

# РОБОТОТЕХНИКА

Инженерно-технические кадры инновационной России



## Соревнование Автономные машины. Правила игры (Профессиональный уровень)

Гранатов Михаил Георгиевич

Челябинский Государственный Университет

Лаборатория робототехники

454001, г. Челябинск,

ул.Братьев Кашириных, 129

Академия Робозум, CEO

[robozoom96@gmail.com](mailto:robozoom96@gmail.com)

Галка Алексей Анатольевич

Южно-Уральский государственный университет

Учебный мастер кафедры «Электропривод, мехатроника и  
электромеханика»

454080 Челябинск,

проспект Ленина, 76

Соруш Садегхнеад, Амирмахди Зариф, Амирмохаммад  
Зариф

Лаборатория проектирования биоинспирированных систем

Факультет биомедицинской инженерии

Амиркабирский технологический университет

Тегеран, 158754413, Иран

[s.sadeghnejad@aut.ac.ir](mailto:s.sadeghnejad@aut.ac.ir)



## Аннотация

Соревнования Автономные автомобили фокусируется на том, чтобы вдохновить исследователей на разработку беспилотных транспортных средств. В соревнованиях Автономные автомобили имеются несколько полигонов. Для каждого полигона разработана своя система оценки, а итоговый балл определяется как сумма результатов обоих испытаний.

## Оглавление

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Оглавление .....                                                                              | 2  |
| Введение. Беспилотные транспортные системы с мини-ПК .....                                    | 4  |
| 1. Правила игры .....                                                                         | 5  |
| 2. Соревновательные поля.....                                                                 | 6  |
| 3. Ход игры .....                                                                             | 7  |
| 4. Парковка .....                                                                             | 8  |
| 4.1. Введение. ....                                                                           | 8  |
| 4.2. Описание задания : .....                                                                 | 8  |
| 4.2.1. Параллельная парковка .....                                                            | 8  |
| 4.2.2. Перпендикулярная парковка .....                                                        | 10 |
| 5. Обгон .....                                                                                | 13 |
| 5.1. Введение.....                                                                            | 13 |
| 5.2. Описание задачи .....                                                                    | 13 |
| 6. Тест системы превентивного торможения.....                                                 | 14 |
| 6.1. Введение.....                                                                            | 14 |
| 6.2. Описание задания: .....                                                                  | 14 |
| 6.2.1. Движущийся пешеход вдоль по линии движения ТС.....                                     | 15 |
| 6.2.2. Движущийся пешеход поперек линии движения ТС .....                                     | 15 |
| 6.2.3. Пешеход перебегающий поперек из-за стоящей машины .....                                | 16 |
| 6.2.4. Движущийся велосипедист вдоль по линии движения ТС .....                               | 16 |
| 6.2.5. Движущийся велосипедист поперек линии движения ТС .....                                | 17 |
| 6.2.6. Выезжающий из-за стоящей машины велосипедист .....                                     | 17 |
| 6.2.7. В ночное время (тоннель): (Сезон 2023/2024).....                                       | 18 |
| 6.2.8. Поворот налево в условиях дорожного трафика. (Сезон 2023/2024) .....                   | 18 |
| 6.2.9. Поворот направо с пропуском движущегося через переход пешехода. (Сезон 2023/2024)..... | 19 |
| 6.2.10. .... Движение задним ходом к переходящему поперек пешеходу. (Сезон 2023/2024).....    | 19 |
| 7. Выезд со второстепенной дороги в горку на трассу (сезон 2023/2024)<br>20                   |    |
| 7.1. Введение.....                                                                            | 20 |

|       |                                               |    |
|-------|-----------------------------------------------|----|
| 7.2.  | Описание задания .....                        | 20 |
| 8.    | Автономная гонка на скорость.....             | 21 |
| 9.    | Тест системы технического зрения .....        | 24 |
| 10.   | Автономная гонка с препятствиями .....        | 28 |
| 11.   | Автономное вождение в городе со знаками ..... | 30 |
| 12.   | Мини дарпа Индастриал: Пороги .....           | 35 |
| 12.1  | Введение.....                                 | 35 |
| 12.2  | Описание задачи .....                         | 35 |
| 13.   | Мини дарпа Индастриал: Дверь .....            | 36 |
| 13.1. | Введение.....                                 | 36 |
| 13.2. | Описание задачи .....                         | 36 |
| 14.   | Мини дарпа Индастриал: Лестница .....         | 37 |
| 14.1. | Введение.....                                 | 37 |
| 14.2. | Описание задачи .....                         | 37 |
| 15.   | Мини дарпа Индастриал: подъем груза.....      | 38 |
| 15.1. | Введение.....                                 | 38 |
| 15.2. | Описание задачи .....                         | 38 |
| 16.   | Техническое описание и видео .....            | 39 |
| 17.   | Изменение правил .....                        | 40 |
| 18.   | Глоссарий .....                               | 41 |

## **Введение. Беспилотные транспортные системы с мини-ПК.**

За основу этих состязаний были взяты регламенты ведущих и международных состязаний:

Fira Autonomous Cars -

<https://docs.google.com/document/d/1JIDED3eSy1elq4Jrc4L8M0LGSziAxxGFpkfxNdrqXAAQ/edit#>

DARPA Robotics Challenge - <https://www.darpa.mil/news-events/drc-finals>

Robocup@WORK - <https://atwork.robocup.org/wp-content/uploads/2022/04/RulebookFinal2022.pdf>

Robocup@Home - <https://robocupathome.github.io/RuleBook/rulebook/master.pdf>

Cyathlon - [https://cyathlon.ethz.ch/documents/races-and-rules/CYBATHLON%202024/CYBATHLON\\_RacesAndRules\\_2024.pdf](https://cyathlon.ethz.ch/documents/races-and-rules/CYBATHLON%202024/CYBATHLON_RacesAndRules_2024.pdf)

Роботраффик с техническим зрением - <http://www.robocuprussiaopen.ru/data/2022/rules/2022-RoboTraffic-ru.pdf>

Общая таблица дисциплин состязаний сезона 2022/2023 и максимальных баллов.

|     |                                                     |     |
|-----|-----------------------------------------------------|-----|
| 1.  | Парковка                                            |     |
| 2.  | Параллельная парковка на заранее заданном месте     | 50  |
| 3.  | Параллельная парковка в произвольном месте          | 100 |
| 4.  | Перпендикулярная парковка на заранее заданном месте | 50  |
| 5.  | Перпендикулярная парковка в произвольном месте      | 100 |
| 6.  | Обгон                                               | 100 |
| 7.  | Тест системы превентивного торможения               |     |
| 8.  | Движущийся пешеход вдоль по линии движения ТС       | 100 |
| 9.  | Движущийся пешеход поперек линии движения ТС        | 100 |
| 10. | Пешеход перебегающий поперек из-за стоящей машины   | 100 |
| 11. | Движущийся велосипедист вдоль по линии движения ТС  | 100 |
| 12. | Движущийся велосипедист поперек линии движения ТС   | 100 |
| 13. | Выезжающий из-за стоящей машины велосипедист        | 100 |
| 14. | Автономная гонка на скорость                        | 100 |
| 15. | Тест системы технического зрения                    | 100 |
| 16. | Автономная гонка с препятствиями                    | 100 |
| 17. | Автономное вождение в городе со знаками             | 200 |
| 18. | Мини дарпа Индастриал: Пороги                       | 100 |

|     |                                     |      |
|-----|-------------------------------------|------|
| 19. | Мини дарпа Индастриал: Дверь        | 100  |
| 20. | Мини дарпа Индастриал: Лестница     | 100  |
| 21. | Мини дарпа Индастриал: подъем груза | 200  |
|     | Максимальное число баллов           | 2000 |

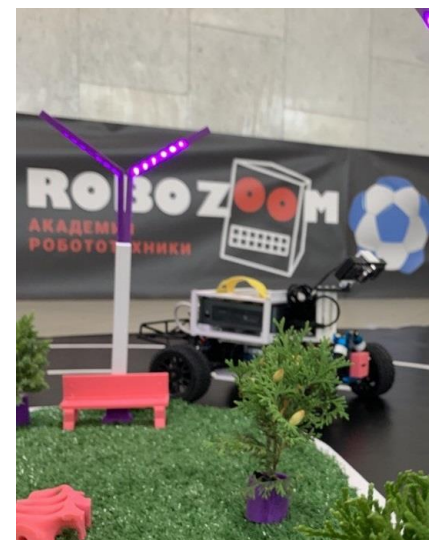
## 1. Правила игры

Робототехническая платформа автомобильного типа (далее по тексту автомобиль), используемая для этого соревнования, должна иметь электрическое питание. Автомобили, работающие на топливе, не могут использоваться в этом соревновании. Пожалуйста, помните, что для участия в соревновании автомобиль должен соответствовать следующим ограничениям:

- 1.1. Длина: 550 мм
- 1.2. Ширина: 300 мм
- 1.3. Высота: **не ограничена**
- 1.4. Наличие электрического питания

Минимальные размеры автомобиля не ограничиваются.

К соревнованию допускаются как полноприводные автомобили, так и автомобили с двумя ведущими колёсами. За несколько минут до каждого группового заезда автомобиль будет помещаться на карантин. Автомобили, участвующие в этом соревновании, должны иметь минимум 2 колеса. Ниже на изображении показаны допущенные к соревнованиям роботы:



Просьба учитывать, что инфракрасные датчики линии использовать не разрешается. По общим вопросам, связанным со всеми мероприятиями (игровое поле, освещение, ответственность судей) просьба обращаться к разделу - Общие правила.

Просьба учитывать – использование одноплатных камер (Pixy, OPENMV, и др.) допускается, в сезоне 2022/2023 отдельной лиги для подобных камер не будет.

## 2. Соревновательные поля

Соревновательное поле представляет из себя полотно баннерной ткани с напечатанными на ней объектами, места размещения объектов и.т.д.

Существует несколько версий поля:

- 2.1. Самое простое поле - напечатанное поле на баннерной ткани БЕЗ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЛАКА. Такое поле меньше бликует, достаточно не дорого в печати и доступно для размещения к классам из-за подходящего размера самого поля.
- 2.2. Среднее поле - напечатанное поле на баннерной ткани (БЕЗ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЛАКА) с размещенной на выделенных местах инфраструктурой.
- 2.3. Максимальное поле - напечатанное поле на вспененном пластике либо на баннерной ткани с размещенной на выделенных местах инфраструктурой на многослойной основе.

Данные версии полей необходимы для проведения соревнований по архитектуре с привлечением школьников и студентов соответствующих учебных заведений.

Предполагается наличие виртуального 3D-макета поля для финала. Для регионального этапа организаторы могут по своему усмотрению оставить поля без инфраструктуры, однако это существенно повлияет на уровень подготовки, так как объекты инфраструктуры не могут оставаться незамеченными ни камерой, ни датчиками робота при выполнении заданий.

