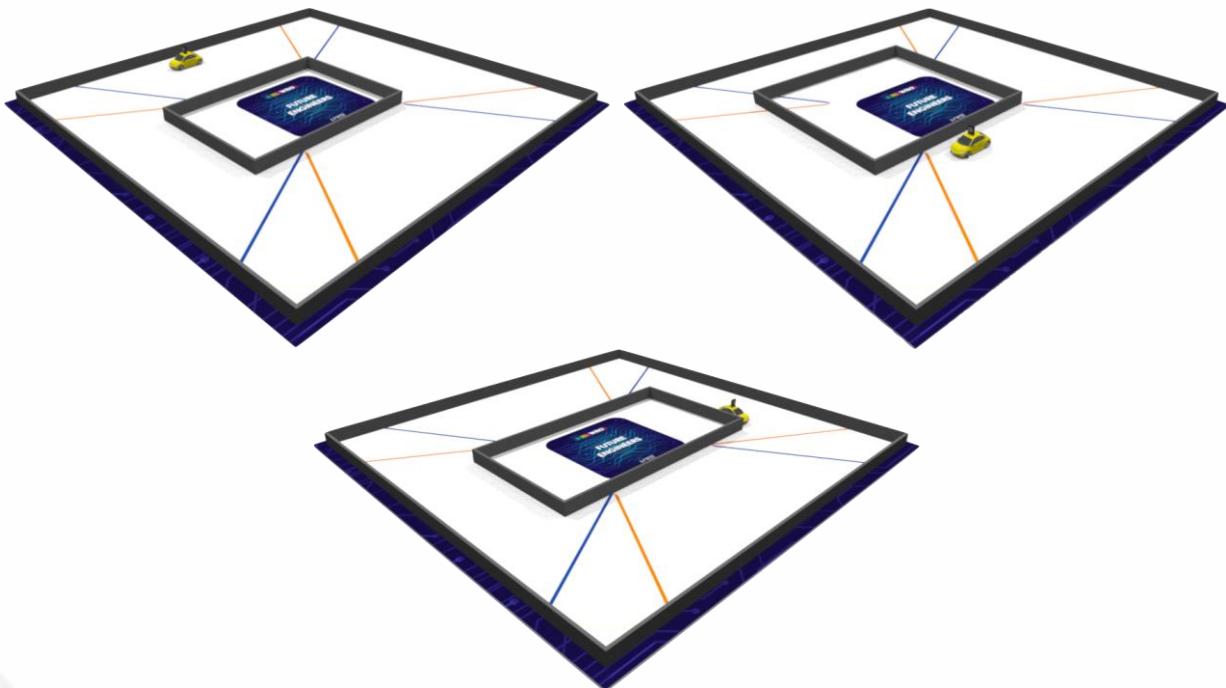


Рисунок 6: Примеры вариаций игрового поля для раундов Open Challenge

После выбора направления движения по трассе можно было использовать следующую процедуру для определения стартовой точки автомобиля и расстояния между границами трассы:

- A. Бросьте монету дважды, чтобы определить стартовый участок. На рисунке ниже показано, какая секция соответствует какой комбинации подбрасываний (например, «решка и орёл» означает, что первый бросок — решка, а второй — орёл).

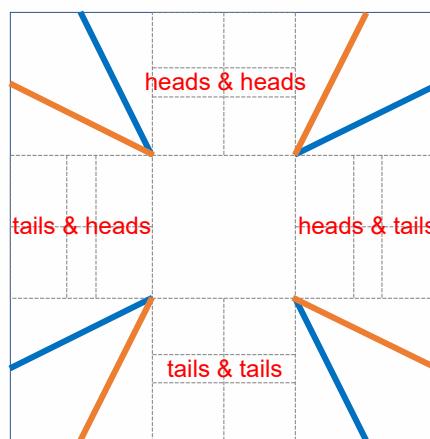


Рисунок 7а. Комбинации для жеребьёвки монеты определяют стартовую секцию

- B. Бросьте монету четыре раза, чтобы определить участок, где расстояние между границами пути будет уменьшено. Первый бросок — для начальной секции, второй — для следующего участка по часовой стрелке и так далее. Орел означает широкий коридор; Решки означают узкий коридор.

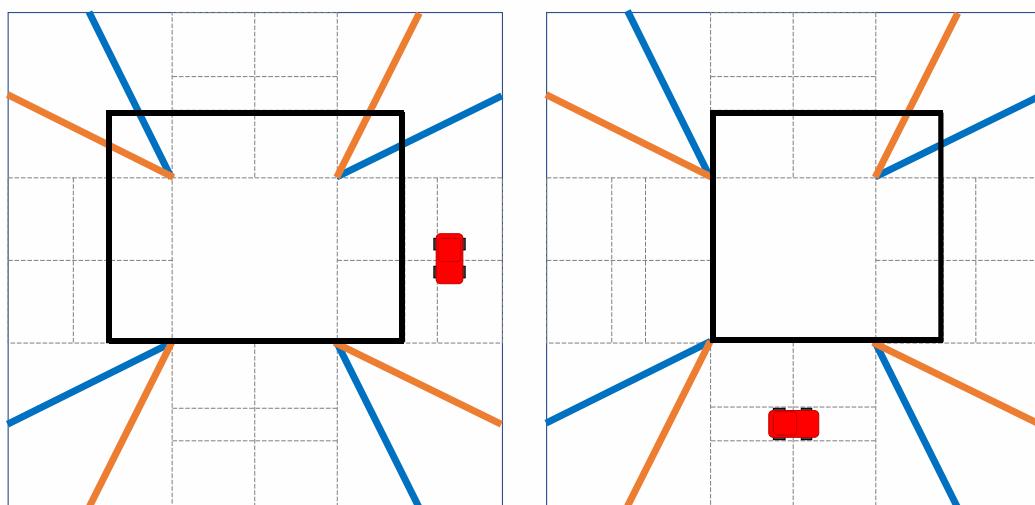


Рисунок 7б. Левая схема предназначена для результатов подбрасывания «решка-голова-решка-решка». Правильная схема — для результатов жеребьёвки «орёл-орёл-хвост-решка»

- В. Бросайте кубик, чтобы определить точную стартовую зону. Верхняя левая зона — для «1», нижняя справа — для «6». Если зона находится внутри пограничной стены, кости нужно бросить снова.

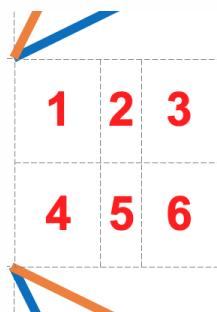


Рисунок 7с. Соответствие зон граням кубика

Эта процедура будет проводиться после проверки перед каждым квалификационным раундом, поэтому стартовая позиция автомобиля и расстояния между границами трассы различаются в каждом раунде испытания.

Раунды испытания препятствий

Во время этапов испытания препятствий красные и зелёные столбы будут установлены на трассе как дорожные знаки. Кроме того, будут установлены две границы, которые образуют парковку. Расстояние между границами трека всегда будет 1000 мм (+/- 10 мм для международного финала).



Рисунок 8а: Примеры игрового поля для раундов испытаний препятствий

Стартовая часть автомобиля, расположение цветных колонн и расположение парковки могли быть выбраны следующим образом (при условии, что направление движения по кругу определялось отдельно):

- A. Подбросьте монету дважды, чтобы определить участок, где будет расположен единственный дорожный знак. На рисунке ниже показано, какая секция соответствует какой комбинации подбрасываний (например, «решка и орёл» означает, что первый бросок — решка, а второй — орёл).

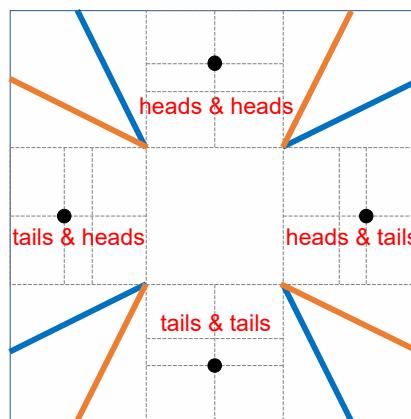


Рисунок 8b. Комбинации подбрасывания монет для определения участка с одним дорожным знаком

- Б. Бросьте монету один раз, чтобы определить цвет дорожного знака на участке, определённом в предыдущем шаге. Орёл означает зелёный знак; Хвосты означают красный знак.
- В. Получите 36 карт, как на рисунке 11, и уберите из набора карту 9 или 10 в зависимости от цвета знака, выбранного на предыдущем шаге: если был выбран зелёный знак, уберите 9-ю карту; Если был выбран красный знак, уберите десятую карту. Положите 35 карт в непрозрачную коробку или пакет. Возьмите одну карту из коробки — она определит расположение дорожных знаков в следующем прямом участке (по часовой стрелке) после участка, определённого на предыдущем этапе. Толстая чёрная линия на карте означает внутреннюю границу игрового поля. Карту нельзя возвращать в коробку. Возьмите ещё раз вторую карту — она покажет расположение дорожных знаков в следующем простом участке. Повторяйте эти действия для оставшихся простых участков.

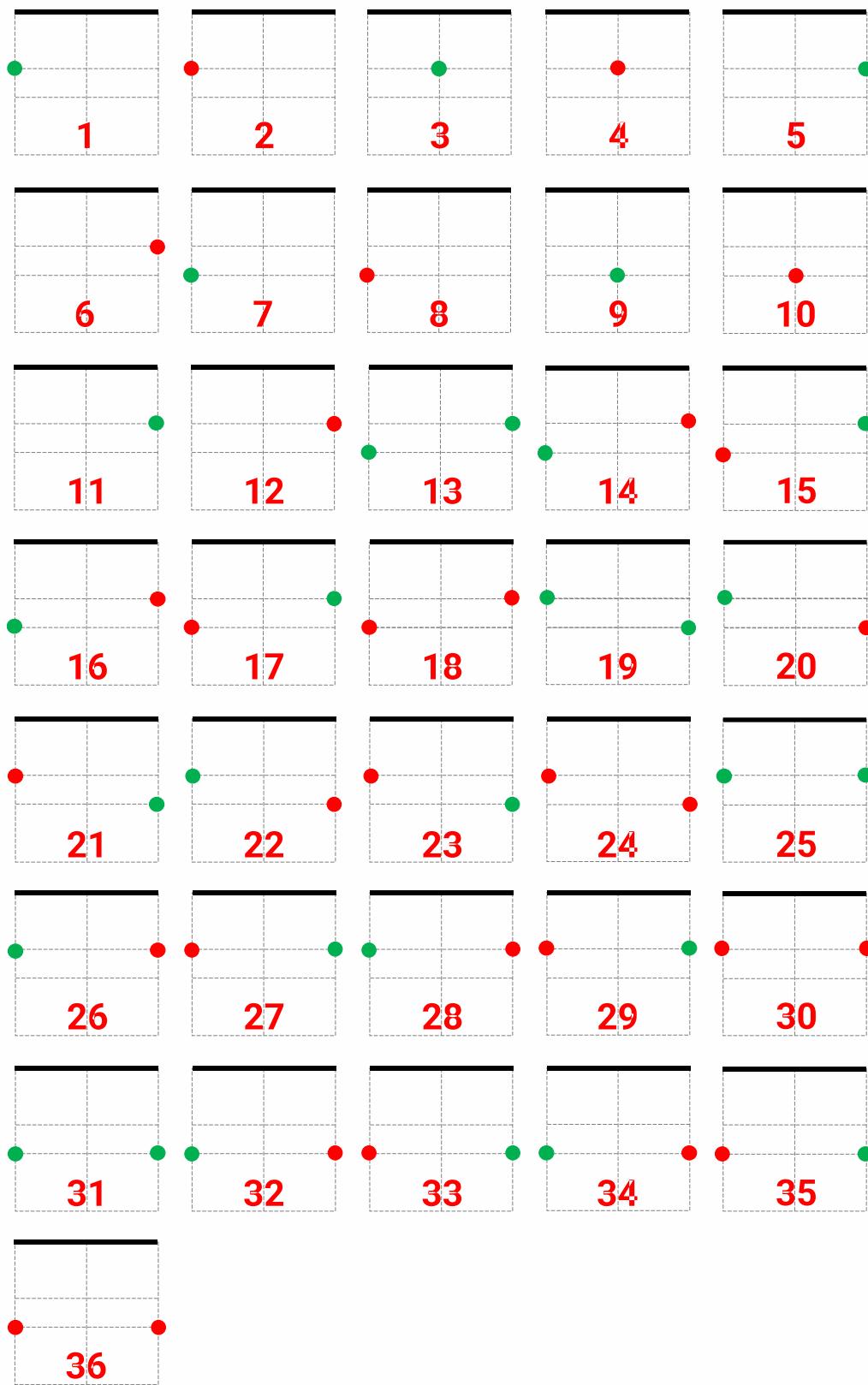


Рисунок 8с. 36 карточек с указанием расположения дорожных знаков внутри участка

*** Дублирование некоторых карт сделано намеренно.*

- Г. Парковка всегда будет расположена в стартовой зоне. Определите позицию стартового участка (включая парковку) ещё одной парой подбрасывания монеты.

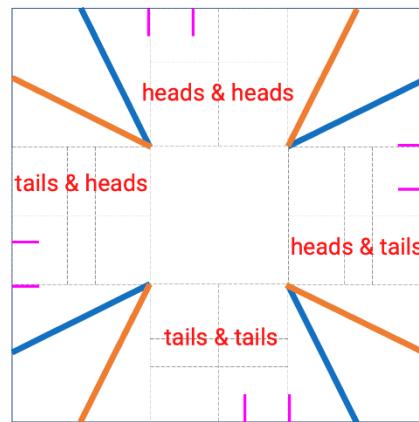


Рисунок 8д. Подбрасывание монеты на парковке

После установки парковки все дорожные знаки в этом участке будут перемещены на позиции, расположенные ближе к внутренней стене.

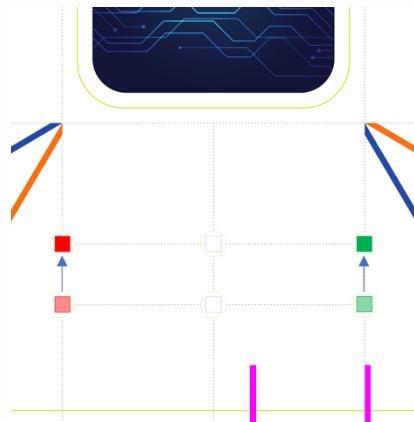


Рисунок 8е. Перемещение светофоров в зависимости от расположения парковки.

Команда решает, запустить ли робота внутри парковки или в средней зоне над парковкой (см. рисунок 8а). Старт с парковки приносит дополнительные очки. **Дополнительные очки начисляются только если робот проехал хотя бы один полный круг.**

3. Конкретные правила игры

Тайминг раунда вызова

- 8.1. Раунды Open Challenge будут длиться три минуты.
- 8.2. Раунды испытания препятствий будут длиться три минуты.