Размеры полей:

## ***3. Ход игры***

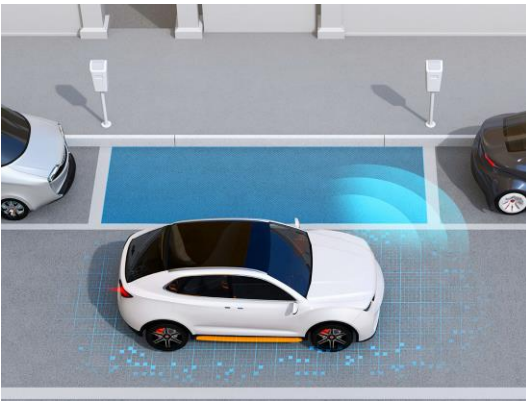
Соревнования состоят из двух этапов: предварительного, где демонстрируются базовые возможности ТС команды и финального, который включает в себя сочетания базовых элементов беспилотного ТС. Команды допускаются до финального этапа в зависимости от баллов, набранных на предварительном этапе. Баллы, набранные на предварительном этапе, будут обнулены при переходе в финал. Порядок заездов команд определяется жеребьёвкой за день до соревнований. Для команд, которые не участвовали в основной жеребьёвке будет проводиться отдельная, а их заезды будут проходить в начале соревнований.

Соревнования состоят из двух частей, для каждой из которых имеется своя система оценивания. Итоговые баллы формируются как сумма результатов двух частей.

Каждый автомобиль должен выполнить специальное задание, такое как навигация с использованием дорожных знаков. Далее в документе более подробно представлено описание каждой из частей соревнований.

## 4. Парковка

### 4.1. Введение.



Кроме движения беспилотного транспортного средства, очень важной задачей является правильная парковка, как на параллельная, так и перпендикулярная. Задание может выполняться на заранее обозначенном месте или на произвольном.

### 4.2. Описание задания :

#### 4.2.1. Параллельная парковка

4.2.1.1. На заранее заданном месте :

4.2.1.1.1. Зона парковки робота располагается в заранее заданном месте, определенным в начале соревнований.

4.2.1.1.2. Время выполнения задания - 5 минут, таймер запускается с момента свитка судьи.

4.2.1.1.3. В течение 5 минут команда может совершить неограниченное количество запусков

4.2.1.1.4. С момента начала выполнения задания автомобиль должен доехать до свободного парковочного места и выполнить параллельную парковку.

4.2.1.1.5. Трасса представляет из себя прямой участок трассы с разметкой и зонами для параллельной парковки. На трассе будет несколько свободных мест для парковки. Перед стартом выставляются свободные места для парковки.

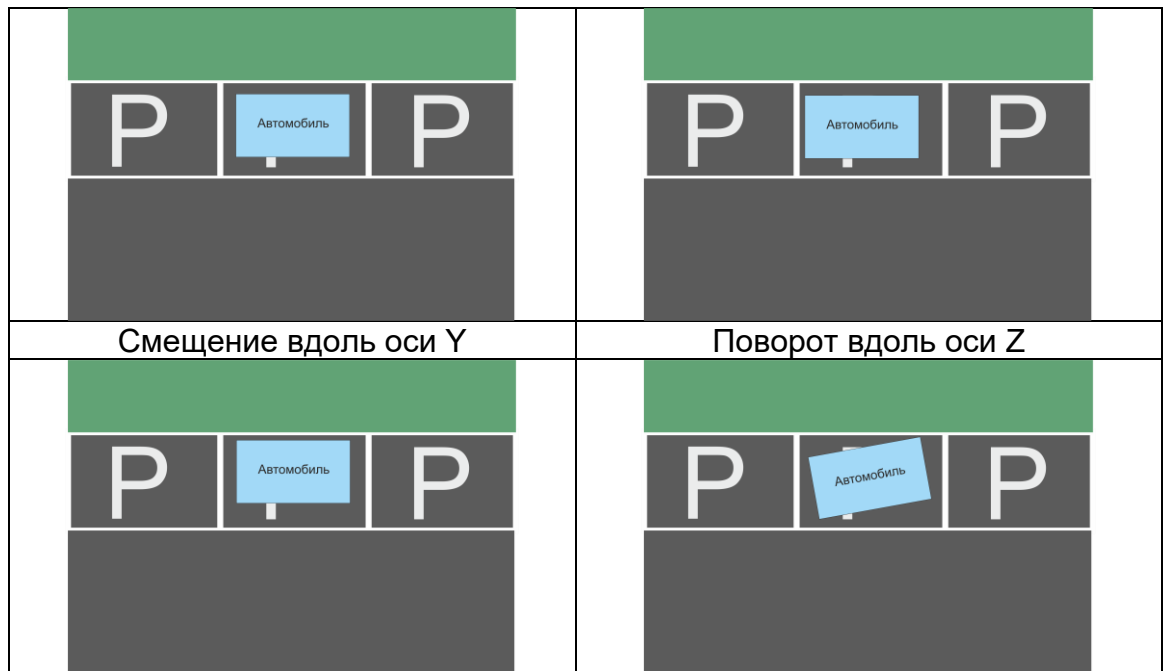
4.2.1.1.6. Попытка считается завершенной и таймер останавливается, когда автомобиль заехал в зону парковки и остановился.

4.2.1.1.7. Баллы списываются за смещение внутри зоны парковки по нескольким осям.

4.2.1.1.8. Баллы списываются за поворот вдоль оси Z внутри зоны парковки. Допустимый угол ошибки не более 10 градусов

|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| Правильная парковка | Смещение вдоль оси X |
|---------------------|----------------------|





4.2.1.1.9. Начисление баллов:

| Распределение баллов за парковку в заранее заданном месте |                     |                                   |                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Критерии                                                  | Правильная парковка | Штраф за смещение робота по оси X | Штраф за смещение робота по оси Y | Штраф за поворот робота по оси Z |
| Баллы                                                     | 50                  | 5                                 | 5                                 | 5                                |

## 4.2.1.2. На произвольном месте

4.2.1.2.1. Зона парковки робота неопределенна перед стартом.

4.2.1.2.2. Время выполнения задания - 5 минут, таймер запускается с момента свитка судьи.

4.2.1.2.3. В течение 5 минут команда может совершить неограниченное количество запусков

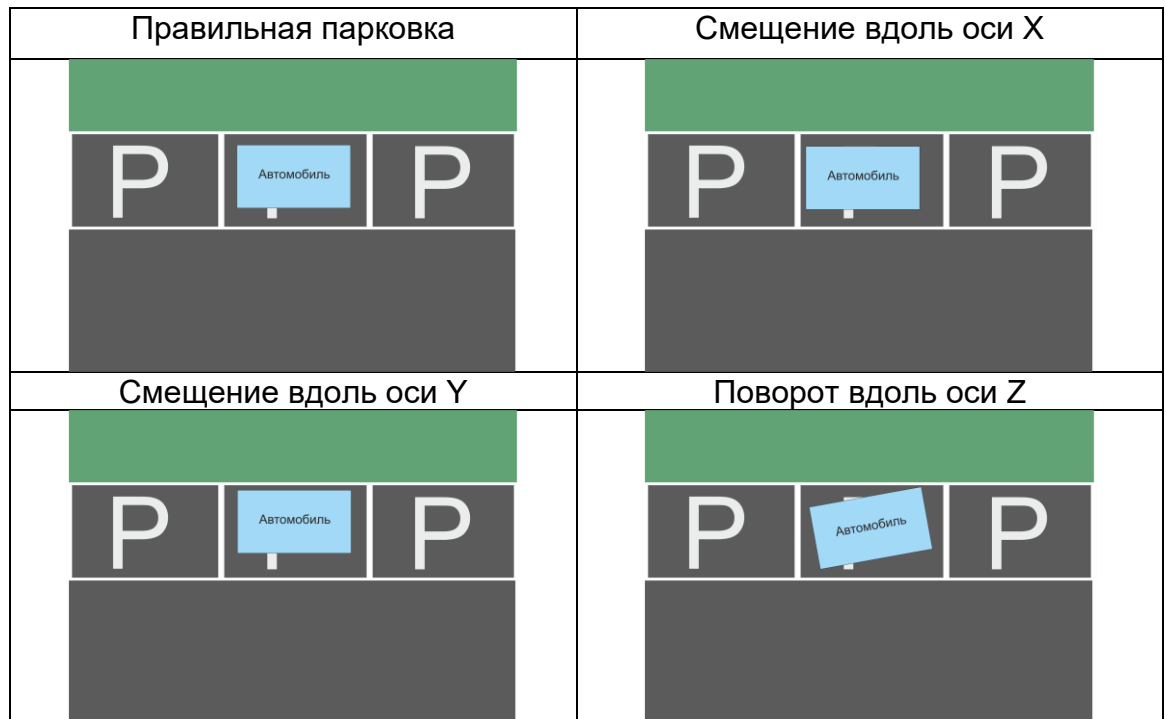
4.2.1.2.4. С момента начала выполнения задания автомобиль должен доехать до свободного парковочного места и выполнить параллельную парковку.

4.2.1.2.5. Трасса представляет из себя прямой участок трассы с разметкой и зонами для параллельной парковки. На трассе будет несколько свободных мест для парковки. Перед стартом выставляются свободные места для парковки.

4.2.1.2.6. Попытка считается завершенной и таймер останавливается, когда автомобиль заехал в зону парковки и остановился.

4.2.1.2.7. Баллы списываются за смещение внутри зоны парковки по нескольким осям.

4.2.1.2.8. Баллы списываются за поворот вдоль оси Z внутри зоны парковки. Допустимый угол ошибки не более 10 градусов



#### 4.2.1.2.9. Начисление баллов:

| Распределение баллов за парковку на произвольном месте |                     |                                   |                                   |                                  |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Критерии                                               | Правильная парковка | Штраф за смещение робота по оси x | Штраф за смещение робота по оси y | Штраф за поворот робота по оси Z |
| Баллы                                                  | 100                 | 5                                 | 5                                 | 5                                |

#### 4.2.2. Перпендикулярная парковка

4.2.2.1. На заранее заданном месте :

4.2.2.1.1. Зона парковки робота располагается в заранее заданном месте, определенным в начале соревнований.