Конфигурация запуска

- 8.3. Направление проезда по трассе выбирается случайным образом перед каждым раундом испытания в серии, после времени проверки.
- 8.4. Стартовая позиция машины и конфигурация поля определяются перед началом каждого этапа, после времени проверки.
- 8.5. Направление движения, стартовая позиция и конфигурация поля остаются одинаковыми для всех команд в одном раунде.

Начало раунда

- 8.6. Автомобиль находится в стартовой зоне полностью **ВЫКЛЮЧЕН!**
- 8.7. Положение автомобиля в стартовой зоне должно быть так, чтобы проекция машины на игровом ковре полностью находилась в стартовой зоне.
- 8.8. Автомобиль должен быть ориентирован так, чтобы два колеса на передней оси (судьи должны заранее спросить команду, какая ось передняя) располагались ближе к следующему участку поворота в направлении кругового движения, тогда как остальные два колеса — ближе к углу в противоположном направлении.
- 8.9. Можно внести физические корректировки (это часть времени подготовки). Однако не разрешается вводить данные в программу, изменяя положение или ориентацию деталей автомобиля, а также выполнять калибровку датчиков на транспортном средстве. Ввод данных не разрешается при изменении конфигурации коммутатора, если таковая есть. Если команда вводит данные через физические корректировки, она будет дисквалифицирована в этом раунде.
- 8.10. Затем автомобиль включается. Для включения автомобиля разрешен только один переключатель.
- 8.11. После включения автомобиля он должен находиться в состоянии ожидания. Ожидание кнопки «Старт». Кнопка Start может быть на основном SBC/SBM или на отдельно установленной кнопке. Разрешена только одна кнопка Старт. На EV3 разрешена только одна программа. Для запуска последней программы, запущенной на EV3, нужно нажать кнопку запуска. Затем EV3 должен дождаться нажатия кнопки запуска. Кнопка запуска на EV3 может быть сенсорным сенсором или кнопкой стрелки вправо. На шиповом роботе можно использовать только Слот Один. Та же процедура должна быть выполнена для EV3.
- 8.12. Ответственность за проверку планировки трассы лежит на команде. Судья спросит, готова ли команда. Команда должна ответить «Да», чтобы показать согласие с планировкой ипподрома. Перезапуски не допускаются, если команда после старта поняла, что планировка трассы была неправильной.
- 8.13. Судья даёт сигнал на запуск автомобиля. Судья считает «Три, два, один, вперёд». При команде «Старт» нажимается кнопка запуска, и начинается время для

попытки. У транспортного средства будет столько времени, сколько указано в правилах игры, чтобы пройти раунд.

- 8.14. Нажатие кнопки старта должно запустить действие автомобиля для выполнения раунда вызова, и машина должна начать движение.

Дополнительные произведения

- 8.15. Автомобилю запрещено намеренно оставлять дополнительные элементы на игровом поле или оставлять следы, которые нельзя снимать (например, краску) во время раунда. Если автомобиль нарушает это правило, раунд останавливается, и его должен остановить один из членов команды. Счёт за этот раунд будет равен нулю, а отметка по временю — максимум. Судьи имеют право проверить кодекс команды, если подозревают такую ситуацию.

Во время раунда

- 8.16. Транспортное средство должно ехать в направлении, которое было определено как направление вождения для испытания, до начала испытания.
- 8.17. Размеры машины не должны превышать 300x200 мм и высоту 300 мм.
- 8.18. Транспортному средству запрещено **перемещать** стены (если они не полностью закреплены на поле). Транспортное средство, нарушающее это правило, будет остановлено одним из членов команды, счёт этого раунда будет равен нулю, а максимальное время — время. Если автомобиль задевает или ударяется о стены, а стены **не сдвинуты**, автомобиль может продолжить раунд, и штрафы не поназначаются. Если автомобиль ударяется или касается стен и останавливается из-за столкновений или прикосновения, можно провести ремонт и наложить штрафы. Во время открытых раундов испытаний транспортное средство не должно касаться внешней стены границы.
- 8.19. Транспортное средство должно проехать дорожный знак, обозначаемый красным столбом справа (изображение a), и дорожный знак, представленный зелёной колонной слева (изображение b). Приложение А раздел 5 определяет, когда светофор был проезжает с неправильной стороны и как он оценивается.

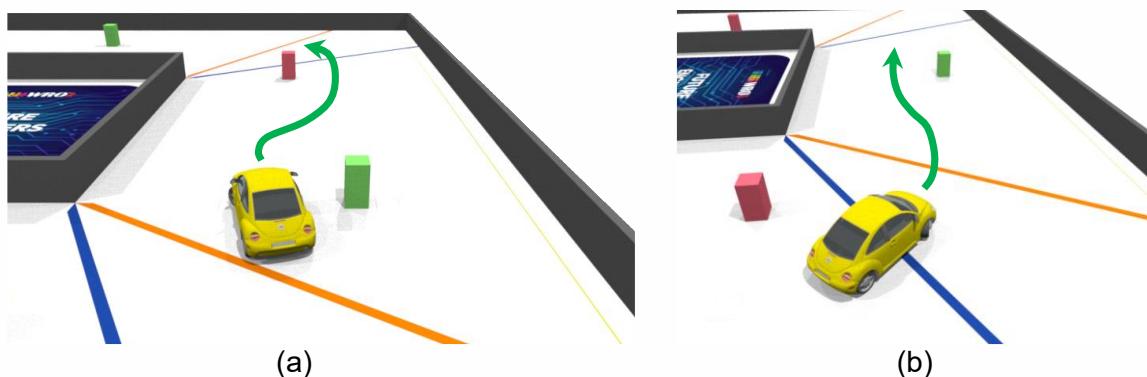


Рисунок 9: Правила проезда дорожных знаков

- 8.20. Транспортному средству разрешено касаться, двигать или сбивать дорожные знаки (цветные колонны), в то время как проекция знака находится внутри круга, проведённого вокруг сиденья дорожного знака. Для получения дополнительной

информации см. Приложение А, раздел 1.

- 8.21. Транспортному средству разрешено двигаться в направлении, противоположном круговому движению, только на двух участках: на участке, где было изменено направление, и на соседнем участке.
- 8.22. Автомобиль должен вернуться на стартовый участок после трёх кругов, чтобы набрать дополнительные очки. Примечание: как только автомобиль частично покидает стартовую секцию, этот участок также становится финишным.
- 8.23. Один раз за раунд команда может запросить разрешение на ремонтные действия: чтобы вывести машину, устранить проблему с механическими или электронными деталями и вернуть машину на рельсы в центр участка, с которого был выведен. Транспортное средство может быть выключено при снятии с трассы. Транспортное средство может быть включено после того, как оно высадится на рельс. Затем автомобиль можно включить и снова запустить, нажав кнопку старта. Таймер раунда не останавливается для ремонта. Разрешение можно получить только если транспортное средство остановилось. Возможные причины остановки — это проблемы с электроникой или механикой, или то, что автомобиль врезался в стену и застрял, или просто остановился без причины. Разрешение на движение транспортного средства не будет выдано — если какая-либо его часть проедет примерно 50 мм за 5 секунд. Разрешение не будет выдано, если автомобиль начал третий круг (полностью проехал поворот перед последним кругом). Не разрешается загружать программы на какой-либо контроллер транспортного средства в рамках ремонтных действий. Вводить данные запрещено. Команда, нарушившая эти правила, будет дисквалифицирована из этого раунда: счёт в этом раунде будет равен нулю, а отметка по времени — максимальная.

Раунд-энд:

- 8.24. Раунд заканчивается, и время останавливается, если возникает одно из следующих условий:
- 8.24.1. Таймер раунда истекает.
- 8.24.2. В открытом испытании: После трёх полных кругов автомобиль останавливается на финишном участке, так что проекция машины на поле полностью соответствует секции. Для получения дополнительной информации см. Приложение А, раздел 2.
- Примечание 1: транспортное средство должно остановиться на финишном участке автономно. Если участник команды форсирует завершение раунда, используя один из описанных ниже методов в финишном участке, это не считается автономной остановкой, и очки за остановку на финише не начисляются.*
- Примечание 2: чтобы продемонстрировать полную остановку на финишном участке, автомобиль не должен продолжать движение после 15 секунд. Если после окончания раунда автомобиль продолжит движение, судьи могут признать поведение автомобиля неоднозначным и не назначить балл за остановку на финишном участке.*
- 8.24.3. В открытом испытании: после трёх полных кругов автомобиль проходит финишную секцию так, что его выступление на коврике полностью оказывается

в повороте рядом с финишем в направлении кругового движения. Для получения дополнительной информации см. Приложение А, раздел 3. Транспортное средство дважды пересекает границы секций, движусь, движущийся в направлении, противоположном круговому движению. Для получения дополнительной информации см. Приложение А, раздел 4.

- 8.24.4. В испытании препятствий: после правильного прохождения трёх раундов транспорт останавливается. Либо в нужном участке, либо на парковке.
 - 8.24.5. В испытании препятствий: после проезда дорожного знака с неправильной стороны транспорт полностью пересекает линию от внутренней границы к внешней границе, где находится этот знак. Для получения дополнительной информации см. Приложение А, раздел 5.
 - 8.24.6. В испытании препятствий: робот переместил дорожный знак за пределы круга.
 - 8.24.7. В испытании препятствий: робот касается ограничений парковки.
 - 8.24.8. Размеры автомобиля всё равно превышают лимит после трёхминутного ремонта.
 - 8.24.9. Любой член команды касается автомобиля без разрешения судьи для ремонта.
 - 8.24.10. Любой член команды касается коврика и стены без разрешения судьи для ремонта.
 - 8.24.11. Любой член команды касается элементов игры.
 - 8.24.12. Автомобиль выезжает за пределы трассы (перемещая стену) или за пределы игрового поля.
 - 8.24.13. Транспортное средство или член команды повреждает поле или игровой элемент.
- 8.25. Обратите внимание, что согласно вышеуказанным правилам команда может остановить свою попытку (например, коснувшись стены поля или выполнив любое из вышеуказанных правил). Однако после остановки они не смогут возобновить попытку, и раунд будет завершён.
- 8.26. Судьи будут принимать решения на основе правил и честной игры. Окончательное решение принимают в день соревнования. Если во время выполнения задания возникает неопределенность, судьи склоняют решение в пользу наихудшего исхода для контекста ситуации,

И. Подсчёт очков

- 9.1. Официальный счёт будет рассчитываться в конце каждого раунда испытания.
- 9.2. Максимальный балл рассчитывается следующим образом:
 - 9.2.1. 30 очков за раунд Open Challenge. ($1.1 + 1.2 + 1.3$)
 - 9.2.2. 62 очка за раунд испытания препятствий. ($1.1 + 1.2 + 1.3$ и либо 1.4 (или 1.5), либо 1.6 (или 1.7) + 1.8)
 - 9.2.3. 30 баллов за документацию инженерного журнала
 - 9.2.4. Максимальный балл — 122. ($\approx 75\%$ производительности автомобиля и $\approx 25\%$ документации)

	Требования	Ценность очко в	Total available
1.	Открытое вождение и испытание препятствий		
1.1.	Автомобиль движется из участка в направлении челлендж вождения. Это применимо к стартовой секции, но не относится к финишной секции и другим следующим участкам.	1	24
1.2.	Автомобиль проехал полный круг. 8 участков были успешно пройдены в направлении вызова. Стартовая секция включена в восемь секций первого круга. Круг считается завершённым, если автомобиль полностью выезжает из последнего (поворотного) участка круга. Так что после этого автомобиль может начать движение в противоположном направлении, и круг всё равно будет учитываться.	1	3
1.3.	После трёх кругов машина остановилась на финишном участке.	3	3
	Дополнительные очки за раунды испытания препятствий:		
	Не проехал три круга		
1.4	Один или несколько дорожных знаков были перемещены. Автомобиль должен пройти как минимум один раунд, чтобы получить квалификацию.	2	2
1.5.	Дорожные знаки не были сдвинуты. Автомобиль должен пройти как минимум один раунд, чтобы получить квалификацию.	4	4
	После завершения трёх кругов		
1.6	Один или несколько дорожных знаков были перемещены.	8	8
1.7	Дорожные знаки не были перемещены.	10	10
1.8.1	Автомобиль стартовал на парковке и проехал как минимум один полный круг	7	7
1.8.2	Успешная парковка (полностью в зоне парковки и параллельно)	15	15
1.8.3	Парковка частично или не параллельно в парковке	7	7
2.	Команда выполняла ремонтные действия, выводя машину из поля, даже если действия не были успешными.	Общее количество очков раунда, делённое на множитель 2	

3.	<p>Инженерный журнал и документация по транспортным средствам Обратитесь к приложению С для разбиения оценок в инженерных журналах. (Примечание: В оценочных рубриках внесены значительные изменения.)</p>		30
----	---	--	----

- 9.3. Время, измеряемое судьёй, момент окончания раунда открытого вызова, записывается и позже используется для определения лучшего раунда. Если команда или автомобиль были дисквалифицированы в раунде вызова, максимальное время (3 минуты) для такого раунда определяется.
- 9.4. Подсчет очков проводится судьями по окончании каждого раунда вызова. Команда должна проверить и подписать лист счётов после раунда, если у неё нет справедливых претензий.
- 9.5. Рейтинги команд в раундах Open Challenge основаны на очках, полученных каждой командой в своих лучших раундах Open Challenge. Если у команды одинаковый результат в обоих раундах, лучший раунд Open Challenge будет выбран раундом с минимальным временем.
- 9.6. Все команды будут соревноваться в обоих раундах испытаний.
- 9.7. Рейтинги команд в общем конкурсе формируются на основе суммы очков, полученных каждой командой в лучшем раунде Open Challenge, очков в лучшем раунде Hurstacle Challenge и баллов за инженерный журнал и документацию по транспортному средства. Если команда набирает одинаковый результат в обоих раундах Испытания препятствий, раунд с самым быстрым временем будет выбран лучшим раундом испытания препятствий.
- 9.8. Если между двумя командами есть ничья, рейтинг определяется по следующим результатам (первый в списке — самый высокий приоритет, последний — самый низкий):
 - 9.8.1. Сумма очков, полученных в раунде Open Challenge, баллов, полученных в раунде Hurstacle Challenge, и баллов, полученных за инженерный журнал и документацию по транспортному средству
 - 9.8.2. Очки за лучший раунд испытания препятствий
 - 9.8.3. Время для лучшего этапа испытания препятствий
 - 9.8.4. Очки второго по эффективности раунда Препятствия
 - 9.8.5. Время для второго по эффективности этапа испытания препятствий
 - 9.8.6. Баллы за инженерный журнал и документацию автомобиля
 - 9.8.7. Очки за лучший раунд Open Challenge
 - 9.8.8. Очки второго по эффективности раунда Open Challenge
 - 9.8.9. Время для лучшего раунда Open Challenge
 - 9.8.10. Время второго по эффективности раунда Open Challenge

К. Материалы и правила транспортных средств

- 10.1. Размеры машины не должны превышать 300x200 мм и высоту 300 мм.
- 10.2. Вес машины не должен превышать 1,5 килограмма.
- 10.3. Транспортное средство должно быть четырёхколёсным с одной ведущей осью и одним приводом управления любого типа. Это должен быть передний привод (https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel_drive), задний привод (https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel_drive) или полный привод (https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel_drive). Команды с машинами с дифференциальной колесной базой (https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_wheeled_robot) будут дисквалифицированы.
Вождение — движение автомобиля вперёд и назад.
Рулевое управление — поворот автомобиля влево или вправо.
- 10.4. Транспортное средство не может использовать никакие всенаправленные колеса, шариковые или сферические колеса.
- 10.5. Использование электронных дифференциалов с одним мотором на сторону (как в роботах с колёсами дифференциала) запрещено.
- 10.6. Транспортное средство должно быть автономным и выполнять «миссии» самостоятельно. Любые радиосвязи, дистанционное управление и проводные системы управления запрещены во время движения автомобиля. Команды, нарушающие это правило, будут дисквалифицированы.
- 10.7. Участникам запрещено вмешиваться или помогать транспортному средству во время его движения (выполнение «миссии»). Это включает ввод данных в программу с помощью визуальных, аудио или любых других сигналов автомобилю во время раунда. Команды, нарушающие это правило, будут дисквалифицированы в этом раунде.
- 10.8. Контроллер, используемый для автомобиля, может быть одноплатным компьютером (SBC) (https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer) или одноплатным микроконтроллером (SBM) (https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_microcontroller) без ограничений по бренду.
- 10.9. На машине может быть несколько SBC/SBM.
- 10.10. Во время соревнований команды не могут использовать какие-либо RF, Bluetooth, Wi-Fi или любые беспроводные коммуникационные устройства в своих автомобилях. Если он встроен в контроллер, его необходимо выключить, и судьи могут проверить код и самое транспортное средство, чтобы убедиться, что он не используется.
- 10.11. Команды могут использовать любые датчики по своему выбору — нет ограничений по бренду, функциям или числу используемых датчиков. Камеры считаются сенсорами. Смартфоны могут использоваться как камеры и для обработки данных изображений.
- 10.12. Команды могут использовать любые электрические постоянные и/или сервомоторы по своему выбору — ограничений на марку и/или сервоприводов нет.
- 10.13. Для движения автомобиля вперёд или назад может использоваться максимум два двигателя (например, при движении робота — это управляющие моторы). Все

приводные двигатели должны быть соединены напрямую с осью, вращающей колёса, или косвенно через систему передач. Два приводных двигателя не могут быть соединены независимо друг от друга с ведущими колёсами.

- 10.14. Команды могут использовать любые электронные компоненты — нет ограничений по типу, компании, номеру или назначению.
- 10.15. Команды могут использовать любое гидравлическое давление, барометрическое давление или соленоиды.
- 10.16. Команды могут использовать любую батарею по своему выбору — нет ограничений по бренду, функциональности или числу используемых батарей.
- 10.17. Для связи между электромеханическими компонентами автомобиля разрешены только проводные соединения.
- 10.18. Команды могут использовать 3D-печатные элементы, подготовленные на ЧПУ-станке, элементы, вырезанные из акрила/дерева/металла или любые элементы из любого материала — ограничений по назначению нет.
- 10.19. Автомобиль может быть собран с использованием любых комплектов оборудования и любого материала. Нет ограничений по конкретному типу или конкретной строительной системе.
- 10.20. Команды могут использовать электрическую ленту, резинки, кабельные обмотки, нейлоновые завязки (галстуковые обмотки) и т.д. Любой клейкий материал разрешен для любых целей.
- 10.21. Команды должны брать с собой достаточно запасных частей. В случае аварий или неисправности оборудования WRO (и/или организационный комитет) не несут ответственности за их обслуживание или замену.
- 10.22. Транспортные средства могут быть собраны до турнира.
- 10.23. Программное обеспечение для управления может быть написано на любом языке программирования — ограничений на конкретный язык нет.
- 10.24. Участники могут подготовить программу заранее.
- 10.25. Команды должны подготовить и привезти всё необходимое оборудование, программное обеспечение и портативные компьютеры во время турнира.
- 10.26. В день соревнований команде разрешено иметь только один автомобиль.
Запасные автомобили не допускаются в зоне соревнований.

Л. Формат соревнований и правила

Описание в этом документе объясняет, как будет проходить соревнование на Международном финале. Национальные и региональные соревнования могут использовать эту модель или адаптировать её для своих соревнований.

- 11.1. Соревнование состоит из нескольких раундов испытаний, между которыми проводится время для тренировок. После каждого тренировочного времени проводится проверка автомобиля для проверки требований.
- 11.2. Каждая команда должна работать во время тренировочного времени на назначенном месте до момента проверки, когда автомобиль команды должен быть помещён в определённую зону (контрольную зону).
- 11.3. В день соревнования до начала первого раунда будет минимум 60 минут тренировки.

- 11.4. Команды не могут касаться отведённых зон соревнований до объявления начала тренировочного времени.
- 11.5. Во время тренировок участники могут занимать свои места, стоять в очереди с машинами, чтобы провести одну тестовую попытку на игровом поле, либо делать измерения на поле, чтобы это не мешало попыткам других команд. Максимальное время, разрешённое одной тренировочной попытке на команду, составляет 4 минуты. Через 4 минуты команда может занять позицию в конце очереди для ещё одной тренировочной попытки. Командам разрешено вносить изменения в программу или механически корректировать автомобиль.
- 11.6. Все транспортные средства должны быть размещены на столе для проверки в зоне проверки для подготовки (проверки транспортного средства) после окончания тренировочного периода. **Все контроллеры транспортного средства должны быть выключены.** После этого времени никакие механизмы или программы не могут быть изменены.
- 11.7. Транспортные средства могут участвовать в соревновании только после прохождения проверки транспортного средства. Проверка касается требований к транспортному средству и используемым материалам, как описано в разделах выше.
- 11.8. Если транспортное средство не проходит проверку судей, судьи могут предоставить команде до 3 минут для решения выявленных проблем. Судьи могут предоставить только один трёхминутный период для каждой команды на каждый контрольный слот.
- 11.9. Если в итоге автомобиль не пройдёт проверку судей, он может не быть использован в соревновании.
- 11.10. Команда не может превышать 90 секунд на подготовку сразу после вызова судьи для участия в определённом раунде испытания, и после начала индивидуальные раунды не могут превышать время раунда, указанного в правилах игры.
- 11.11. **В многодневном соревновании роботы должны оставаться на площадке ночью.**

M. Игровой стол и оборудование

Игровой стол и поле

- 12.1. Размер игрового коврика — 3200 x 3200 мм (+/- 5 мм). Внутренний квадрат игрового коврика — это гоночная трасса с внутренним размером 3000 x 3000 мм (+/- 5 мм).
- 12.2. Основной цвет трассы — белый.
- 12.3. Трасса окружена (внешними) стенами внутренней высотой 100 мм.
- 12.4. Внутренний цвет внешних стен — чёрный. Внешний цвет стен не определен.
- 12.5. Внутри пути расположены дополнительные (внутренние) стены, окружающие внутреннюю часть пути высотой 100 мм.

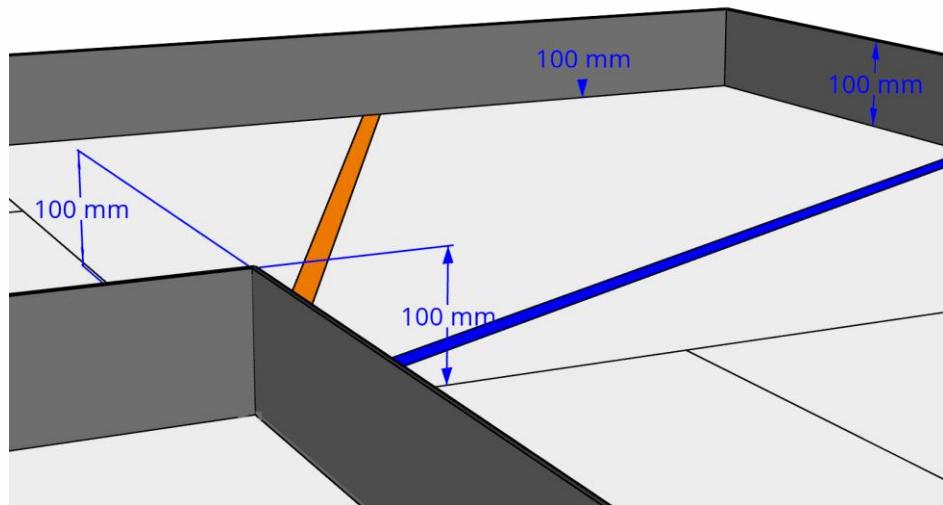


Рисунок 10: Высота внешних и внутренних стен

- 12.6. Внешний цвет внутренних стен — чёрный. Внутренний цвет стен — чёрный. Цвет верхнего края стен — чёрный.
- 12.7. Толщина как внешних, так и внутренних стен не определена.
- 12.8. Расстояние между внешними и внутренними стенами зависит от типа патрона и указано в разделе «Игровые альтернативы».
- 12.9. На рельсе проходят оранжевые и синие линии. Толщина линий составляет 20 мм. Цвет оранжевых линий — CMYK (0, 60, 100, 0). Цвет синих линий — CMYK (100, 80, 0, 0).
- 12.10. На поле есть пунктирные линии толщиной 1 мм, ограничивающие стартовые зоны машины. Цвет пунктирных линий — CMYK (0 0 0 30).
- 12.11. Размер каждой стартовой зоны — 200 x 500 мм.
- 12.12. Существуют площади для обозначения мест, где могут быть расположены дорожные знаки. Толщина линии сиденья для движения составляет 1 мм, а цвет линии — CMYK (0 0 0 30).
- 12.13. Размер каждого сиденья дорожного знака составляет 50x50 мм.
- 12.14. Зона для оценки перемещения дорожного знака определяется как круг вокруг места соответствующего дорожного знака. Толщина круговой линии составляет

0,5 мм. Цвет линий — CMYK (20 0 100 0).

12.15. Диаметр круга составляет 85 мм.

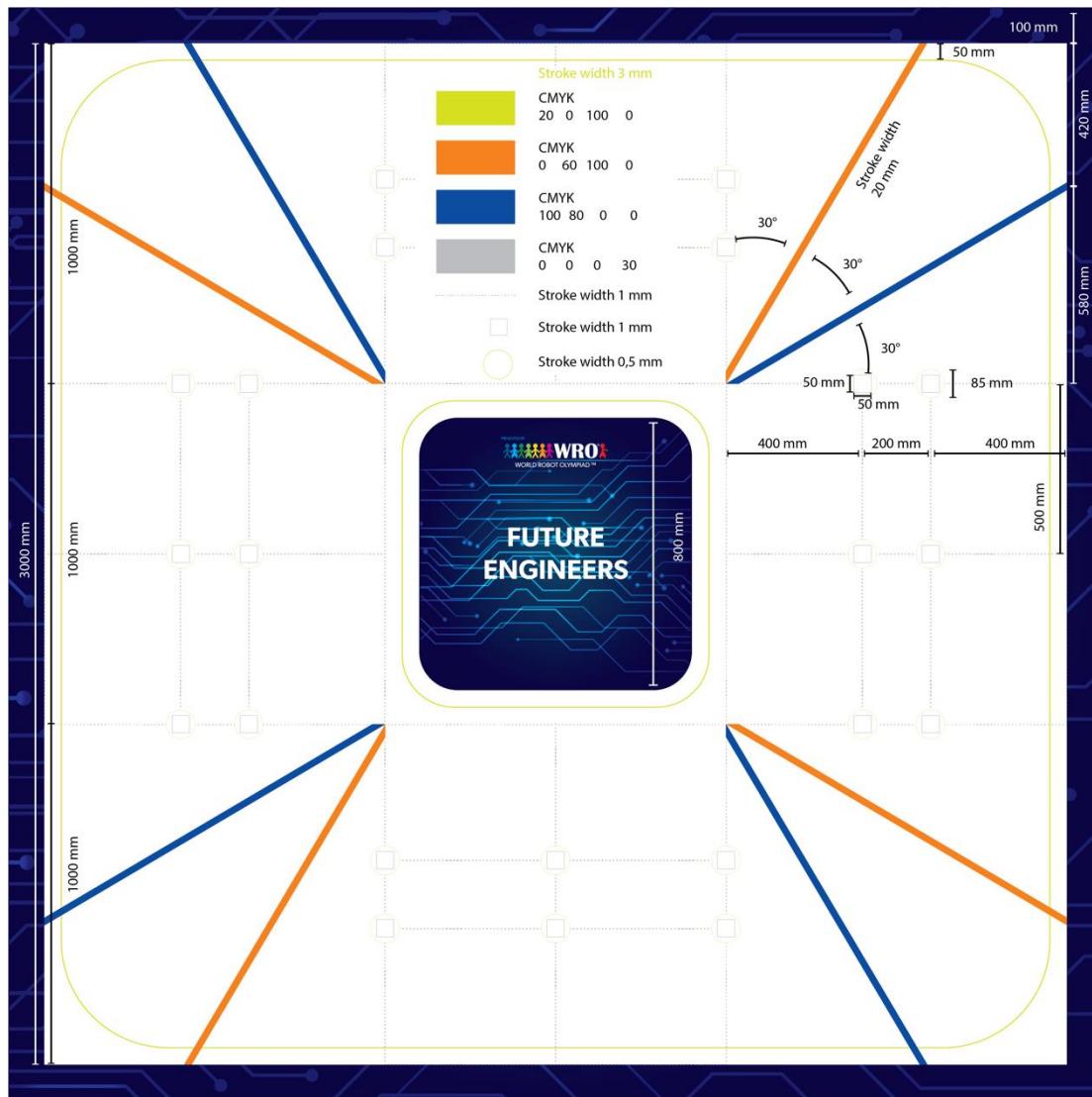


Рисунок 11: Карта игрового поля с размерами

Конфигурация стен для международного финала

- 12.16. Внутренние стены будут расположены в квадратной или прямоугольной форме в зависимости от рисунка. Внешние стены будут закреплены в квадратной форме и не будут меняться во время испытаний.
- 12.17. Цвет стен будет чёрным.
- 12.18. Хотя всё будет сделано организаторами, чтобы максимально приблизить цвета полевого коврика и объектов к спецификации CMYK, различия всё равно могут появиться. Команды смогут откалибровать и доработать свои автомобили под

цвета поля и объекты во время тестовых раундов.

Дорожные знаки

- 12.19. Каждый дорожный знак представляет собой прямоугольный параллелепипед размерами 50x50x100 мм.
- 12.20. В зависимости от процесса рандомизации перед каждым раундом могло быть до 7 красных параллелепипедов и до 7 зелёных параллелепипедов.
- 12.21. Цвет красных дорожных знаков — RGB (238, 39, 55).
- 12.22. Цвет зелёных дорожных знаков — RGB (68, 214, 44).
- 12.23. Материал дорожного знака не определен.
- 12.24. Вес дорожного знака не определен.