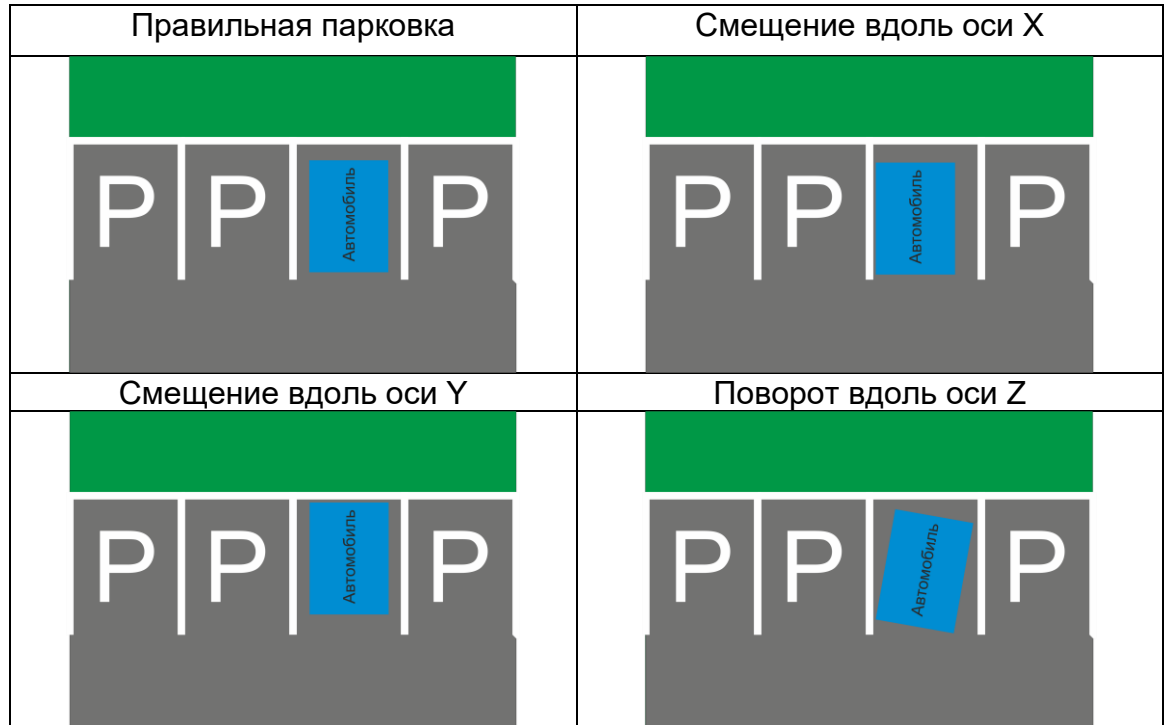
4.2.2.1.2. Время выполнения задания - 5 минут, таймер запускается с момента свитка судьи.

4.2.2.1.3. В течение 5 минут команда может совершить неограниченное количество запусков

4.2.2.1.4. С момента начала выполнения задания автомобиль должен доехать до свободного парковочного места и выполнить параллельную парковку.

4.2.2.1.5. Трасса представляет из себя прямой участок трассы с разметкой и зонами для параллельной парковки. На трассе будет несколько свободных мест для парковки. Перед стартом выставляются свободные места для парковки.

- 4.2.2.1.6. Попытка считается завершенной и таймер останавливается, когда автомобиль заехал в зону парковки и остановился.
- 4.2.2.1.7. Баллы списываются за смещение внутри зоны парковки по нескольким осям.
- 4.2.2.1.8. Баллы списываются за поворот вдоль оси Z внутри зоны парковки. Допустимый угол ошибки не более 10 градусов



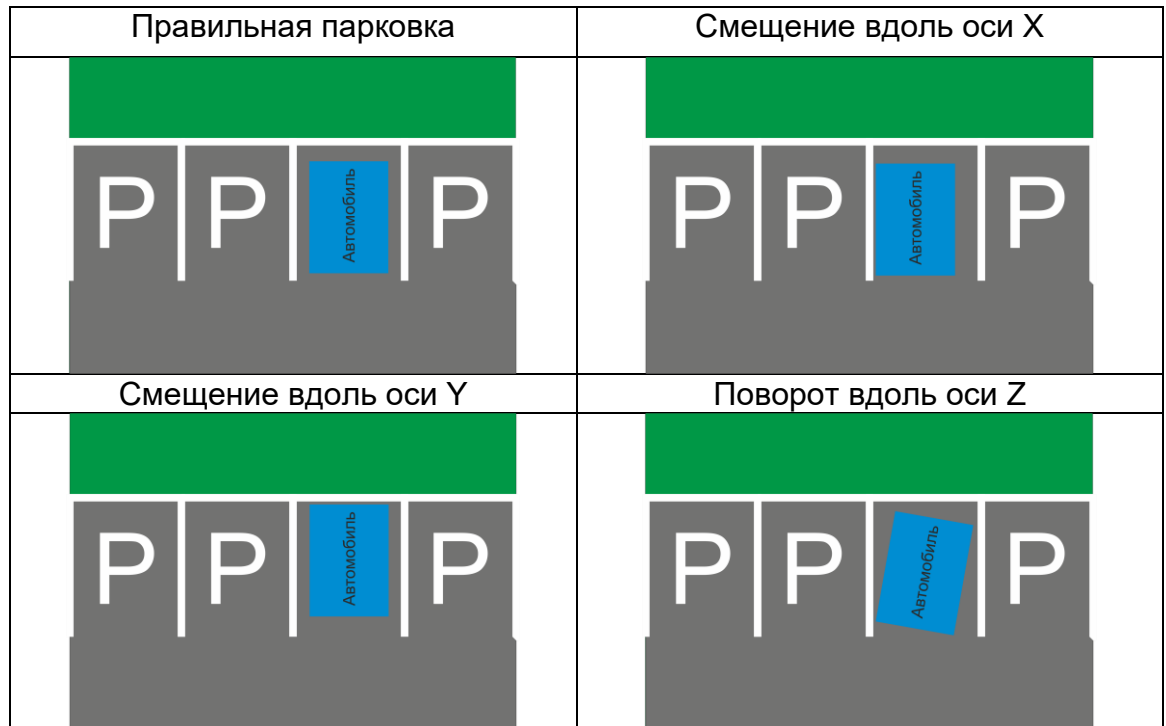
#### 4.2.2.1.9. Начисление баллов:

| Распределение баллов за парковку в заранее заданном месте |                     |                                   |                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Критерии                                                  | Правильная парковка | Штраф за смещение робота по оси x | Штраф за смещение робота по оси y | Штраф за поворот робота по оси Z |
| Баллы                                                     | 50                  | 5                                 | 5                                 | 5                                |

- 4.2.2.2. На произвольном месте
  - 4.2.2.2.1. Зона парковки робота располагается в заранее заданном месте, определенным в начале соревнований.
  - 4.2.2.2.2. Время выполнения задания - 5 минут, таймер запускается с момента свитка судьи.
  - 4.2.2.2.3. В течение 5 минут команда может совершить неограниченное количество запусков
  - 4.2.2.2.4. С момента начала выполнения задания автомобиль должен доехать до свободного парковочного места и выполнить параллельную парковку.
  - 4.2.2.2.5. Трасса представляет из себя прямой участок трассы с разметкой и зонами для параллельной парковки. На трассе

будет несколько свободных мест для парковки. Перед стартом выставляются свободные места для парковки.

- 4.2.2.2.6. Попытка считается завершенной и таймер останавливается, когда автомобиль заехал в зону парковки и остановился.
- 4.2.2.2.7. Баллы списываются за смещение внутри зоны парковки по нескольким осям.
- 4.2.2.2.8. Баллы списываются за поворот вдоль оси Z внутри зоны парковки. Допустимый угол ошибки не более 10 градусов



4.2.2.2.9. Начисление баллов:

| Распределение баллов за парковку на произвольном месте |                     |                                   |                                   |                                  |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Критерии                                               | Правильная парковка | Штраф за смещение робота по оси x | Штраф за смещение робота по оси y | Штраф за поворот робота по оси Z |
| Баллы                                                  | 100                 | 5                                 | 5                                 | 5                                |

## 5. Обгон

### 5.1. Введение



Обгон или опережение – задача повседневная не только для человека, водителя, но и для робота. В гуще событий важно не навредить, но выполнить задачу.

От сезона к сезону будет меняться трафик, его скорость и в конце скорость робота, выполняющего задание.

### 5.2. Описание задачи

- Время выполнения задания - 5 минут, таймер запускается с момента свитка судьи.
- С момента начала выполнения задания автомобиль должен совершить обгон по прямой
- Расстояние до другого автомобиля неизвестно до момента запуска.
- Трасса представляет из себя прямой участок длиной до 5 метров с двухполосной разметкой и прерывистой разметкой в центре..

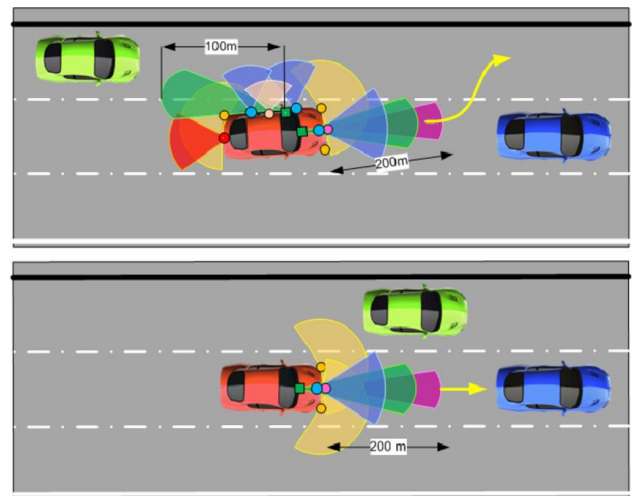


Схема трассы:

- Скорость ТС должна быть достаточной, чтобы догнать автомобиль
- ТС не должно совершить столкновение с автомобилем.
- Попытка считается завершенной и таймер останавливается, когда автомобиль совершил обгон без выезда за линии разметки и столкновения с другим автомобилем.
- Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел другой автомобиль или выехал за линии разметки. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов за обгон |       |
|-------------------------------|-------|
| Критерии                      | Обгон |
| Баллы                         | 100   |