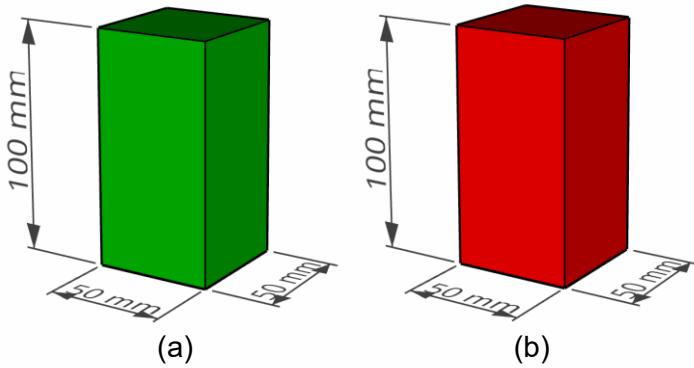


Рисунок 12: Размеры дорожных знаков

Ограничения парковок

- 12.25. Каждое ограничение парковки — это прямоугольный параллелепипед размером 200x20x100 мм.
- 12.26. Одна парковка с ограничениями на два парковочных участка находится на каждом раунде испытания препятствий, размещаемая на коврике.
- 12.27. Цвет ограничения парковки — пурпурный / RGB (255, 0, 255).
- 12.28. Материал дорожного знака не определен.
- 12.29. Вес дорожного знака не определен.

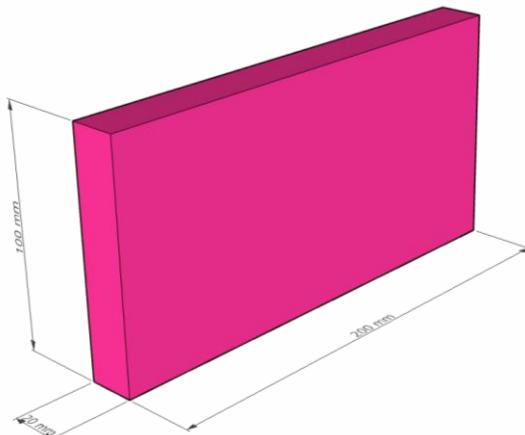


Рисунок 13: Размеры ограничений парковки

Н. Глоссарий

Время проверки	Во время проверки судья осмотрит автомобиль и проверяет размеры (например, с помощью куба или правила складывания) и другие технические требования. Перед каждым раундом нужно проводить проверку.
Тренер	Человек, помогающий команде освоить разные аспекты робототехники, командную работу, решение проблем, управление временем и т.д. Роль тренера — не выигрывать соревнование для команды, а обучать их и направлять через выявление проблем и поиск способов решения соревновательной задачи.
Организатор соревнования	Организатор соревнования — это организация, которая проводит соревнование, которое посещает команда. Это может быть местная школа, национальный организатор страны, которая проводит национальный финал, или страна-хозяйка WRO совместно с WRO Association, проводящая Международный финал WRO.
Конкуренция	В соревновании есть два типа раундов: квалификационный и финальный. Лучшие команды после квалификационных раундов участвуют в финальных раундах.
Игровое поле	Область, по которой транспортное средство должно перемещаться. В зоне могут находиться объекты, с которыми автомобиль должен взаимодействовать в соответствии с требованиями соревнования.
Репозиторий GitHub	Хранилище исходных кодов программ, управляемых системой контроля версий Git. Хранилище обеспечивается сервисом GitHub (https://github.com/)
Раунд	Команда управляет автономным транспортным средством для выполнения задачи испытания. Счёт испытания определяется по количеству кругов, которые автомобиль проезжает по игровому полю.
Время тренировок	Во время тренировок команда может протестировать машину на поле, а также менять механические аспекты или кодирование машины. Калибровка разрешена во время тренировок.
Команда	В этом документе слово «команда» включает 2-3 участника (студентов) команды, а не тренера, который должен только поддерживать команду.
Программа управления транспортным средством	Набор (или наборы) инструкций для микропроцессора/контроллера автомобиля, которые считывают значения с датчиков и анализируют эту информацию и предыдущее состояние автомобиля, чтобы получить команды для решения задачи моторами.
Приводной мотор	Моторы соединены с осями, которые соединены с колёсами. Эти двигатели двигают автомобиль вперёд или назад.
Рулевой мотор	Мотор, который управляет автомобилем влево или вправо.

WRO	В этом документе WRO расшифровывается как World Robot Olympiad Association Ltd., некоммерческая организация, управляющая WRO по всему миру и готовящая все документы по играм и правилам.
Направление движения	Направление, в котором транспортное средство должно двигаться во время испытаний. Это определяется с помощью рандомизации.

Приложение А: Пояснительные схемы

1. Значение дорожного знака, снесённого или сбитого

На схемах ниже дорожные знаки считаются так:

- (a) – не переместился
- (b) – переместился
- (c) — сдвинута, но не вызывает остановки круга
- (d) – сбит с ног, но не остановит раунд
- (e) – двигается и вызывает остановку круга
- (f) – сбивают с ног и останавливают раунд

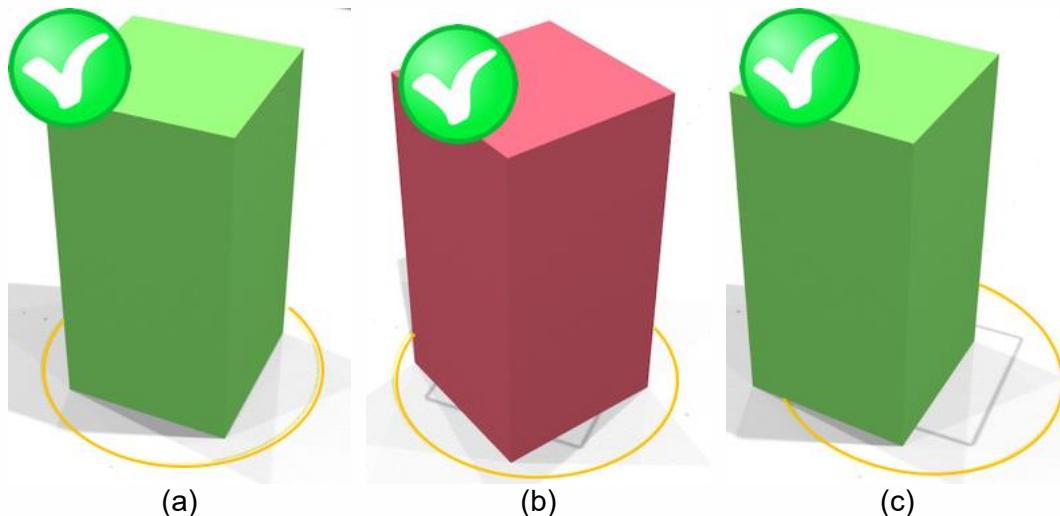
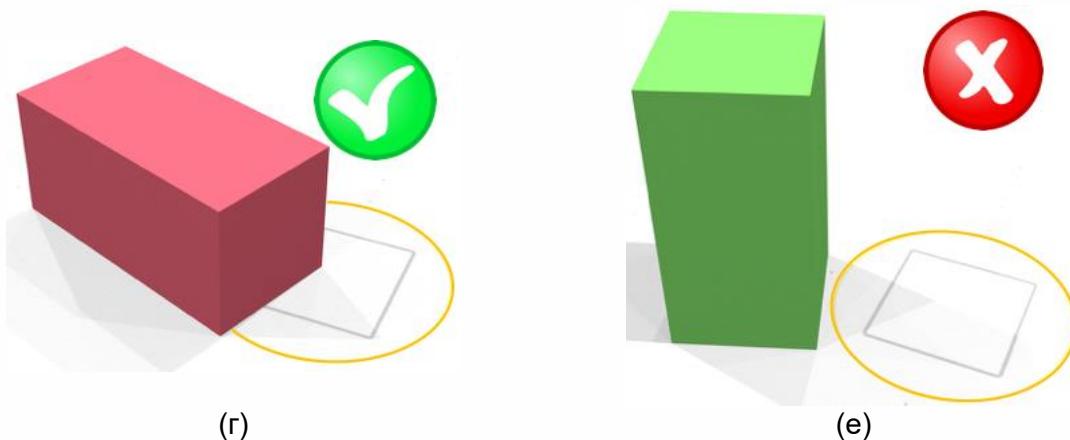


Рисунок 14:

- a) начальное положение дорожного знака на круговом старте
- b) дорожный знак не находится на сиденье, но всё ещё находится внутри круга
- c) дорожный знак частично находится вне круга и считается перемещённым



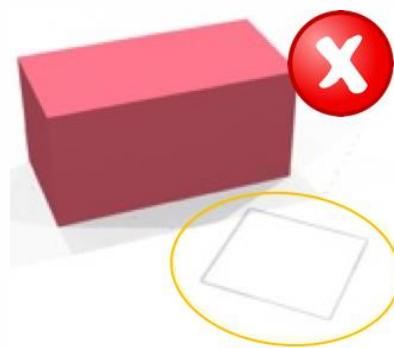


Рисунок 15:

- d) снесённый дорожный знак частично находится за пределами круга
- ; д) дорожный знак полностью перемещён за пределы кольца) снесённый дорожный знак находится полностью вне круга

2. Условия для получения очков за финиширование в стартовом участке

Чтобы определить, завершил ли автомобиль в стартовой секции, после полной остановки используется проекция автомобиля на коврике. Если какая-либо часть проекции находится вне прямого участка, где находится стартовая зона, автомобиль считается вне стартовой части.

Рассмотрение того, находится ли автомобиль в стартовой зоне, возможно только если оно остановилось и не двигалось не менее 30 секунд.

Начальная зона на схемах ниже отмечена зелёным цветом.

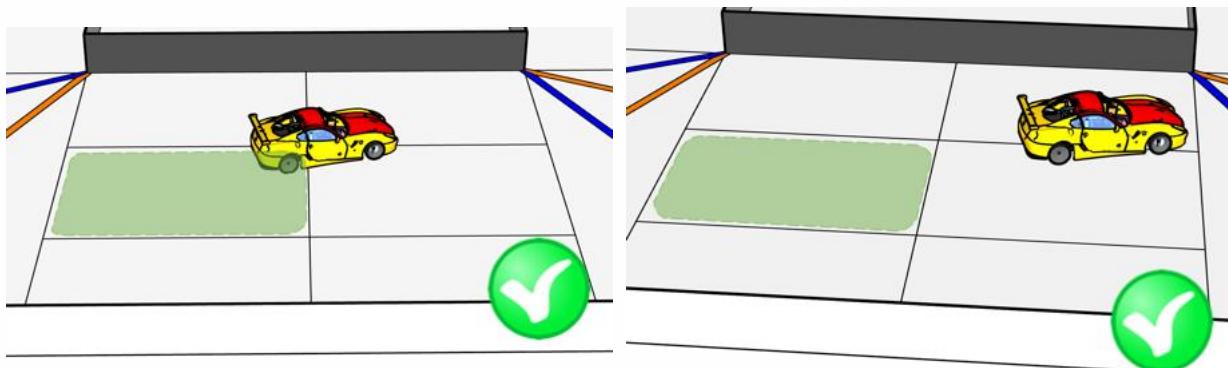


Рисунок 16: Автомобиль полностью финишировал в стартовой части

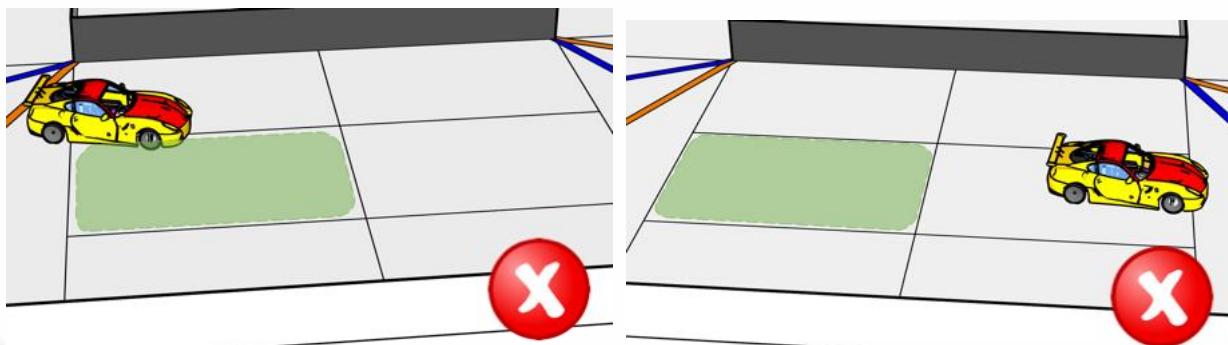


Рисунок 17: Автомобиль финишировал вне стартового участка

3. Прохождение стартового участка после трёх кругов

В **открытом раунде судьи** завершают раунд, как только автомобиль пройдёт стартовую секцию после трёх кругов.

После прохождения трёх кругов возможны следующие этапы:

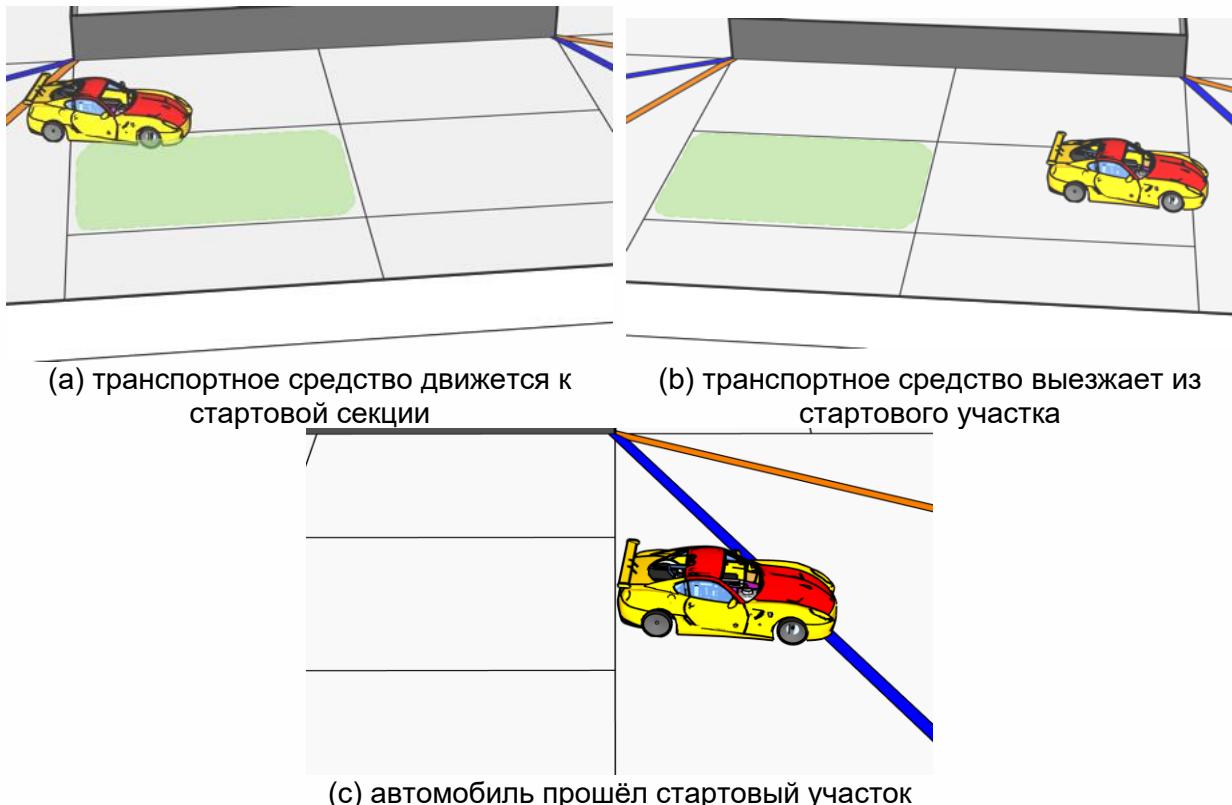


Рисунок 18: Фазы прохождения стартовой зоны транспортным средством, движущимся, осуществляющим CCW

Если транспортное средство всё ещё движется, судья не останавливает время на этапах (а) и (б). Но как только машина полностью оказывается в зоне поворота, фазе (с), раунд заканчивается.

То же самое применимо, если направление движения по часовой стрелке по кругу.

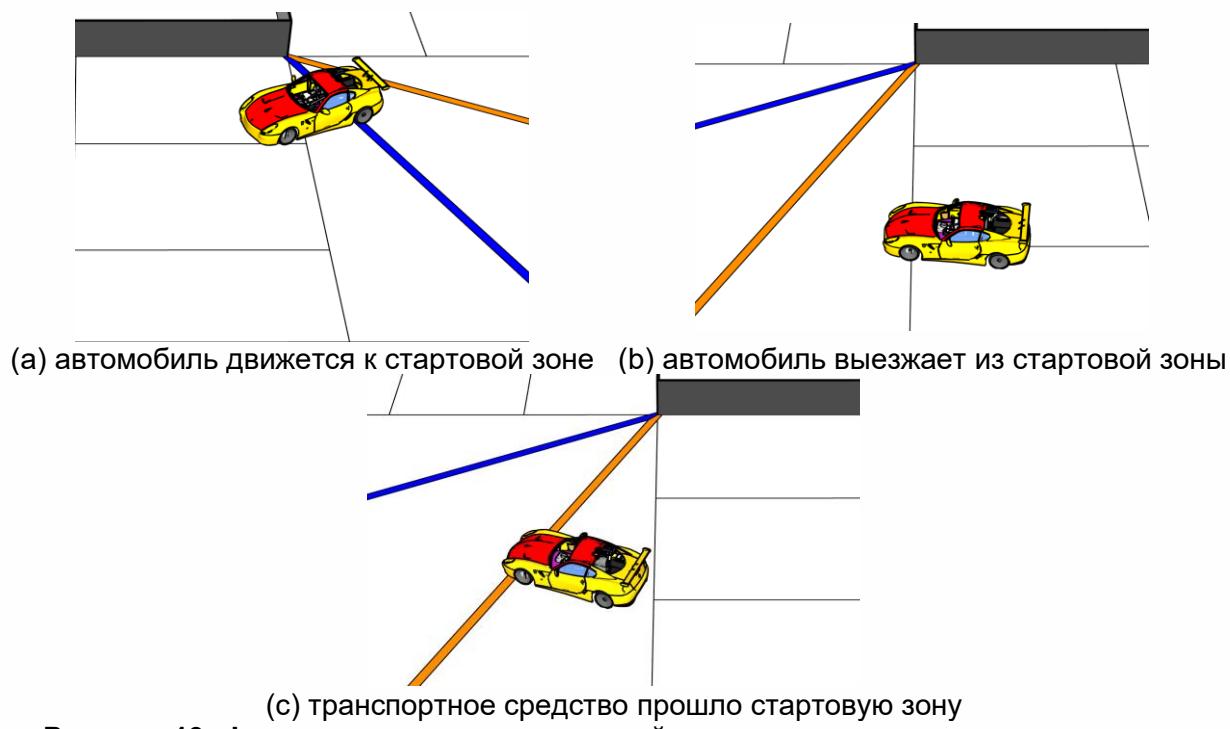


Рисунок 19: Фазы прохождения стартовой зоны транспортным средством по часовой стрелке

4. Движение в противоположном направлении

Во время обхода транспортному средству разрешено двигаться в направлении, противоположном круговому движению, только на двух участках: в участке, где было изменено направление, и в соседнем участке.

Рассмотрим несколько случаев:

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

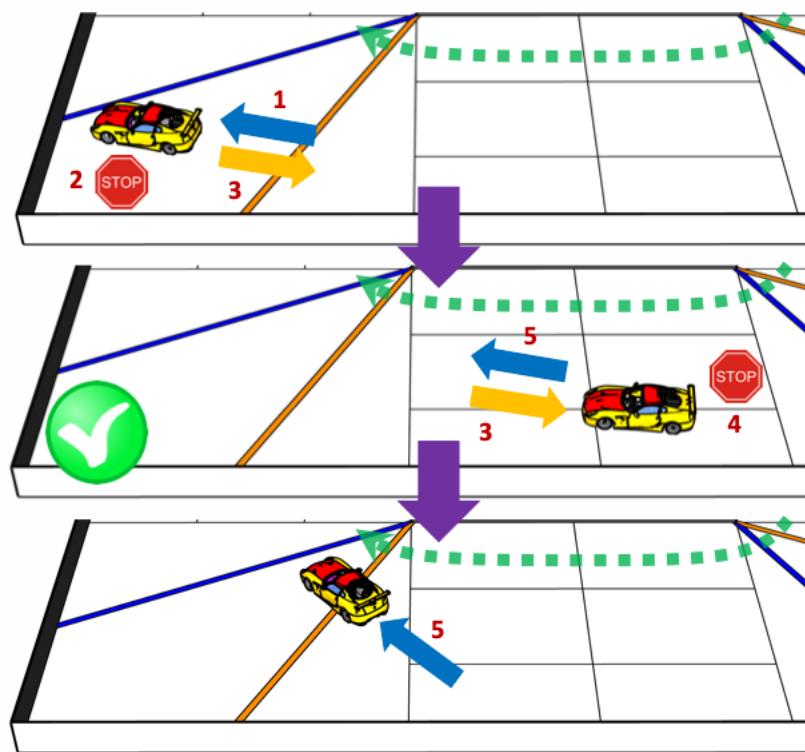


Рисунок 20: Разрешено движение в противоположном направлении от угла.

На рисунке выше направление кругового движения указано по часовой стрелке (показано зелёной точкой рядом со стеной):

- Фаза 1: Машина прибыла в угловой участок
- Фаза 2: Это остановилось
- Фаза 3: Он начал отъезжать назад
- Этап 4: Автомобиль остановился на прямом участке , *не пересекая границу с следующим участком*
- Фаза 5: Он продолжил движение в круговом направлении.

Такой манёвр разрешен.

Случай 2: автомобиль начал движение в противоположном направлении и остановился на линии между двумя участками

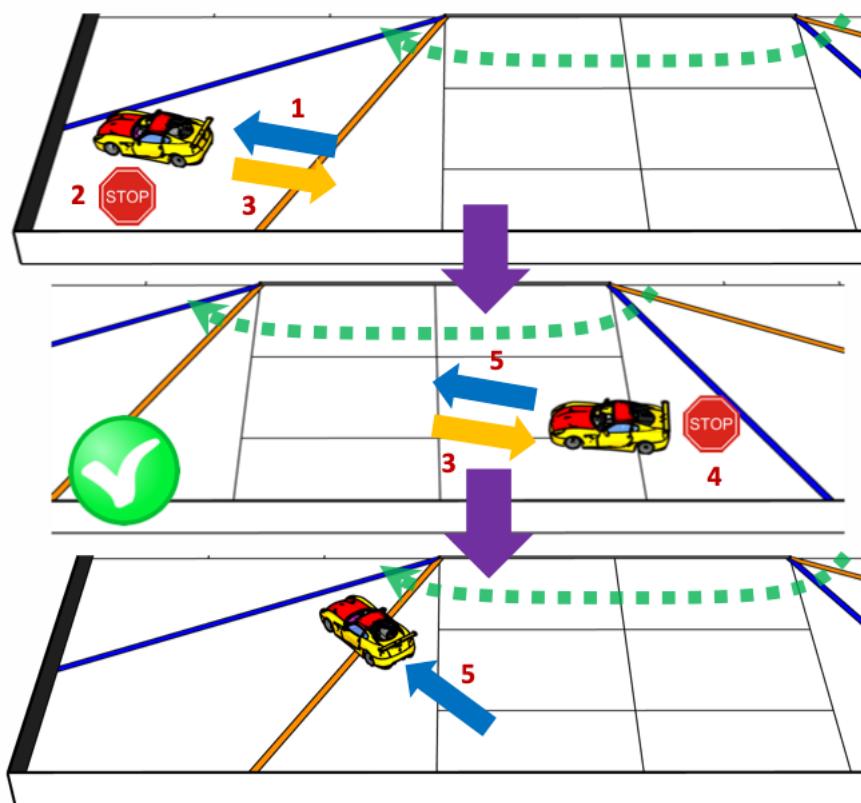


Рисунок 21: Разрешено остановиться на границе между следующим и следующим участками при движении в противоположном направлении

На рисунке выше направление кругового движения указано по часовой стрелке (показано зелёной точкой рядом со стеной):

- Фаза 1: Машина прибыла в угловой участок
- Фаза 2: Это остановилось
- Фаза 3: Он начал отъезжать назад
- Этап 4: Автомобиль останавливается на границе между следующим и участком
- Фаза 5: Он продолжил движение в круговом направлении.

Такая последовательность движений также разрешена

Случай 3: автомобиль начал двигаться в противоположном направлении и полностью выехал за пределы соседнего участка

Если транспортное средство пересекает границу между соседним и следующим участком, круг останавливается.

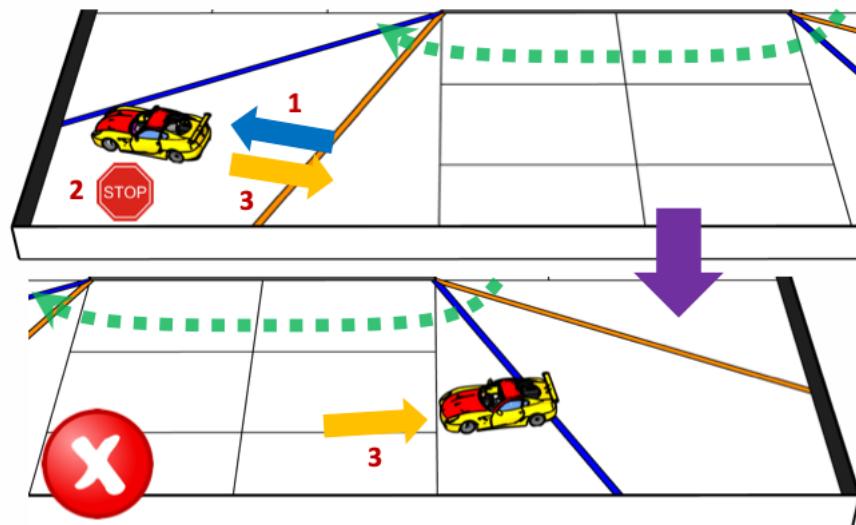


Рисунок 22: Полностью выходить за пределы соседнего участка при движении в противоположном направлении запрещено

На рисунке выше:

- Фаза 1: Автомобиль сначала движется по кругу движения по часовой стрелке (отображается зелёной пунктирной стрелкой рядом со стеной)
- Фаза 2: Это остановилось
- Фаза 3: Он начал движение в противоположном направлении и пересекает два участка AS, то есть полностью находится вне соседнего участка.

Случай 4: автомобиль изменил направление на границе между двумя участками

Если транспортное средство изменило направление, когда его проекция на поле пересекала линию между двумя участками, передний участок считается первым, определяющим самый дальний участок, который может двигаться в противоположном направлении.

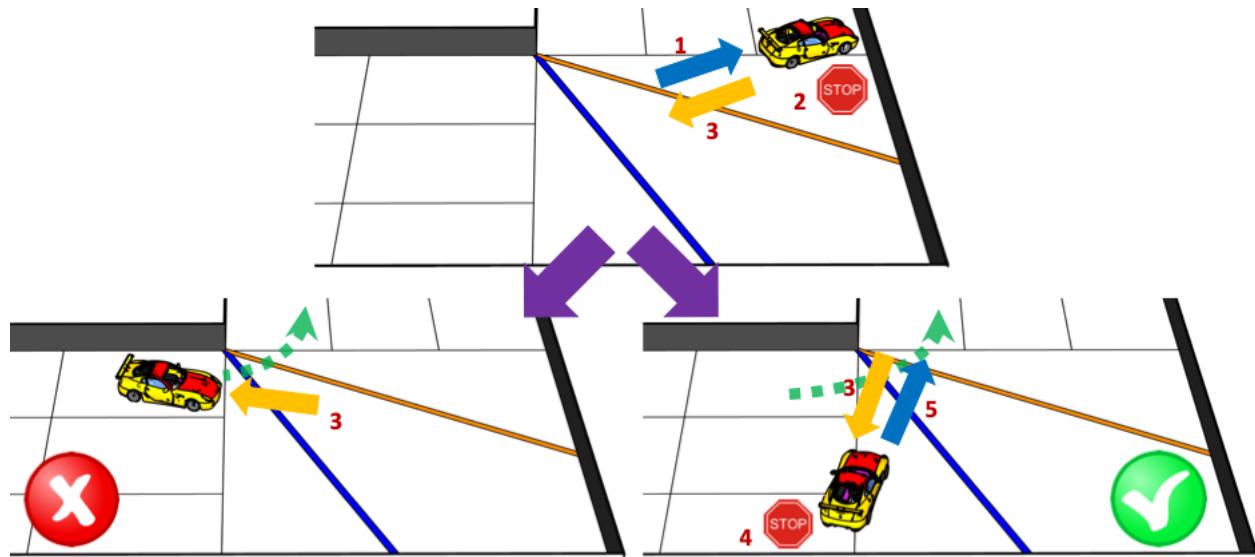


Рисунок 23: Самый дальний участок, который нужно двигаться в противоположном направлении, если транспортное средство частично остановилось в этом участке

Слева на рисунке выше рассматривается финал следующего сценария:

- Фаза 1: автомобиль изначально проехал по дорожке CCW (отражённая зелёной пунктирной стрелкой у стены)
- Фаза 2: Остановка на линии между двумя участками — передний участок в направлении кругового движения считается участком, где было изменено направление
- Этап 3: Он продолжил движение в противоположном направлении и полностью прошёл участок, который соседствует с участком, где было изменено направление.

Такое поведение ведёт к немедленному прекращению раунда.