## 6. Тест системы превентивного торможения

### 6.1. Введение

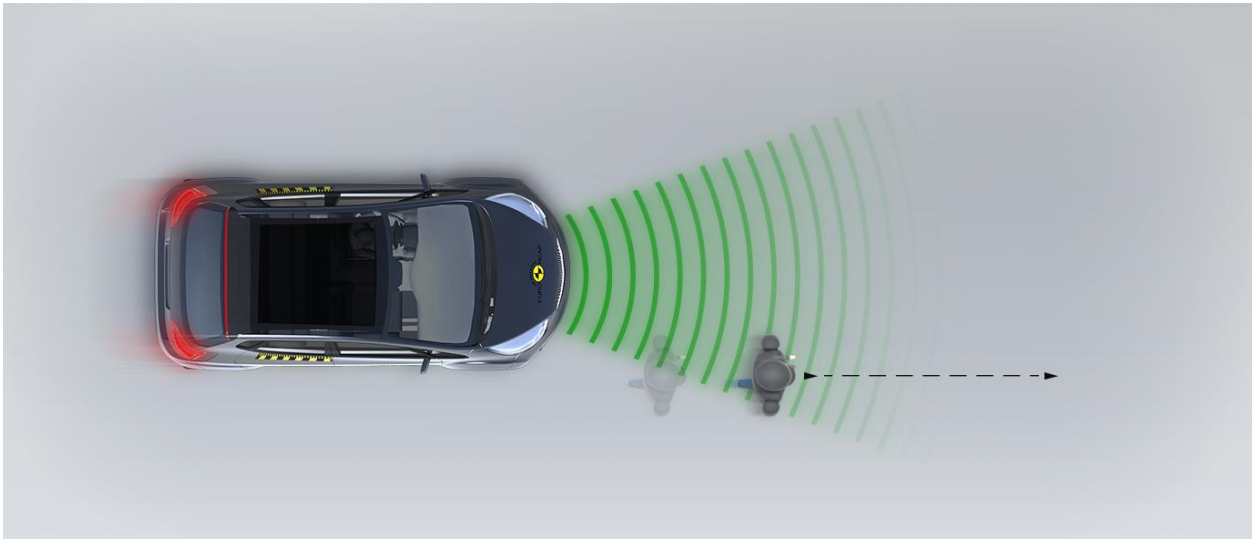


Создать робота задача посильная для большого числа команд и компаний, однако, создать безопасного для окружающих робота гораздо более сложная задача. В этих этапах предстоит оснастить робота сенсорами позволяющими при любых условиях обеспечить безопасность своих маневров.

### 6.2. Описание задания:

- ТС начинает свое движение с линии старта, разметка на соревновательном поле: прерывистая линия между двумя полосами движения встречных ТС (может быть заменена на сплошную, парковую зону, рельсовые пути заранее объявлением этапа).
- Положение пешехода перед стартом не известно, судья выставляет движущийся прямо манекен пешехода перед стартом команды, каждый раз меняя его положение.
- ТС начинает свое движение по свистку судьи одновременно с манекеном пешехода в попутном направлении.
- Скорость ТС должна быть достаточной, чтобы догнать пешехода.
- ТС не должно совершить столкновение с пешеходом или опередить его.
- ТС должно продемонстрировать реакцию на появление пешехода по пути следования торможением до полной остановки
- Время на выполнение этапа 5 минут, таймер запускается с момента свистка судьи.
- В течении 5 минут команда может совершить неограниченное количество запусков.
- Попытка считается успешно завершённой и таймер останавливается с момента, когда ТС выполнил задание.
- Попытка считается проваленной, когда ТС коснулся манекен пешехода, при этом время фиксируется максимальным, количество баллов за попытку - 0.
- Выравнивания скоростей ТС и пешехода и продолжение следования за манекеном пешехода будет оцениваться после сезона 22/23.

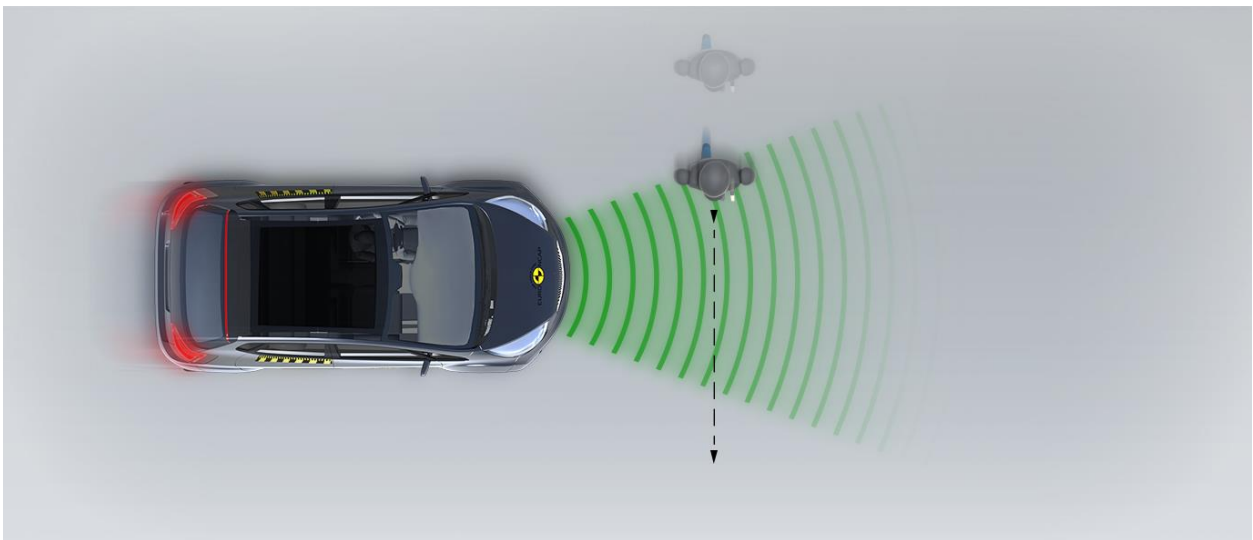
## 6.2.1. Движущийся пешеход вдоль по линии движения ТС



Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел пешехода, сошел с трассы. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

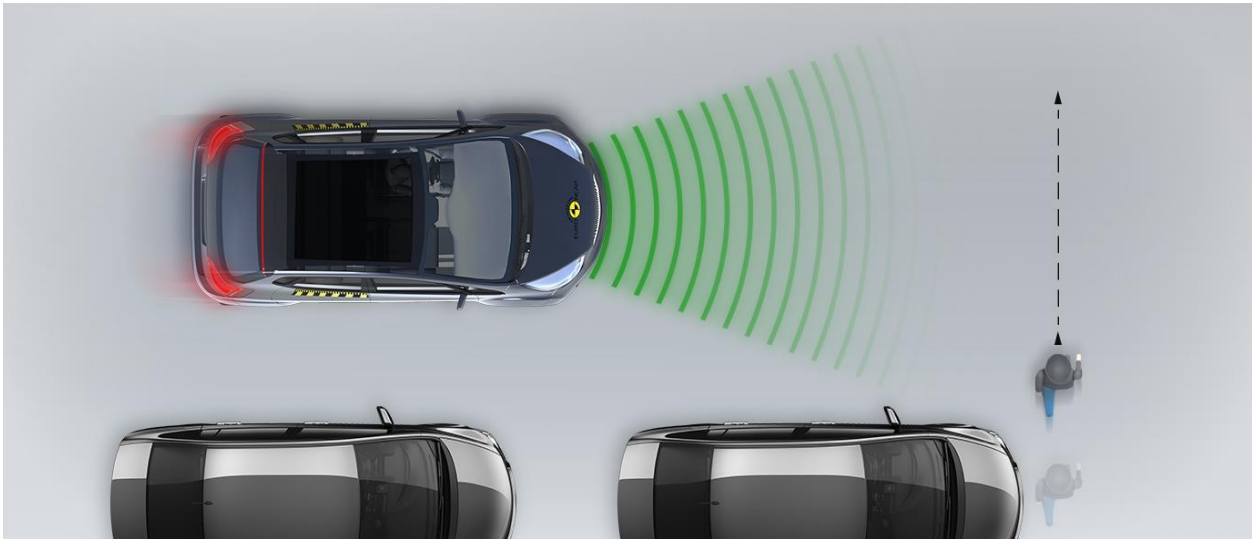
## 6.2.2. Движущийся пешеход поперек линии движения ТС



Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел пешехода. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

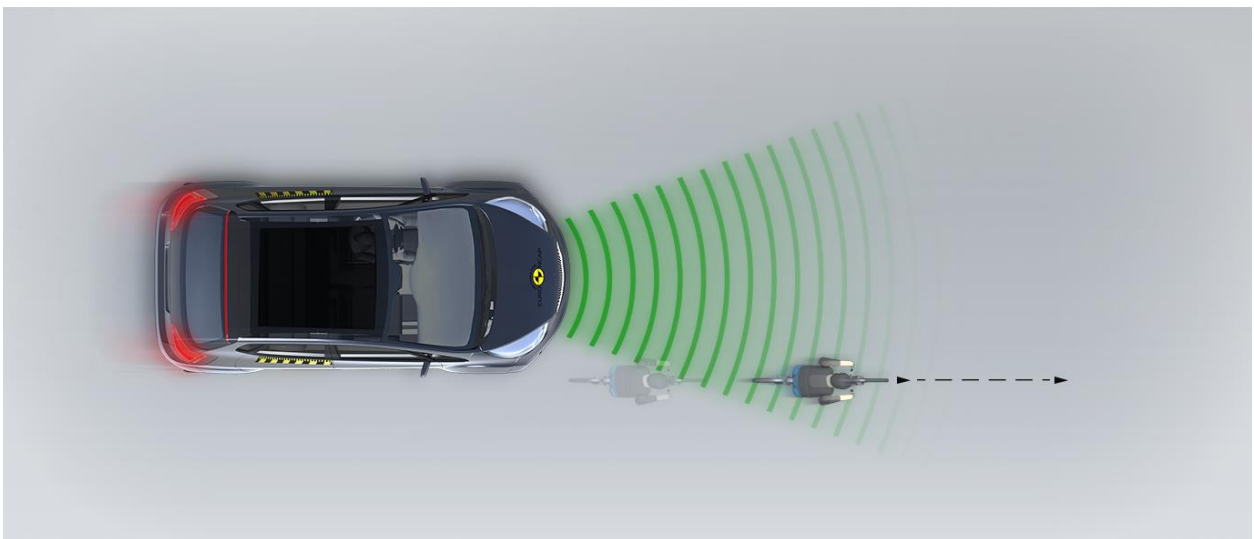
## 6.2.3. Пешеход перебегающий поперек из-за стоящей машины



Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел пешехода. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

## 6.2.4. Движущийся велосипедист вдоль по линии движения ТС

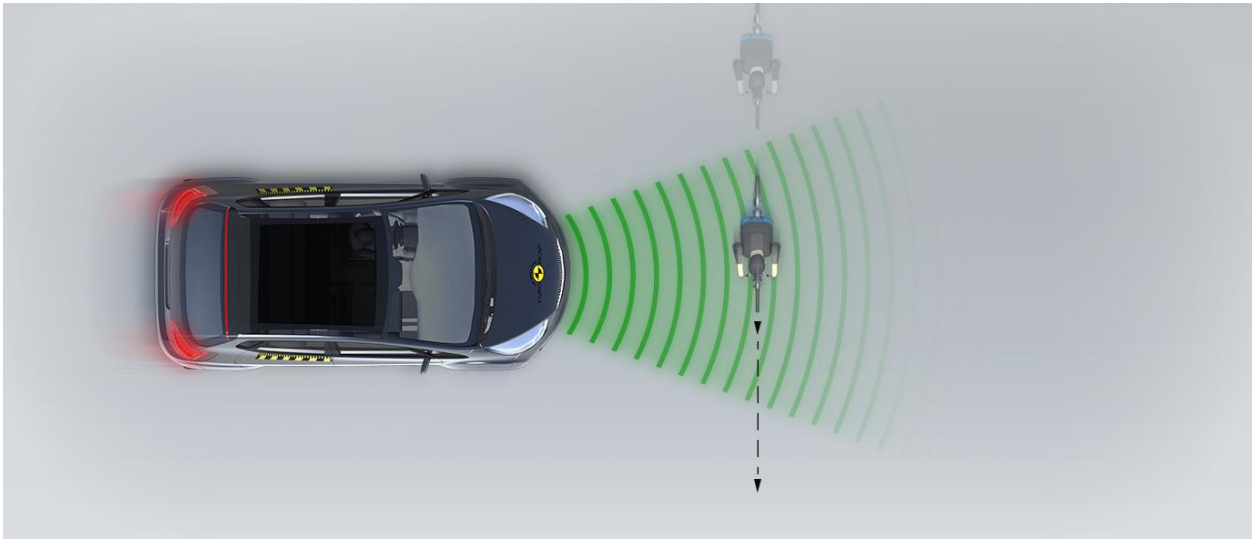


Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел велосипедиста. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |



## 6.2.5. Движущийся велосипедист поперек линии движения ТС



Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел велосипедиста. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

## 6.2.6. Выезжающий из-за стоящей машины велосипедист



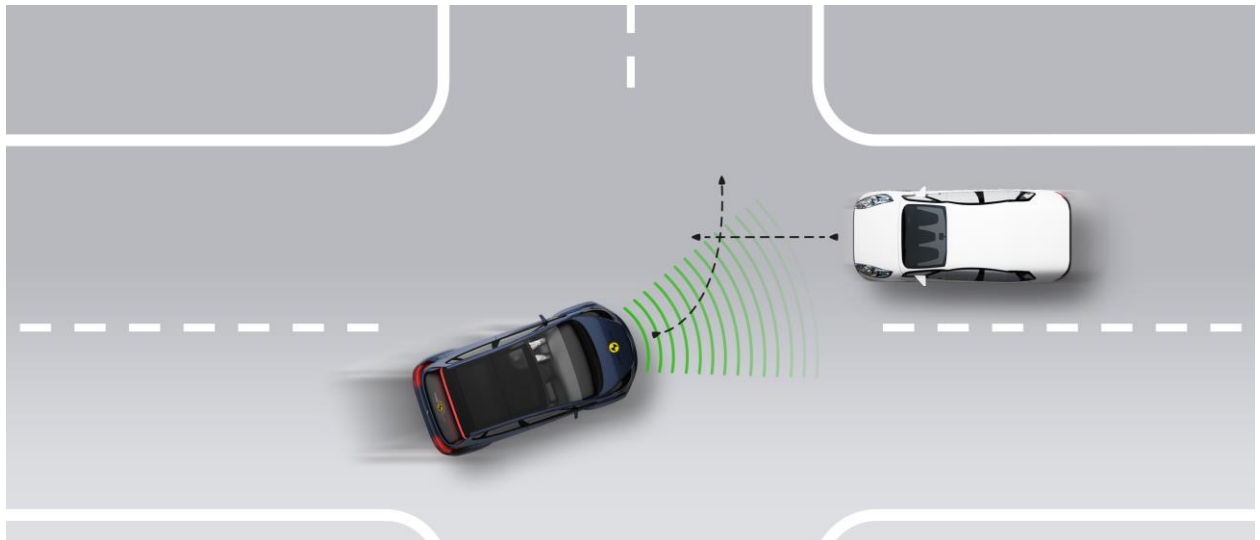
Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел велосипедиста. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

## 6.2.7. В ночное время (тоннель): (Сезон 2023/2024)

- 6.2.7.1. Движущийся пешеход вдоль по линии движения ТС (Сезон 2023/2024)
- 6.2.7.2. Движущийся пешеход поперек линии движения ТС (Сезон 2023/2024)
- 6.2.7.3. Пешеход перебегающий поперек из-за стоящей машины (Сезон 2023/2024)
- 6.2.7.4. Движущийся велосипедист вдоль по линии движения ТС (Сезон 2023/2024)
- 6.2.7.5. Движущийся велосипедист поперек линии движения ТС (Сезон 2023/2024)
- 6.2.7.6. Выезжающий из-за стоящей машины велосипедист (Сезон 2023/2024)

## 6.2.8. Поворот налево в условиях дорожного траффика. (Сезон 2023/2024)



Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел другой автомобиль. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

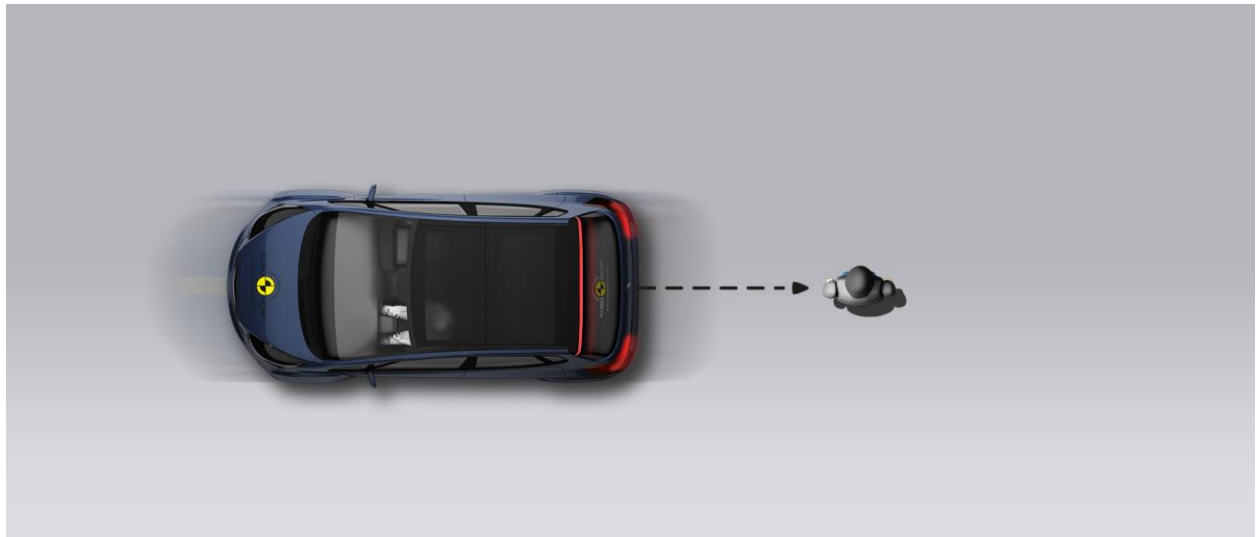
## 6.2.9. Поворот направо с пропуском движущегося через переход пешехода. (Сезон 2023/2024)



Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел пешехода. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

## 6.2.10. Движение задним ходом к переходящему поперек пешеходу. (Сезон 2023/2024)



Попытка считается проваленной, когда автомобиль задел пешехода. В данном случае начисляется максимальное время и 0 баллов.

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

## 7. Выезд со второстепенной дороги в горку на трассу (сезон 2023/2024)

### 7.1. Введение



Выезд со второстепенной дороги очень опасен и сопряжен с увеличением концентрации пилота. Крутизна горки, покрытие горки и наличие плотного движения - все это задачи для автоматического пилота.

### 7.2. Описание задания



| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |
| Баллы                | 100               |

## 8. Автономная гонка на скорость

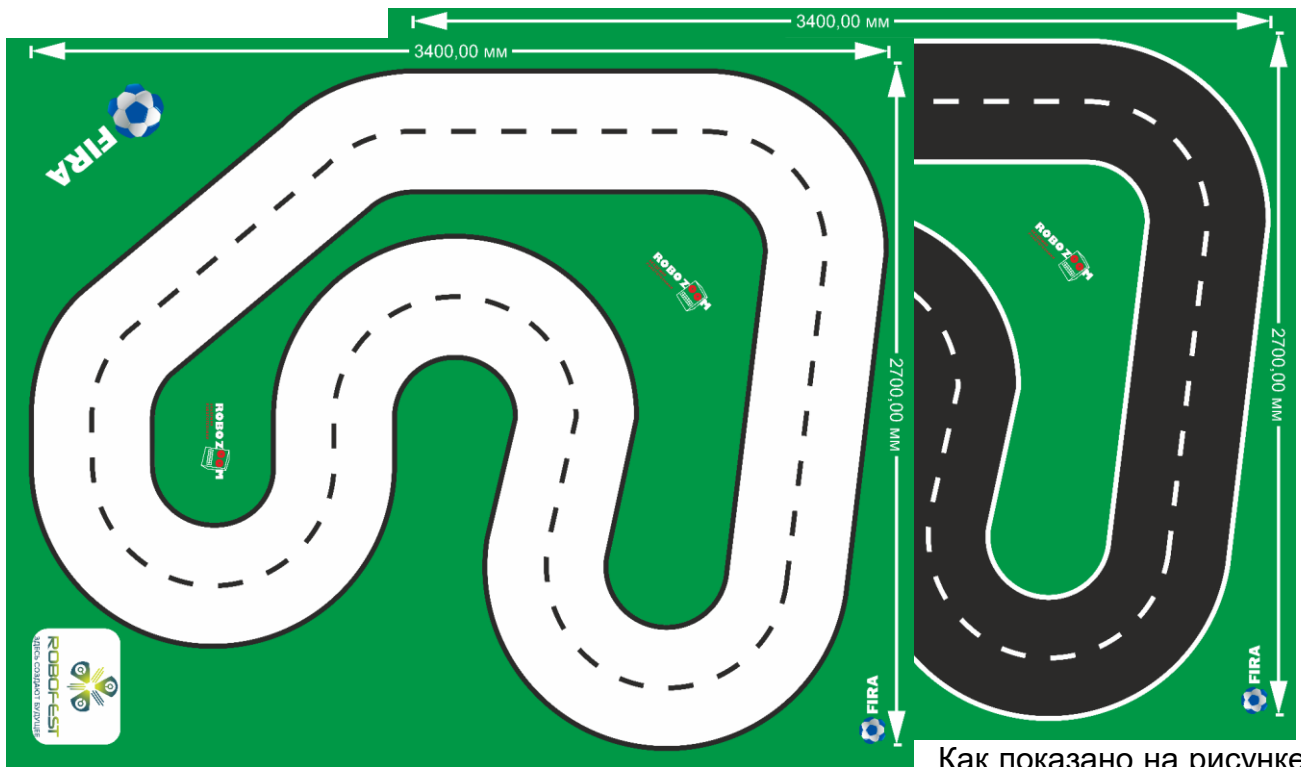
### 8.1. Введение



Создание математической модели, алгоритма, а затем и программы достаточно сложная задача, когда речь заходит о ресурсах системы это становится еще и очень дорогой задачей особенно для некоторых стран. Поэтому скоростные алгоритмы движения позволят иначе посмотреть на свои программы.