Рассматривается сценарий, в котором раунд продолжается:

- Фаза 1: автомобиль изначально проехал по дорожке CCW (отражённая зелёной пунктирной стрелкой у стены)
- Фаза 2: Остановка на линии между двумя участками — передний участок в направлении кругового движения считается участком, где было изменено направление
- Фаза 3: Он изменил направление и начал двигаться в противоположном направлении
- Фаза 4: Машина остановилась на границе двух участков

- этап 5: продолжал движение CCW

Поскольку проекция автомобиля всё ещё частично находится в соседнем участке, снаряд не останавливается.

Случай 5: несколько раз менять направление

Транспортному средству разрешено несколько раз менять направление, но самый дальний участок для движения в противоположном направлении считается на основе ближайшего к финишному участку, где направление было изменено в первый раз:

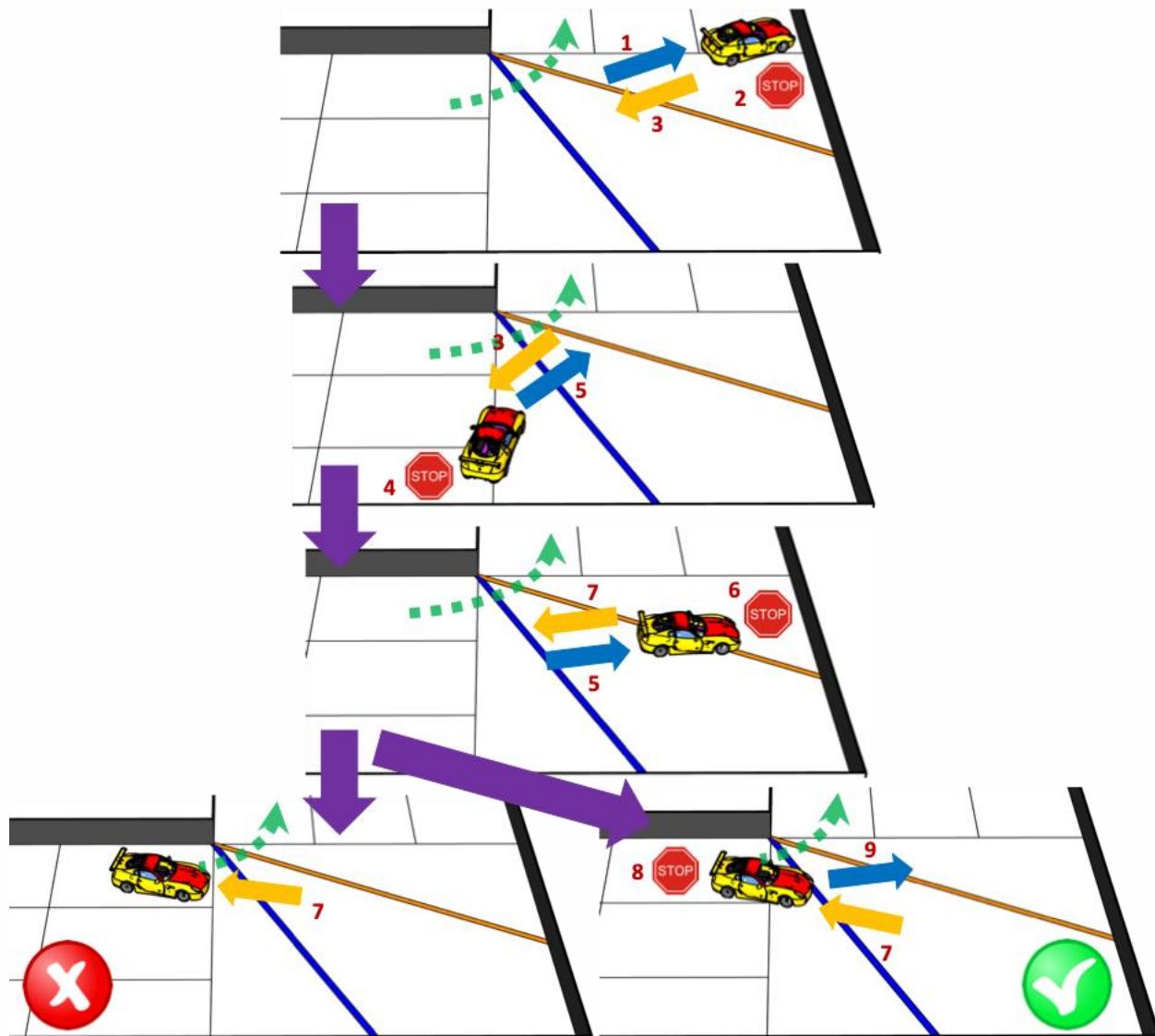


Рисунок 24: Возможность несколько раз менять направление, учитывая участок, который ближе всего к финишу

Приведённая выше рисунок позволяет рассмотреть разные исходы для случая, когда транспортное средство несколько раз меняет направление:

- Фаза 1: автомобиль изначально проехал по дорожке CCW (отражённая зелёной пунктирной стрелкой у стены)
- Фаза 2: Остановка на линии между двумя участками — передний участок в направлении кругового движения считается участком, где было изменено направление

- Фаза 3: Он изменил направление и начал двигаться в противоположном направлении
- Этапы 4 и 5: Автомобиль остановился на соседнем участке — рядом с участком, где направление было первоначально изменено, а затем продолжило движение в правильном направлении
- Этапы 6 и 7: Машина сменила направление ещё раз, но это не учитывается, так как предыдущий участок, где направление было изменено в противоположное, ближе к финишу
- Если транспортное средство полностью выезжает из соседнего участка, движущийся напротив, расчёт будет остановлен (левая сторона рисунка).
- Если только часть проекции автомобиля находится в участке рядом с соседним участком, это не будет считаться причиной для остановки круга (справа на рисунке).

Случай 6: Движение задом напрямую

Подсказка: старый случай 6 «знак проезжающего в противоположном направлении» был удален.

Движение сзади вперёд разрешено, если транспортное средство движется по кругу.

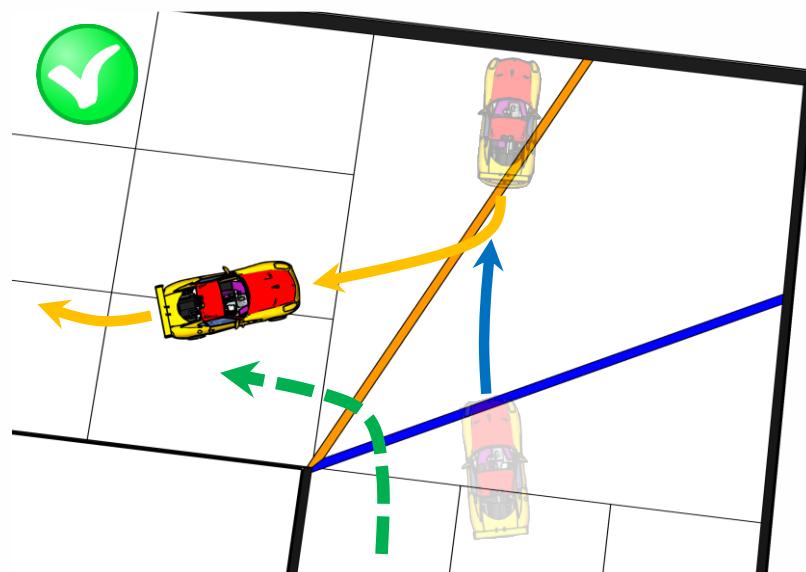


Рисунок 25: Движение сзади вперёд в направлении движения по кругу

В этом направлении к транспортному средству применяются правила проезда дорожных знаков аналогичным образом — красная колонна должна проходить справа; Зелёный столб должен пройти слева.

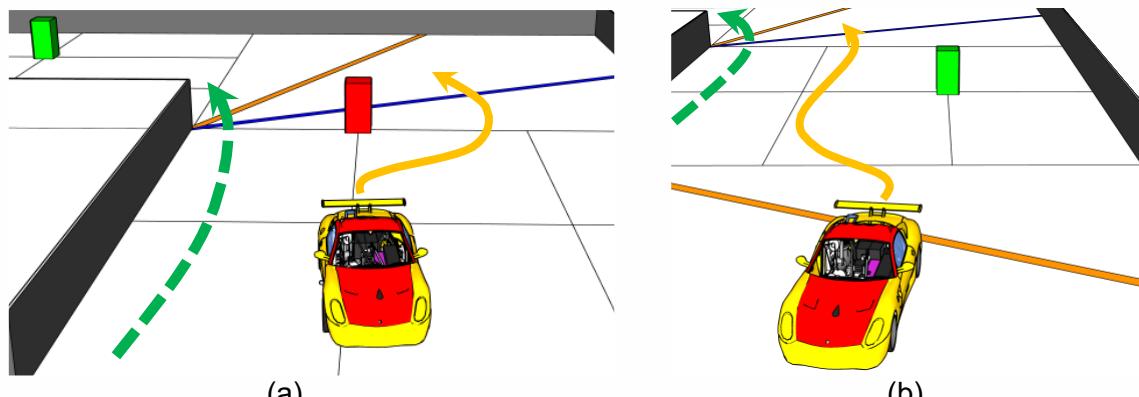


Рисунок 26: Правила проезда дорожных знаков при движении спиной к лицу

5. Объезд дорожных знаков с неправильной стороны

Хотя проезжать дорожные знаки с неправильной стороны запрещено, существует порог, который транспортное средство может использовать для распознавания состояния неисправности и исправления поведения.

Если транспортное средство неправильно объезжало дорожный знак, время не будет остановлено, если автомобиль не пройдёт полностью линию от внутренней стены к внешней стене (позже — радиус) и где находится дорожный знак.

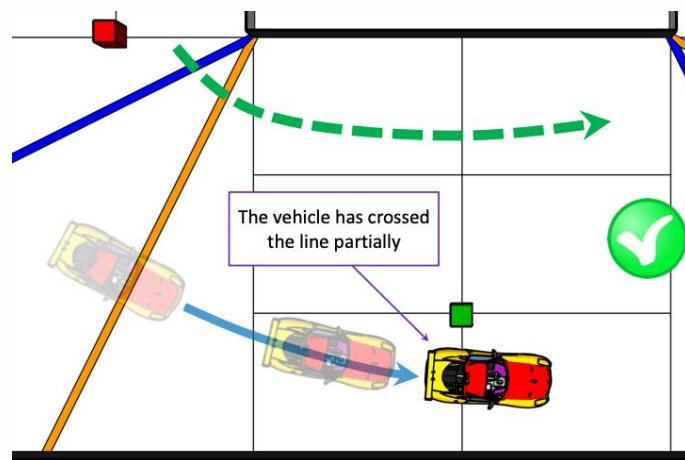


Рисунок 27: Автомобиль не проходит радиус при движении справа от зелёной колонны

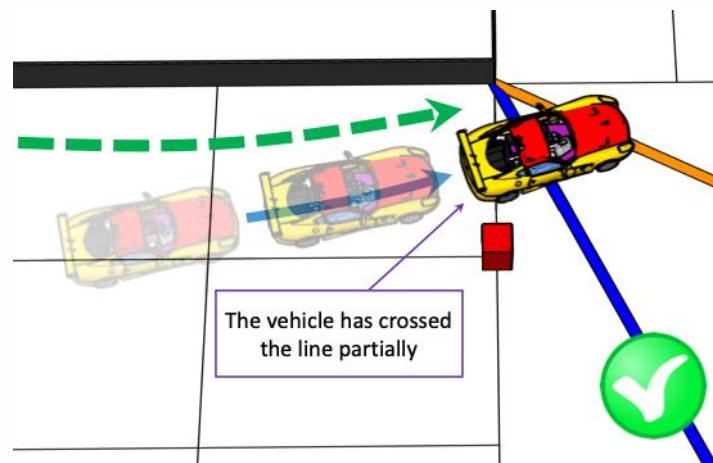


Рисунок 28: Транспортное средство не проходит радиус при движении справа от красного столба

Как только транспортные средства полностью пересекают радиус, судьи останавливают раунд.

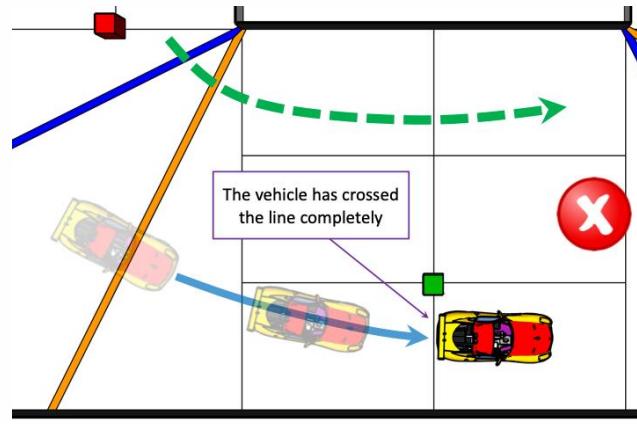


Рисунок 29: Автомобиль полностью пересекает радиус от правой стороны зелёной колонны

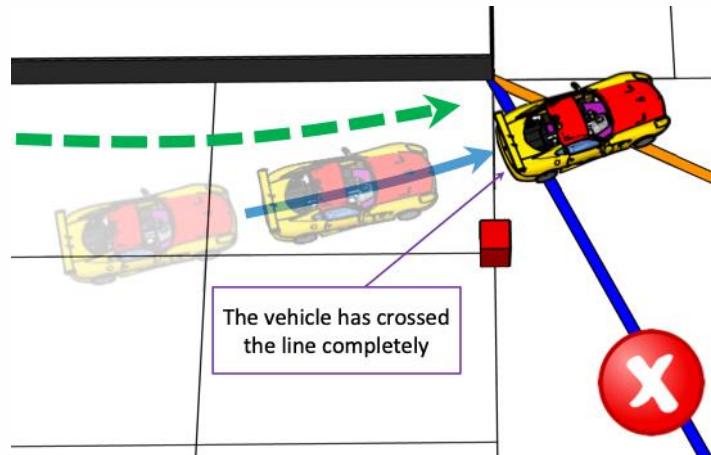


Рисунок 30: Транспортное средство полностью пересекает радиус с левой стороны красной колонны

То же самое применимо к ситуации, когда автомобиль движется сзади вперёд в круговом направлении.