### 8.2. Описание задания

В ходе гоночной части соревнования каждый автомобиль должен проехать несколько кругов по гоночному треку полностью в автономном режиме. На трассе имеются несколько контрольных точек, через которые должен пройти автомобиль в ходе заезда. За каждую пропущенную контрольную точку накладывается штраф. В зависимости от этапа, на трассе могут быть размещены препятствия, которые автомобиль должен объехать. В ходе этой части соревнований каждой команде предоставляется определенный интервал времени, в течении которого она может выполнить 5 заездов. Оценка этой части определяется как максимальный бал, полученный в ходе заездов. Ширина трека составляет  $50 \text{ см} \pm 10\%$ . На треке имеется как минимум один поворот с внешним радиусом  $1.5 \text{ м} \pm 10\%$ , поэтому автомобиль команды должен быть способен его пройти. Ниже на рисунке показан пример гоночного трека:



Как показано на рисунке,

трек изображен на поверхности перемещения с использованием двух белых или черных сплошных линий по бокам и одной пунктирной линией посередине, которая имеет тот же цвет, что и боковые. Цвет разметки будет выбираться в зависимости от цвета фона поверхности, поэтому автомобиль команды должен уметь распознавать оба варианта. Контрольные точки обозначены зеленым цветом, а линия старта/финиша – красным. Контрольные точки не обязательно должны иметь какие-либо обозначения, картинка показана лишь для примера. Линия старта/финиша обозначается цветом, отличным от цвета разметки, но не обязательно красным.

Толщина разметки составляет минимум 2 см, а длина разрыва пунктирной линии – минимум 5 см. В зависимости от этапа, на трассе могут присутствовать препятствия и автомобили должны их объезжать. Если автомобиль столкнется с препятствием на трекке или за его пределами, текущий заезд будет завершен.

### 8.3. Начисление баллов

Проезд трассы - фиксирование времени поездки и начисление 100 баллов за пересечение финишной линии и всех чек-поинтов. На трассе может быть установлено неограниченное число чек-поинтов. В случае схода машинки с трассы время попытки фиксируется как максимальное, количество баллов пропорционально пройденным чек-поинтам. Количество и место установки чек-поинтов будет известно после начала соревнований.

| Распределение баллов |                   |
|----------------------|-------------------|
| Критерии             | Задание выполнено |

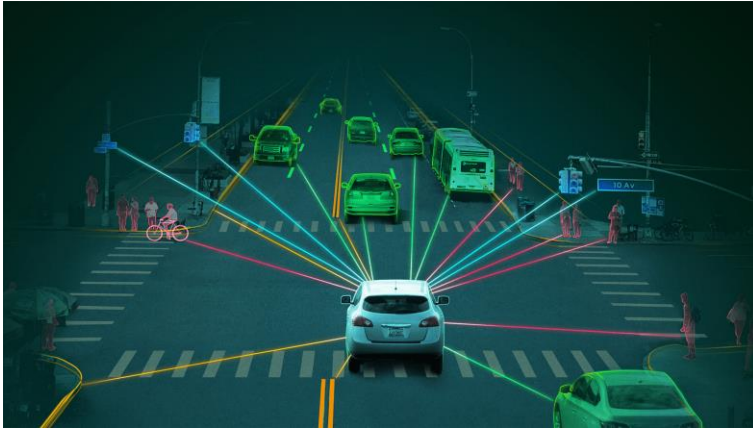
# Беспилотные транспортные системы с мини-ПК. Версия 10.10.22

|       |     |
|-------|-----|
| Баллы | 100 |
|-------|-----|



## 9. Тест системы технического зрения

### 9.1. Введение



**Техническая задача:** модель ТС должна продемонстрировать умение распознавать элементы дорожной обстановки. ТС должно продемонстрировать правильную реакцию своими колесами на демонстрируемый знак или сигнал светофора.

**Условия проведения:** Для выполнения задания используется прямой сегмент трассы, поперек которого располагается однородный белый фон. Размер фона: высота не менее 60 см, ширина не менее 60 см вправо и влево от правого края горизонтального сегмента. На прямом сегменте устанавливается подставка. Полигон для тестирования системы технического зрения. В задании используются все сигналы светофора и все знаки. Других объектов в пределах указанных размеров фона быть не должно.



### 9.2. Описание задания

#### Начальные условия выполнения задания

Последовательность демонстрации сигналов светофора и знаков определяется случайным образом на этапе объявления условий проведения попытки в зачет. Определение очередности знаков и сигналов осуществляется посредством жребия. Последовательность элементов для всех участников остается одинаковой.

#### Порядок выполнения задания

9.2.1. Перед попыткой ТС должно быть установлено в **стартовое положение** следующим образом:

- ✓ ТС находится на подставке на прямом сегменте трассы так, что колеса имеют возможность свободного вращения, но не касаются поверхности трассы.
- ✓ Камера удалена от знака/светофора на расстоянии 30-70 см (по желанию участника). Расстояние на протяжении всей попытки фиксируется и остается неизменным.



9.2.2. Участник производит **запуск ТС для попытки** по команде судьи. Камеру закрывает ассистент судьи однородным белым предметом на расстоянии 5-10 сантиметров от объектива камеры.

9.2.3. После запуска ведущих колес вперед судья открывает камеру и по очереди начинает демонстрировать знаки и сигналы светофора.

9.2.4. В течение попытки судья демонстрирует поочередно каждый из 4х знаков или включенный трехцветный светофор в соответствии с заданной последовательностью. В промежутках между показами знаков судья загораживает камеру на расстоянии 5-10 см белым предметом. Если робот среагировал на знак, судья сразу закрывает камеру листом бумаги (чтобы исключить повторную реакцию). И после того, как робот продолжит движение, судья уберет лист для проверки реакции на следующий знак/сигнал светофора. При переключении сигналов светофоров камера не загораживается.

9.2.5. В течение попытки робот должен показывать следующие действия в зависимости от знака дорожного движения или светофора:

9.2.5.1. Остановиться – остановить колеса.

9.2.5.2. Остановиться и проехать назад – остановить задние колеса и сразу сделать 1-2 оборота для движения робота назад.

9.2.5.3. Ехать вперед – запустить задние колеса для движения вперед.

9.2.5.4. Ехать на сниженной скорости – запустить задние колеса со скоростью, в 2-3 раза меньшей обычной скорости.

9.2.5.5. Ехать на повышенной скорости – запустить задние колеса со скоростью, в 2-3 раза быстрее обычной скорости.

9.2.5.6. Поворачивать налево – повернуть передние колеса налево.

9.2.5.7. Поворачивать направо – повернуть передние колеса направо.

9.2.5.8. Ехать прямо – выставить передние колеса прямо.

9.2.6. В течение попытки до открытия камеры робот должен ехать вперед, иначе реакция на следующий знак или сигнал считается неправильной. После открытия камеры робот должен среагировать на знак или сигнал не более чем через 2-3 секунды, иначе реакция считается неправильной.

9.2.7. В течение попытки робот должен показать правильную реакцию в соответствии с демонстрируемым знаком или сигналом:

9.2.7.1. **Знак STOP.** Правильная реакция: робот останавливается и затем после того как знак будет убран едет вперед.

9.2.7.2. **Знак «Неровная дорога».** Правильная реакция: робот едет на сниженной скорости (в 2-3 раза медленнее) в течение 2 секунд и затем едет вперед на обычной скорости.

9.2.7.3. **Знак «Преимущество перед встречным движением».** Правильная реакция: робот едет на повышенной скорости (в 2-3 раза быстрее) в течение 2 секунд и затем едет вперед на обычной скорости.

9.2.7.4. **Знак «Преимущество встречного движения».** Правильная реакция: робот останавливается. Стоит на месте в течении двух секунд и затем едет вперед.

9.2.7.5. **Красный сигнал трехцветного светофора.** Правильная реакция: робот останавливается.

9.2.7.6. **Желтый сигнал трехцветного светофора.** Правильная реакция: робот останавливается.

9.2.7.7. **Красно-желтый сигнал трехцветного светофора.** Правильная реакция: робот останавливается.

9.2.7.8. **Зеленый или мигающий зеленый сигнал трехцветного светофора.**  
Правильная реакция: робот едет вперед.

Время попытки не регламентировано. Попытка завершается после однократной демонстрации каждого знака и сигналов светофора.

## Оценка выполнения задания

Таблица подсчета баллов

| № | Задача                                                                | балл |
|---|-----------------------------------------------------------------------|------|
| 1 | Правильная реакция на знак STOP                                       | 15   |
| 2 | Правильная реакция на знак «Неровная дорога»                          | 15   |
| 3 | Правильная реакция на знак «Преимущество перед встречным движением»   | 15   |
| 4 | Правильная реакция на знак «Преимущество встречного движения»         | 15   |
| 5 | Правильная реакция на красный сигнал светофора                        | 10   |
| 6 | Правильная реакция на желтый сигнал светофора                         | 10   |
| 7 | Правильная реакция на зеленый сигнал светофора                        | 10   |
| 8 | Правильная реакция на сочетание красного и желтого сигналов светофора | 10   |
|   | Максимальный балл                                                     | 100  |

| Степень автономности                | Ка (коэффициент) |
|-------------------------------------|------------------|
| Метки AprilTag                      | 0,5              |
| Дорожные знаки по ГОСТ Р 52290-2004 | 1                |

Знаки используемые в соревновании в этом и будущих сезонах:



## 10. Автономная гонка с препятствиями

### 10.1. Введение

Сложный рельеф, наличие препятствий на пути, сложные поверхности для сенсоров – это то что встречается на пути любого робота. Преодоление маршрута внутри или снаружи помещения, с естественным или искусственным освещением – это то что будет высоко оценено в этом состязании.

### 10.2. Описание задания

Автомобили должны выполнять задания полностью в автономном режиме. Это может быть достигнуто за счет использования вычислительной системы на борту автомобиля или за его пределами. Итоговая оценка будет умножаться на коэффициент в



соответствии со степенью автономности. Коэффициент определяется следующим образом:

| Степень автономности                                     | Ка (коэффициент) |
|----------------------------------------------------------|------------------|
| Вычислительная система находится за пределами автомобиля | 0,5              |
| Вычислительная система располагается на автомобиле       | 1                |

В ходе гоночной части соревнований оценка определяется на основе итогового времени. Итоговое время – это сумма времени, которое было затрачено автомобилем на прохождение трассы или отдельных контрольных точек и штрафных санкций, которые определяются в зависимости от того, насколько хорошо автомобиль прошел трек в автономном режиме. Максимальный балл выставляется при правильном проезде всех точек. В случае если автомобиль проехал не все контрольные точки, то начисляется сумма пройденных точек. В случае если робот съехал с трассы, ему начисляется максимальное время и 0 баллов. Таблица штрафов представлена далее:

# Беспилотные транспортные системы с мини-ПК. Версия 10.10.22

| Определение штрафа                               | Размер штрафа в секундах |
|--------------------------------------------------|--------------------------|
| Пропущенная контрольная точка (за каждую)        | 30                       |
| Потерянные элементы робота на трассе (за каждый) | 10                       |

Таблица баллов:

| Распределение баллов |                                                            |                                                     |                                                    |
|----------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Критерии             | Проезд всех контрольных точек и время меньше максимального | Количество баллов за проезд одной контрольной точки | Штраф. к- количество пропущенных контрольных точек |
| Баллы                | 100                                                        |                                                     | 10*k                                               |

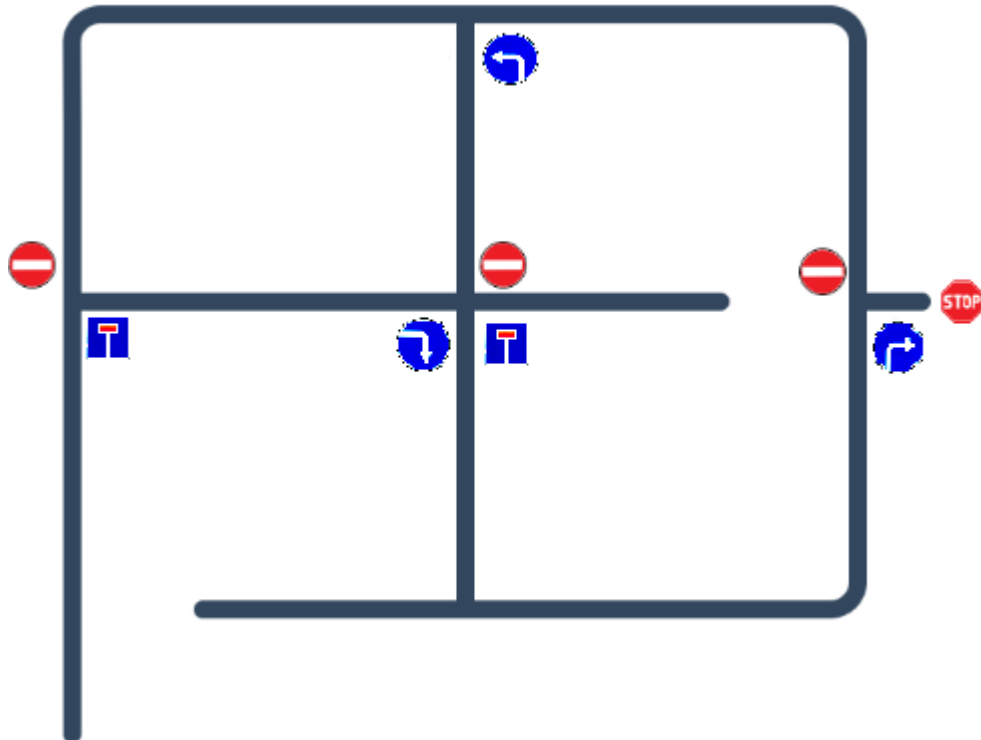
Примечания:

- Финишная линия считается контрольной точкой.
- Робот должен полностью находиться на дороге при прохождении контрольной точки, в противном случае контрольная точка считается пропущенной.
- Количество баллов за каждую из частей соревнований не может быть отрицательным.
- Если автомобиль сталкивается с препятствием, текущий заезд завершается. Если автомобиль выезжает за пределы дороги, это считается столкновением с дорожным барьером и заезд завершается.
- Капитан команды может сказать «Стоп» в ходе заезда, что приводит к завершению заезда.
- Касание или управление автомобилем без произнесения команды «Стоп» приводит к обнулению результатов заезда.
- На финальном этапе гоночный трек может быть соединен с городской средой. Автомобили должны быть способны продолжать движение в городской среде после завершения гонки.

Эти замечания относятся как к автономной гонке, так и автономному вождению в городе.

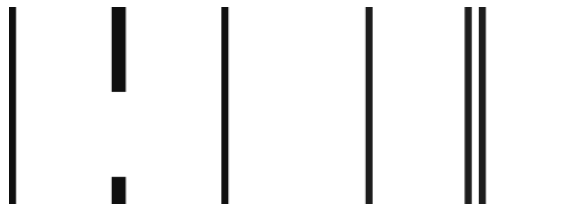
## 11. Автономное вождение в городе со знаками

11.1. Введение. В этой части соревнований автомобиль должен автономно перемещаться в условиях городской среды. Автомобили начинают движение со стартовой позиции и перемещаются по улицам, осуществляя навигацию на основе распознавания дорожных знаков, линий разметки, пешеходной зебры, а также используя другие данные, получаемые с помощью бортовых датчиков. На трассе имеются несколько контрольных точек, каждая из которых обозначена специальными метками. Каждое неверное действие, сделанное машиной в ходе заезда, будет наказываться штрафом. Размеры штрафов подробно представлены в разделе начисления баллов. В ходе этой части соревнований каждой команде предоставляется определенный интервал времени, в течении которого она может выполнить 3 заезда. Оценка этой части определяется как максимальный балл, полученный в ходе заездов. Ширина трека составляет  $60 \text{ см} \pm 10\%$ . Для облегчения распознавания дорожных знаков перед каждым из них будет размещен маркер. Тип маркеров - AprilTag (семейство 36h11), размеры маркера находятся в диапазоне от 4 см x 4 см до 8 см x 8 см. На рисунке ниже показан пример схемы полигона (рисунок приведен для демонстрационных целей, он не должен восприниматься как конкретная уличная схема).



# Беспилотные транспортные системы с мини-ПК. Версия 10.10.22

На рисунке сверху автомобили должны начинать движение из правой нижней части и перемещаться по улицам согласно дорожным знакам, пока не достигнут конечного пункта. При обнаружении знака «STOP» автомобиль должен остановиться. Между двумя перекрестками имеется хотя бы одна контрольная точка. Автомобиль должен двигаться по правильной полосе, а каждый неверный поворот наказывается соответствующим штрафом. Каждая улица имеет одну из схем разметки, показанных на рисунке ниже:



Вариант разметки, представленный слева обозначает одностороннее движение, а вариант справа – двустороннее движение. Если автомобиль выезжает с улицы с односторонним движением на улицу с двусторонним движением, то он должен перемещаться по правильной полосе. Если автомобиль перемещается по улице с двусторонним движением, он не может перестраиваться на другую полосу. Каждая некорректная смена полосы приводит к начислению штрафных баллов.

Список дорожных знаков представлен ниже:

| Название знака | Изображение знака | Маркер знака | Действия автомобиля                                                            |
|----------------|-------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Въезд запрещен |                   |              | Автомобиль не должен въезжать на улицу, в начале которой установлен этот знак. |
| Тупик          |                   |              | Автомобиль не должен въезжать на улицу, в начале которой установлен этот знак. |

|                 |                                                                                    |                                                                                     |                                                                           |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Движение вправо |   |   | Необходимо повернуть на дорогу, находящуюся справа от перекрестка.        |
| Движение влево  |   |   | Необходимо повернуть на дорогу, находящуюся слева от перекрестка.         |
| Движение прямо  |   |   | Необходимо двигаться прямо                                                |
| Стоп            |  |  | Необходимо остановиться (знак устанавливается в конечном пункте движения) |

Автомобили также должны остановиться как минимум на 3 секунды перед стоп-линией каждого перекрестка. В случае, если автомобиль проедет перекресток без остановки, то будут начислены штрафные баллы. Размеры линий разметки аналогичны тем, которые были указаны в предыдущей части правил. В зависимости от этапа, на улице могут находиться препятствия. Если автомобиль столкнется с препятствием, текущий заезд будет завершен. Перед пешеходной зеброй каждого перекрестка на расстоянии



# Беспилотные транспортные системы с мини-ПК. Версия 10.10.22

около одного сантиметра расположена стоп-линия, перед которой должен остановиться автомобиль .

Каждая команда может сделать выбор между использованием для навигации



дорожных знаков или меток AprilTag, но баллы будут умножаться на различные коэффициенты, представленные в таблице:

| Степень автономности | Ка (коэффициент) |
|----------------------|------------------|
| Метки AprilTag       | 0,5              |
| Дорожные знаки       | 1                |

В этой части соревнований автомобили должны выехать из стартовой точки, проехать по улицам, осуществляя навигацию с помощью знаков, достичь пункта назначения и остановиться. Каждая контрольная точка, которая была достигнута автомобилем, дает команде 60 баллов. Количество контрольных точек на сезон 2022/2023 равняется 4. Сумма этих баллов минус сумма штрафов, полученных в ходе выполнения задания определяет оценку за эту часть соревнований. Таблица штрафов представлена далее

| № | Задача                                                              | балл |
|---|---------------------------------------------------------------------|------|
| 1 | Правильная реакция на знак STOP                                     | 30   |
| 2 | Правильная реакция на знак «Неровная дорога»                        | 30   |
| 3 | Правильная реакция на знак «Преимущество перед встречным движением» | 30   |
| 4 | Правильная реакция на знак «Преимущество встречного движения»       | 30   |
| 5 | Правильная реакция на красный сигнал светофора                      | 20   |
| 6 | Правильная реакция на желтый сигнал светофора                       | 20   |

# Беспилотные транспортные системы с мини-ПК. Версия 10.10.22

|   |                                                                       |     |
|---|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 7 | Правильная реакция на зеленый сигнал светофора                        | 20  |
| 8 | Правильная реакция на сочетание красного и желтого сигналов светофора | 20  |
|   | Максимальный балл                                                     | 200 |

## 12. *Мини дарпа Индастриал: Пороги*

### 12.1 Введение

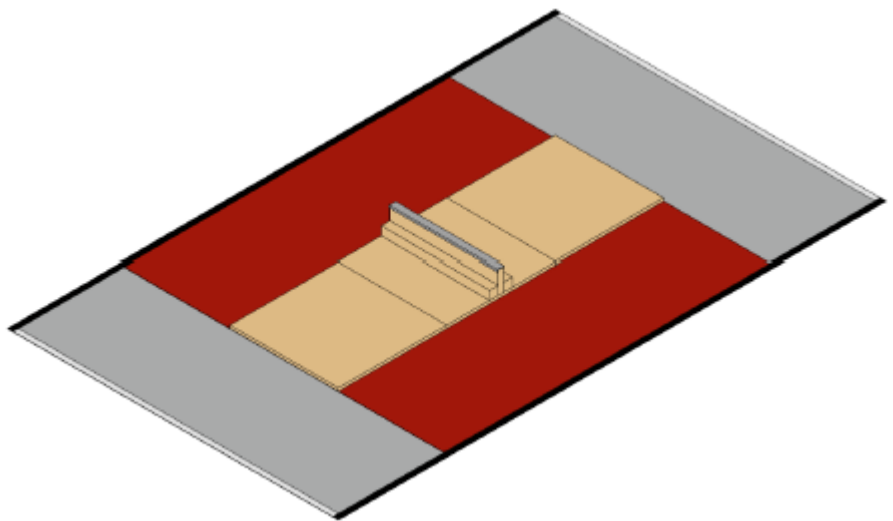


Пересечение дверного порога обычно является первым шагом при входе в здание. Они бывают разных размеров, и часто дверной порог становится непреодолимым препятствием как для робота, так и для человека в инвалидной коляске для входа и выхода из здания. Следовательно, робо-тележки с электроприводом должны быть в состоянии преодолевать самые разные дверные пороги.