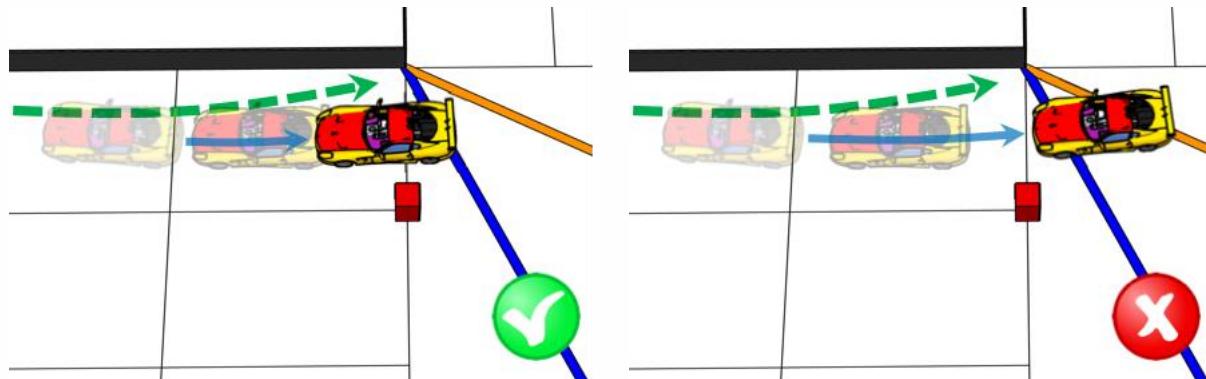


Рисунок 31: Автомобиль проходит радиус движения сзади вперёд

В испытании с препятствиями дорожные знаки нужно соблюдать только на трёх официальных кругах. На следующем маршруте к парковке их можно обойти направо или налево по желанию. Перемещать их всё ещё запрещено.

6. Парковка на парковке

Робот считается полностью припаркованным, когда проекция робота на коврике полностью находится внутри прямоугольника между двумя маркерами парковки (отмеченными серым цветом на фотографиях), а робот припаркован параллельно стене игрового поля. Робот считается параллельным, если расстояния между двумя колёсами с одной стороны и стеной не различаются более чем на 2 см.

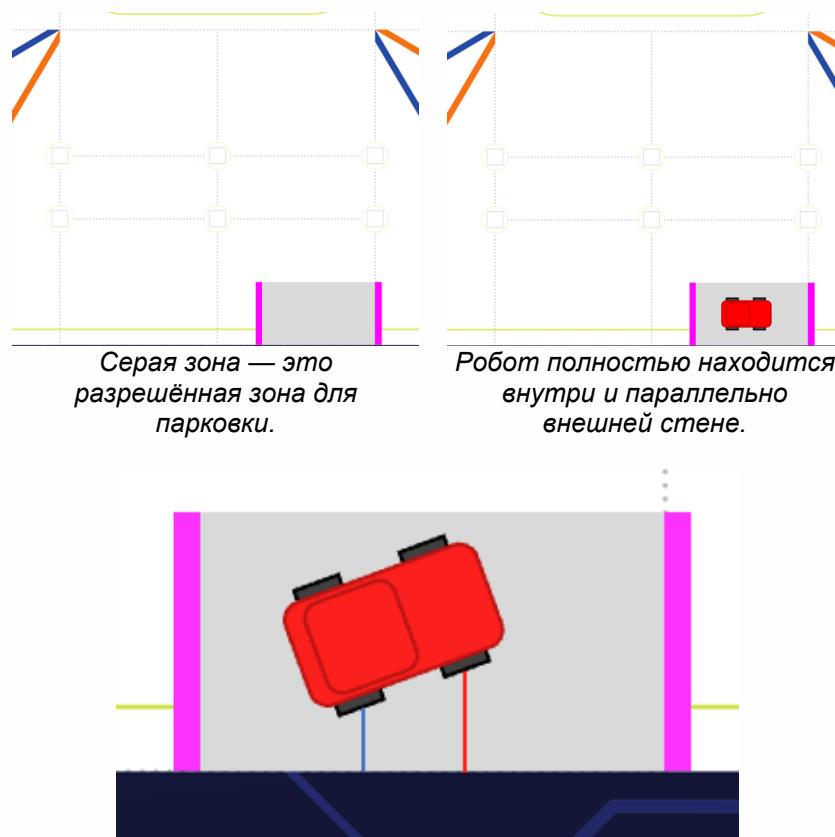


Рисунок 32: Полностью припаркованные ситуации

Робот считается частично припаркованным, тогда как проекция робота на коврике находится лишь частично внутри парковки.

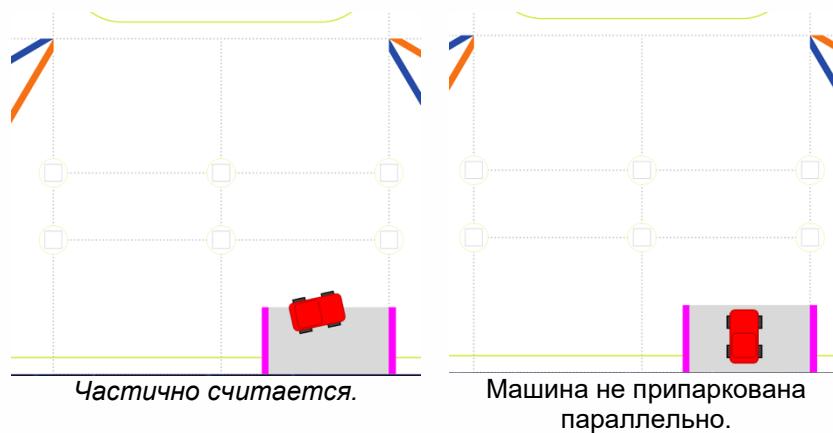


Рисунок 33: Частично припаркованные ситуации

Ограничения парковки не могут быть затронуты роботом. Когда их касаются, робот останавливается, и за парковку не начисляются очки.

Приложение В: Поле для национальных и региональных финалов

Главное отличие в подготовке к национальному/региональному финалу от международного финала заключается в том, как строить внутреннюю стену, поскольку конфигурация стен зависит от случайной подготовки перед каждым квалификационным раундом.

Ниже приведена рекомендация, которую можно использовать для подготовки сегментов внутренней стены.

Во-первых, эта рекомендация предполагает, что материал внутренней стены — это дерево, ДСП или МДФ. Затем стена состоит из четырёх частей: двух длинных сегментов и двух коротких, толщина каждого сегмента одинаковая. Эти сегменты фиксируются с помощью конформативных или купольных винтов и вставных гаек. Высота сегментов составляет 100 мм. Цвет сегментов — чёрный.

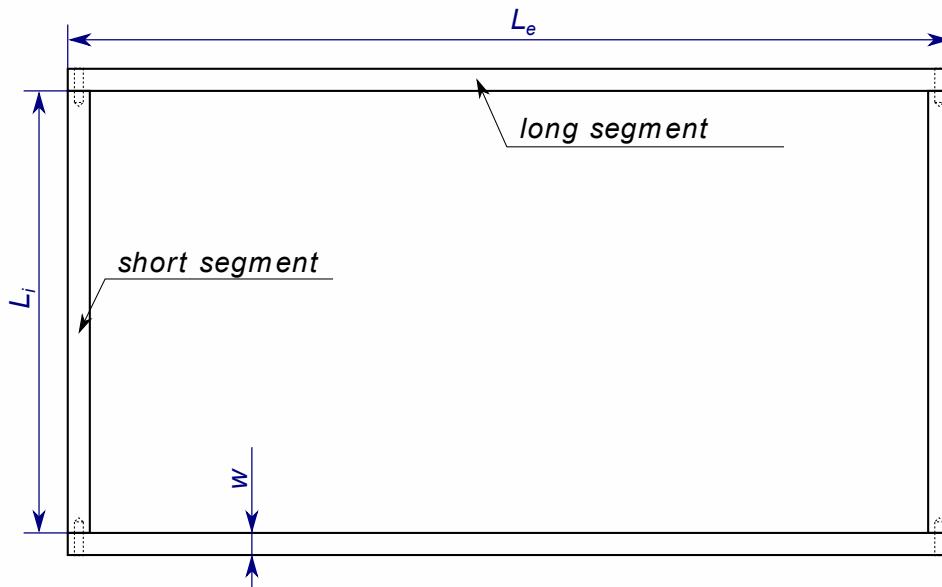


Рисунок 34: Схема сегментов, используемых для внутренней стены

Таким образом, все возможные конфигурации внутренней стены можно достичь, если подготовить следующие наборы сегментов:

Длинные сегменты	Короткие сегменты
2 сегмента на 1000 мм	2 сегмента на () мм $1000 - 2w$
2 сегмента на 1400 мм	2 сегмента на () мм $1400 - 2w$
2 сегмента для 1800 мм	2 сегмента на () мм $1800 - 2w$
	где «w» — толщина сегмента

Например, если толщина сегмента составляет 17 мм, длина коротких сегментов будет 966 мм, 1366 мм и 1766 мм.

После рандомизации перед раундом соответствующая комбинация сегментов фиксируется винтами и размещается на поле. Чтобы усложнить перемещение конструкции транспортным средством, некоторый вес мог быть размещен на внутренней стороне углов стены.

Приложение С: Требования к инженерному журналу и документации

C.1 Назначение инженерного журнала и репозитория GitHub

Журнал Engineering Journal и репозиторий GitHub вместе составляют основную документацию инженерной работы команды в категории Future Engineers.

Они выполняют четыре ключевые функции:

- A. Продемонстрируйте инженерный процесс команды, а не только финального робота.
- B. Позвольте судьям оценивать качество дизайнерских решений и системного мышления.
- C. Предоставить достаточно деталей, чтобы другая команда могла воспроизвести робота.
- D. Выступайте в роли отличителя, когда производительность роботов на поле схожа между командами.

Оценка основана не на визуальной красоте или длине, а на ясности и глубине инженерного рассуждения, качестве тестирования и итераций, а также воспроизводимости системы.

Однаковый критерий применяется ко всем возрастным группам (от 14 до 22 лет). Организаторы могут по желанию присуждать отдельные признания по возрасту (например, Junior Excellence, Senior Excellence, Collegiate Excellence), но рейтинги конкурсов и оценка документации используют единую рубрику.

C.2 Обзор оценки документации

Судьи оценивают документацию по пяти критериям, каждый из которых оценивается по четырёхуровневой шкале:

- A. Мобильность и механическое проектирование
- B. Архитектура мощности и датчиков
- C. Архитектура программного обеспечения и стратегия преодоления препятствий
- D. Системное мышление и инженерные решения
- E. Воспроизводимость и качество на GitHub

Каждый критерий оценивается как 0, 2, 4 или 6 очков:

- 0 = Доказательств не предоставлено
- 2 = Ограниченные доказательства

- 4 = Компетентная инженерия
- 6 = Продвинутая инженерия с сильным обоснованием

Максимальный общий балл — 30 очков.

Ожидается, что команды будут использовать обе методы:

- Структурированный **инженерный журнал** (PDF или аналогичный), и
- Хорошо организованный **репозиторий GitHub**, который хранит код, CAD, информацию о проводке и другие технические файлы.

Судьи будут использовать документацию, доступную к установленному в правилах срока. Команды могут обновлять свой репозиторий после этого времени, но обновления могут не учитываться во время оценки.

C.3 Критерии и описания баллов

В таблице ниже показана полная рубрика, которую будут использовать судьи.

C.3.1 Шкала оценки (применяется ко всем критериям)

Партитура Лейбл	Общее значение
6	Продвинутая инженерия
4	Компетентная инженерия
2	Ограниченные доказательства
0	Нет доказательств

Полностью обоснованные решения, тестирование, компромиссы и системное мышление

Чёткая, структурированная и воспроизводимая инженерная работа

Некоторая информация, но неполная или слабо обоснованная

Отсутствует, не имеет значения или не поддается оценке

C.3.2 Подробные описания критериев

Критерий 1: Мобильность и механическое проектирование

Уровень Описание

- | | |
|---|---|
| 6 | Включает рассуждение крутящего момента и скорости, компромиссы в дизайне и причины выбора компонентов. Показывает тестирование или итерации, повлиявшие на механическую конструкцию и улучшение производительности. |
|---|---|

Уровень Описание

- 4 Чёткое объяснение шасси, привода и рулевого управления. Схемы включены. Другая команда могла воспроизвести механическую конструкцию.
- 2 Описывает, как выглядит робот, но без рассуждений и схем.
- 0 Никакая информация или информация не является несущественной для мобильности и механического проектирования.

Что оценивается:

- Выбор конструкции шасси
- Рулевое управление и привод
- Рассуждение крутящего момента и скорости
- Механическая устойчивость и жёсткость
- Обоснование проектных решений

Что ищет оценщики:

- Доказательство того, что команда понимала, как механический дизайн влияет на производительность.
- Ясное объяснение, почему было выбрано конкретное решение для управления приводом и рулевым управлением.
- Использование тестирования для совершенствования механической конструкции.

Критерий 2: Архитектура питания и сенсоров

Уровень Описание

- 6 Включает расход энергии, компромиссы датчиков, обоснованное расположение с помощью геометрии поля, метод калибровки, точки отказа и доказательства итераций для повышения надёжности.
- 4 Предоставлена схема электропроводки. Объяснение расположения и выбора датчиков. Документация воспроизводима.
- 2 Перечисляется батарея и датчики, но без схем или значимых объяснений.

Уровень Описание

0 Информация о питании или датчиках не предоставляется.

Что оценивается:

- Архитектура энергосистемы
- Рассуждение и распределение тока
- Выбор и размещение датчиков
- Методы калибровки
- Схемы электропроводки

Что ищет оценщики:

- Доказательство того, что команда планировала распределение электроэнергии, а не только соединённые детали.
- Обоснование выбора и расположения датчиков.
- Учитывая шум, помехи, тени и подобные проблемы.

Критерий 3: Архитектура программного обеспечения и стратегия преодоления препятствий

Уровень Описание

6 Машина состояний с обоснованием. Алгоритмы обоснованы (например, PID, метод компьютерного зрения, слияние IMU). Крайние случаи решаются. Описывается процесс тестирования и настройки, включая метрики, используемые для оценки производительности.

4 Предоставлена блок-схема. Модули и функции чётко объяснены. Логика препятствий описывается и воспроизводима.

2 Базовое описание программного обеспечения и стратегии преодоления препятствий, но мало деталей и нет чёткой структуры.

0 Код вставляется без объяснений, или стратегию невозможно понять из документации.

Что оценивается:

- Модульность и структура кода
- Машины состояний или управляющий поток

- Следование за полосой и стратегия послушания препятствия
- Объяснение используемых алгоритмов
- Основная документация и комментарии по коду

Что ищет оценщики:

- Понимание того, как структура программного обеспечения поддерживает поведение робота.
- Чёткие стратегии следования по полосе, избеганию препятствий и послушанию сбоку.
- Доказательства тестирования и настройки, а не только окончательного кода.

Критерий 4: Системное мышление и инженерные решения

Уровень Описание

6 Определяются явные ограничения. Описываются компромиссы и циклы итерации. Риски и способы отказа обсуждаются с помощью средств по снижению последствий. В документации есть «мы выбрали X вместо Y, потому что...» рассуждение на основе данных или тестов.

4 Подсистемы картируются и объясняются их взаимодействия. Ограничения упоминаются и обсуждаются на базовом уровне.

2 Некоторые рассуждения или описания решений, но неполные или поверхностные.

0 Процесс принятия решений не виден. Документация описывает, что было сделано, но не объясняет почему.

Что оценивается:

- Как работают подсистемы вместе (мобильность, мощность, сенсоры, программное обеспечение, каркас).
- Инженерное рассуждение, лежащее в основе решений.
- Ограничения и компромиссы.
- Циклы итерации и тестирования.
- Выявление рисков и меры по снижению рисков.