### 12.2 Описание задачи

В этой задаче пилотам и их устройствам предлагается преодолевать различные типы дверных порогов.

Препятствие необходимо пересечь один раз по ходу гонки. Высота порога 5 см, поперечный профиль может быть любым.



| Распределение баллов |                |
|----------------------|----------------|
| Критерий             | Проезд профиля |
| Баллы                | 100            |

## 13. *Мини дарпа Индастриал: Дверь*

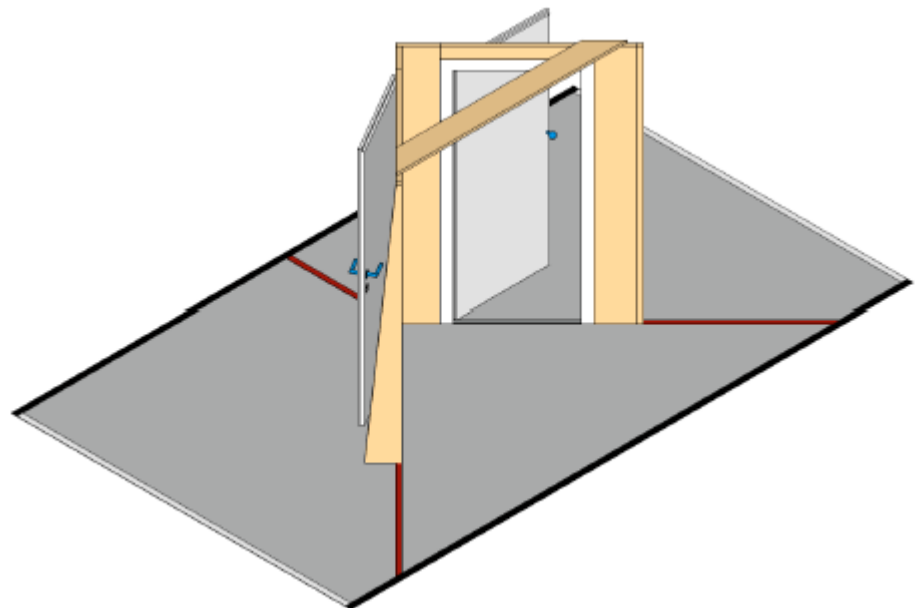
### 13.1. *Введение*



Открытие и закрытие дверей является сложной задачей для роботов. Часто доступное пространство перед дверью ограничено. Кроме того, не все двери требуют одинакового усилия, чтобы их толкнуть или потянуть. В этой задаче роботы должны открывать и закрывать несколько дверей с помощью внешнего робота-манипулятора. Одну из дверей нужно потянуть, чтобы открыть, а другую толкнуть.

### 13.2. *Описание задачи*

Две двери должны быть открыты, пройдены и закрыты. Первая дверь не оснащена дверной ручкой, а вторая дверь оснащена дверной ручкой. Высота двери до конца сезона 2022/2023 года - половина от стандартной высоты.



| Распределение баллов |                                             |                                             |
|----------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Критерий             | Открытие первой двери и проезд сквозь проем | Открытие второй двери и проезд сквозь проем |
| Баллы                | 100                                         | 100                                         |

## 14. *Мини дарпа Индастриал: Лестница*

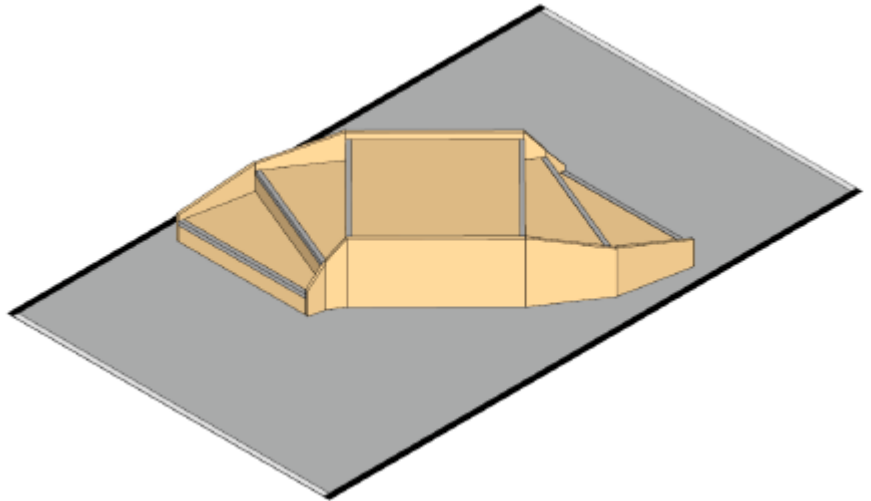
### 14.1. *Введение*



Винтовые лестницы можно встретить как в частном, так и в общественном пространстве. Они представляют особую проблему для механизмов подъема по лестнице для роботов, поскольку наклон лестницы зависит от выбранного пути и варьируется между сторонами робота. В этом задании роботы должны подниматься и спускаться по винтовой лестнице.

### 14.2. *Описание задачи*

По винтовой лестнице необходимо подняться и спуститься один раз в направлении гонки. Сезон 2022/2023 – лестница будет прямая, без поворота. Размер лестницы соответствует половине стандартного размера лестницы по ГОСТ для жилых помещений.



| Распределение баллов |        |       |
|----------------------|--------|-------|
| Критерий             | Подъем | Спуск |
| Баллы                | 50     | 50    |

## 15. *Мини дарпа Индастриал: подъем груза*

### 15.1. *Введение*

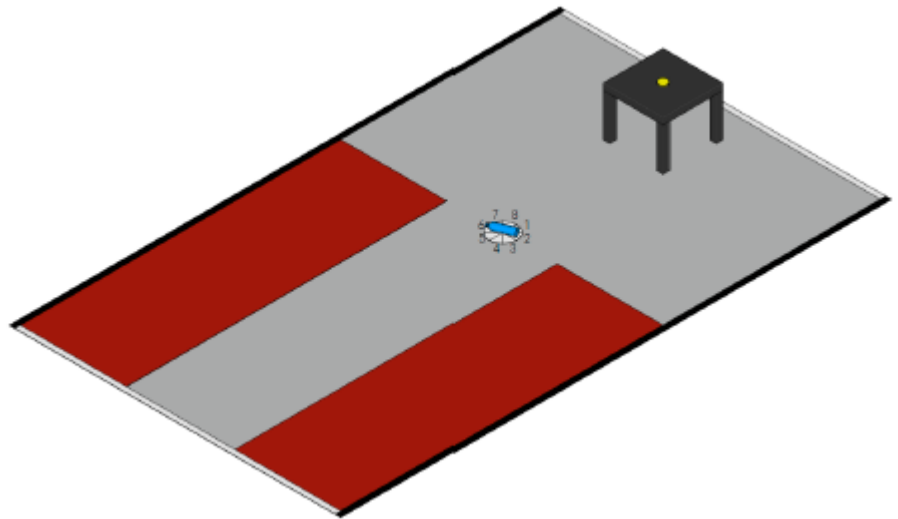


Случайно разбросанные мелкие предметы (например, детские игрушки) могут преградить путь робо. Он или она может захотеть подобрать предметы, чтобы использовать их или спрятать.

В этом задании пилоты должны поднять с пола бутылку и поставить ее на стол.

### 15.2. *Описание задачи*

Синюю бутылку, преграждающую путь роботу, нужно подобрать и поставить на желтую мишень на столе. Сначала бутылка будет помещена в любую из 8 (1-8) ориентаций, показанных выше.



| Распределение баллов |                |                                    |
|----------------------|----------------|------------------------------------|
| Критерии             | Подъем бутылки | Установка бутылки на желтую мишень |
| Баллы                | 100            | 100                                |

**16. *Техническое описание и видео***

Каждая команда должна прислать техническое описание и видео о своем автомобиле. Шаблон технического описания можно найти на сайте FIRA. Техническое описание должно содержать информацию как об аппаратном, так и о программном обеспечении, используемом в автомобиле.

## **17. *Изменение правил***

Настоящие правила могут быть изменены техническим комитетом в любое время до соревнований. Команды должны регулярно проверять настоящие правила и отслеживать все внесенные изменения. Последняя официальная версия правил соревнований Автономные автомобили всегда доступна по ссылке

Дата последних изменений: 9 октября 2022 (v0.1.2)



## 18. Глоссарий

- 1) Робот - это живая или неживая автоматизированная система с естественным или искусственным интеллектом, предназначенная для осуществления определённого технологического процесса.
- 2) **Федерация Международной ассоциации робо-футбола ( FIRA )** — международная организация, организующая соревнования по футболу, обычно включающее 5 этапов соревнований между автономными роботами.
- 3) **RoboWorld Cup, RoboCup** — международные соревнования среди роботов, первые из которых прошли в 1996 году. Целью является создание автономных роботов-футболистов для содействия научным исследованиям в области искусственного интеллекта.
- 4) **Cyathlon (Кибатлон)** — международное спортивное соревнование для спортсменов-инвалидов, которые используют бионические протезы или другие механические устройства, которые заменяют потерянные или безвозвратно поврежденные части тела. Первое соревнование состоялось 8 октября 2016 года в Цюрихе под эгидой Швейцарского Национального центра робототехнических исследований.
- 5) **DARPA Robotics Challenge ( DRC )** — призовое соревнование, финансируемое Агентством перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США .