Что ищет оценщики:

- Доказательство того, что команда думала о роботе как о системе, а не как о отдельных частях.
- Чёткие решения, принимаемые при таких ограничениях, как мощность, вес, обработка и время.

Criterion 5: Воспроизведимость и качество GitHub

Уровень Описание

6	Робот полностью воспроизводим, судя по документации. GitHub имеет чёткую структуру проекта, содержательные коммит-сообщения, задокументированный рабочий процесс тестирования и заметки по версионированию или релизу.
4	В README как минимум 5000 символов. Обязательные коммиты присутствуют. Включена информация о CAD, коде и проводке. Другая команда могла бы воспроизвести робота с разумными усилиями.
2	Репозиторий существует, но структура плохая, файлы отсутствуют или неясны, а воспроизводимость ограничена.
0	GitHub отсутствует, сломается или неполен до такой степени, что оценка невозможна.

Что оценивается:

- Структура и ясность GitHub
- История коммитов (как минимум три значимых коммита)
- Содержание и структура README
- Организация файлов
- CAD, код, проводка и связанные технические файлы
- Воспроизводимость робота

Что ищет оценщики:

- Профессиональная и удобная для использования документация.
- Доказательство того, что репозиторий отражает инженерный процесс, а не просто окончательный дамп кода.

C.4 Страница быстрой ссылки оценщика

Этот подраздел предназначен как одностороничное резюме, которое судьи могут использовать при подсчёте оценок.

C.4.1 Обзор рубрики компакта

Criterion	0 (Нет доказательств)	2 (Ограниченные доказательства)	4 (Компетентная инженерия)	6 (Продвинутая инженерия)
Мобильность и механическое проектирование	Механический информации нет.	Единственное описание внешнего вида	Прозрачный дизайн мехов, диаграммы, воспроизведимые	Включает рассуждение по крутящему моменту и скорости, компромиссы, тестирование и выравнивание
Архитектура мощности и датчиков	Нет информации о питании или датчиках	Только списки компонентов	Схема электропроводки, расположение и выбор датчиков объяснены, воспроизведимы	Энергопотребление, компромиссы датчиков, обоснование размещения, калибровка, обработка отказов
Архитектура программного обеспечения и стратегия преодоления препятствий	Нет объяснения кода или стратегии	Основное описание программного обеспечения	Блок-схема, объяснение модулей, логика препятствий, воспроизведимая	Обоснованные алгоритмы, автомат состояний, крайние случаи, метрики тестирования
Системное мышление и инженерные решения	Нет видимого процесса принятия решений	Некоторые рассуждения, неполные	Картирование подсистем и объяснение взаимодействий	Ограничения, компромиссы, итерация, риски и смягчение последствий аргументами «почему мы выбрали X»
Воспроизводимость и качество на GitHub	Отсутствующий или сломанный репозиторий	Плохая структура, частичные файлы	README, CAD, проводка и код, воспроизведимы	Полностью воспроизводимые, профессиональны

мы	ая структура, коммиты, рабочий процесс тестирования, версионировани е
----	--

C.4.2 Рекомендуемый рабочий процесс оценки (от 15 до 20 минут)

- A. Откройте репозиторий команды на GitHub и определите папки README и основные папки.
- B. Просмотрите Engineering Journal, чтобы найти разделы, соответствующие пяти критериям.
- V. Для каждого критерия проверяйте наличие доказательств, совпадающих с уровнями 0, 2, 4 и 6.
- G. Выберите один балл по критерию (0, 2, 4 или 6), основываясь только на доказательствах.
- D. Избегайте корректировки баллов в зависимости от национальности, возраста, языка или общего впечатления.
- E. Записывайте баллы и короткие комментарии, если нужно.

Качество языка не должно влиять на оценку, если только оно не мешает оценщику понять инженерную логику.

C.5 Командный контрольный список

Команды могут использовать этот чек-лист перед подачей документации.

C.5.1 Общие

- У нас есть Engineering Journal, который рассказывает историю нашей инженерной работы, а не только этапы сборки.
- У нас есть репозиторий на GitHub с чёткой структурой и всеми важными файлами.
- Наша документация объясняет, почему мы принимали решения, а не только то, что сделали.

C.5.2 По Criterion

Мобильность и механическое проектирование

- Объясняли ли мы, почему выбрали именно это шасси и систему привода?
- Включаем ли мы схемы механической компоновки?
- Описывали ли мы какие-либо тесты или изменения, которые улучшили дизайн?

Архитектура мощности и датчиков

- Показываем, как распределяется и регулируется власть?
- Оправдали ли мы выбор и расположение датчиков?
- Есть ли хотя бы одна схема проводки и описание калибровки?

Архитектура программного обеспечения и стратегия преодоления препятствий

- Показываем ли мы блок-схему или машину состояний для нашего программного обеспечения?
- Объясняем, как мы следуем по полосам и избегаем препятствий?
- Включали ли мы какие-то описания тестирования или настройки?

Системное мышление и инженерные решения

- Определяли ли мы такие ограничения, как мощность, вес, время или обработка?
- Показывали ли мы хотя бы один компромисс в дизайне и объясняли наш выбор?
- Показывали ли мы, как наш дизайн менялся со временем (версии 1, 2, 3)?

Воспроизводимость и качество на GitHub

- Может ли другая команда восстановить нашего робота по нашей документации?
- Объясняет ли наш README, как работает система и как её строить?
- Есть ли у нас хотя бы три значимых коммита с чёткими посланиями?
- CAD, проводка и кодовые файлы находятся внутри репозитория?

C.6 Глоссарий для молодых команд

Этот глоссарий предназначен для поддержки команд в возрасте от 14 до 16 лет, но полезен для всех.

- **Ограничение:** предел, в котором вы должны работать, такие как максимальный вес, ограниченная ёмкость аккумулятора, бюджет или время.
- **Компромисс:** выбор между двумя вещами, где улучшение одного делает другое хуже (например, больше скорости, но меньше точности).
- **Крутящий момент:** сила вращения от мотора. Более высокий крутящий момент помогает перемещать более тяжёлые грузы или подниматься на подъёмы.
- **Энергетический бюджет:** оценка того, сколько тока и мощности потребляет каждая часть робота, а также способны ли батарея и регуляторы с этим справляться.
- **Автомат состояний:** способ описать поведение робота как набор «состояний» (например, поиск, следование полосе, избегание препятствий) с правилами, которые указывают, когда переключаться из одного состояния в другое.

- **Калибровка:** Процесс настройки показаний датчика или параметров управления, чтобы робот правильно измерял и вел себя как ожидается.
- **Шум:** нежелательные изменения в показаниях или сигналах датчиков, которые могут вызывать нестабильное поведение.
- **Итерация:** повторение цикла «планировать, строить, тестировать, улучшать» для получения лучшего дизайна. Версии 1, 2 и 3 — это итерации.
- **Режим отказа:** Способ, при котором робот может потерять сцепление или плохо справиться, например, когда колёса теряют сцепление или датчики ослепляются светом.
- **Воспроизводимость:** возможность для кого-то другого следовать вашей документации и создавать того же робота с аналогичной производительностью.

C.7 Пример 6 / 4 / 2 / 0 Отрывки для каждого критерия

Эти примеры короткие и упрощённые, но показывают разницу между четырьмя уровнями.

C.7.1 Мобильность и механическое проектирование

- **Пример 6-го**

уровня: «Мы протестировали две передаточные числа: 1:30 и 1:50. В 1:30 робот достиг большей скорости, но не смог точно остановиться до линии остановки. На 1:50 он ускорился медленнее, но лучше управлял на крутых поворотах. Мы выбрали 1:50, потому что это увеличило стабильность круга с 60 до 85 процентов за 20 заездов.»

- **Пример 4-го**

уровня: «Наш робот использует дифференциальный привод с двумя 12-вольтовыми постоянными двигателями и омни-колёсами. Компоновка шасси и крепление мотора показаны на рисунке 3. Управление осуществляется за счёт изменения оборотов левого и правого моторов. Колесная база и ширина колеи показаны на размерном чертеже в приложении А.»

- **Пример второго**

уровня: «Наш робот имеет прочное шасси с четырьмя колёсами и двумя моторами. Он хорошо ездит и стабилен на трассе.»

- **Пример уровня**

0 «Вот фотография нашего робота.» (Больше объяснений нет.)

C.7.2 Архитектура питания и сенсоров

- **Пример 6-го**

уровня: «Общее потребление тока при пиковом ускорении составляет примерно 3,2 А для приводных двигателей и 0,8 А для электроники. Поэтому мы выбрали регулятор понижения 5 А. Мы протестировали две позиции камеры. Первое положение вызывало блики от верхнего света, поэтому мы подняли камеру на 3 см выше и наклонили её вниз на 10 градусов, что снизило количество ошибок на 40 процентов.»

- **Пример уровня 4**

«На рисунке 5 показана наша схема проводки. Основная батарея LiPo с тремя элементами питает 12 В для моторов и 5-вольтовый регулятор для Raspberry Pi и датчиков. Мы используем два датчика ToF в передних углах, чтобы обнаруживать столбы и объяснять их расположение с обеих сторон робота.»

- **Пример второго**

уровня: «Мы используем батарею LiPo и несколько датчиков: два ультразвуковых сенсора, камеру и IMU. Мы подключаем их к распределительному щиту.»

- **Пример уровня 0 Нет упоминания о том, как питаются детали и где расположены датчики.**

C.7.3 Архитектура программного обеспечения и стратегия преодоления препятствий

- **Пример 6-го**

уровня: «Следование за нашей полосой использует пропорциональный контроллер, основанный на боковом смещении обнаруженного центра полосы. Мы попробовали управление ударом, но оно вызывало колебания возле углов. Конечный автомат на рисунке 8 показывает состояния для LaneFollow, AvoidPillarLeft и AvoidPillarRight. Мы фиксируем количество вмешательств за круг и настраиваем контроллер, чтобы минимизировать эти вмешательства.»

- **Пример уровня**

4"Рисунок 7 показывает блок-схему нашей основной программы. Сначала мы определяем полосу, вычисляем угол руления, проверяем наличие опор и соответственно корректируем траекторию. Каждый из этих блоков реализован в отдельном Python-модуле, который мы объясняем в тексте.»

- **Пример второго**

уровня: «Мы написали код, который считывает камеру и сенсоры, а затем управляет моторами. Робот отворачивается от препятствий, когда видит их.»

- **Пример уровня 0**Только кодовые списки без объяснения того, что делает код или как ведёт себя робот.

C.7.4 Системное мышление и инженерные решения

- **Пример 6-го**

уровня: «Мы рассмотрели две архитектуры: только с встроенным видением и разделённую систему с обработкой edge от робота. Из-за задержки и зависимости от беспроводной связи мы выбрали полностью встроенную обработку, хотя это увеличивало нагрузку на процессор. Мы снизили частоту кадров с 30 до 15 fps, чтобы CPU оставался ниже 70%. В нашей таблице риска перегрев был выявлен как режим отказа, поэтому мы добавили вентилятор и подтвердили, что температура оставалась ниже 60 градусов Цельсия в течение 15-минутного забега.»

- **Пример уровня**

4: «Наша общая система показана на блок-схеме на рисунке 2. Подсистемы привода, датчиков, обработки и питания соединены, как показано. Мы кратко объясняем, как они взаимодействуют, чтобы пройти один круг.»

- **Пример второго**

уровня: «В течение сезона мы приняли несколько решений, например, заменили моторы и перемещали датчики. Мы описываем эти изменения, но без подробного объяснения.»

- **Пример уровня 0**Документация описывает только итоговый дизайн без упоминания вариантов, компромиссов или проблем.

C.7.5 Воспроизводимость и качество GitHub

- **Пример уровня**

6: «Наш репозиторий GitHub содержит весь код, CAD, STL-файлы и схемы подключения. README объясняет, как собрать робота шаг за шагом. Каждое крупное изменение фиксируется с фиксационным сообщением, таким как «Добавлено настройка PID» и «Улучшено обнаружение столба». Релиз v1.0 соответствует региональному событию, а версия v2.0 — финальной международной версии. Наш рабочий процесс тестирования документирован в tests.md.»

- **Пример 4-го**

уровня: «Репозиторий включает полную кодовую базу, 3D-модели и схему подключения. README описывает, как установить программное обеспечение и запустить основную программу. У нас как минимум три коммита показывают прогресс.»

- **Пример второго**

уровня: «Мы загрузили наш финальный код на GitHub. README кратко описывает нашего робота.»

- **Пример уровня 0Отсутствующий репозиторий, пустой репозиторий или репозиторий, который не могут быть открыты судьями.**

Приложение D: Минимальный набор электромеханических компонентов

Ниже приведён список оборудования, которое может использоваться для электромеханических частей транспортного средства. Это скорее предложение, чем требования. Команды сами по себе следуют этим рекомендациям или нет.

- Одноплатный компьютер: он будет использоваться для обработки видео в реальном времени, анализа данных сенсоров, отправки и управления сигналами на моторный контроллер.
- одноплатный микроконтроллер + моторный щит: это сочетание оборудования получает управляющие сигналы от основного SBC и работает соответственно с моторами.
- широкоугольная камера
- Два датчика расстояния
- Два световых датчика
- Сервомотор: он управляет рулевым управлением
- Постоянного тока с коробкой передач: он управляет скоростью автомобиля
- по крайней мере один энкодер: он позволяет транспортному средству измерять угловую скорость постоянного тока
- IMU (инерциальный измерительный модуль) — обычно это комбинация гироскопа и акселерометра: его можно использовать для улучшения навигации аппарата
- две батареи: одна для SBC и SBM, другая — для моторов
- стабилизатор напряжения: он необходим для обеспечения достаточного питания для SBC/SBM
- два переключателя для подключения аккумуляторов к энергопотребляющим: SBC/SBM, моторы
- Кнопка: Можно использовать как спусковой крючок для начала раунда

Пример конфигурации транспортного средства может быть:

- Шасси с дистанционно управляемого (RC) автомобиля
- Основной контроллер — Raspberry Pi 3 (<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>) и MicroSD-карта для хранения операционной системы и программ.
- Модуль камеры (<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>) с ультраширокоугольным объективом
- Мотор и контроллер датчиков — Arduino UNO (<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>) с прототипирующим щитом (<https://store.arduino.cc/proto-shield-rev3-uno-size>)
- Контроллер постоянного тока (<https://www.robotshop.com/en/cytron-13a-5-30v-single-dc-motor-controller.html>)
- Мотор постоянного тока для привода автомобиля (может быть частью шасси),
- Сервомотор для управления (возможно, часть шасси)
- Датчик IMU (<https://www.sparkfun.com/products/13762>)

- 2 Ультразвуковой датчик расстояния (<https://www.sparkfun.com/products/15569>)
- 2 аналоговых датчика линии (<https://www.sparkfun.com/products/9453>)
- Роторный кодировщик (<https://www.sparkfun.com/products/10790>)
- Внешний USB-аккумулятор с хабом для распределения потребления между Raspberry Pi и Arduino
- Дополнительная батарея, подходящая для питания постоянного тока (возможно, часть корпуса)