



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**

Кафедра Автомобиля

(название кафедры)

Допустить к защите

зав. кафедрой

_____ / _____ /

« ____ » _____ 20__ г.

Яковин Егор Анатольевич

(Фамилия, Имя, Отчество обучающегося)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему: Разработка подвижного макета велосипедиста для испытаний высокоавтоматизированных транспортных средств

шифр и направление подготовки / специальность

23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

направленность (профиль) / специализация

«Исследования и испытание наземных транспортно-технологических машин»

группа 2МИМ

Автор ВКР

_____ / _____ /

(Ф.И.О., подпись, дата)

Руководитель ВКР

_____ / _____ /

(Ф.И.О., подпись, дата)

Консультант(ы) ВКР

_____ / _____ /

(Ф.И.О., подпись, дата)

_____ / _____ /

(Ф.И.О., подпись, дата)

Москва

2021

**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)**

Кафедра
Автомобили

Шифр и направление подготовки / специальность
23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

направленность (профиль) / специализация
«Исследования и испытание наземных транспортно-технологических машин»

УТВЕРЖДАЮ
зав. кафедрой

_____/_____/_____
« ____ » _____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Яковина Егора Анатольевича
(фамилия, имя, отчество полностью)

Тема ВКР: «Разработка подвижного макета велосипедиста для испытаний высокоавтоматизированных транспортных средств»

утверждена приказом МАДИ от «22» апреля 2021 г. № 1183ст

1. Исходные данные по ВКР: транспортное средство категории М1 Chevrolet Orlando с комплексом измерительного и регистрирующего оборудования, включая систему помощи водителю MobilEye 6-series и радар Continental ARS 408-21, транспортное средство категории М1 Toyota RAV4 с пакетом помощи водителю Toyota safety sense, макет пешехода взрослого МППВ-2, а также научно-техническая и методологическая литература, касающаяся темы диплома; базовая организация – МАДИ; характер работы – НИР.

(базовая организация, направление,
характер работы: НИР, заказ производства, университета)

2. Обоснование темы ВКР и перечень, подлежащих разработке вопросов:

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений в проектировании автомобиля является создание электронных систем помощи водителю. Наиболее важной с точки зрения безопасности дорожного движения можно назвать систему автоматического экстренного торможения (САЭТ). Данная система должна предотвратить столкновение с другим ТС и неподвижным предметом, а также наезд на пешехода и велосипедиста.

Для оценки работоспособности таких систем используют дорожные (полигонные) испытания с использованием макетов автомобиля, пешехода и велосипедиста, созданные в рамках испытаний EuroNCAP.

В связи с высокой стоимостью макетов, разработанных EuroNCAP, были предприняты попытки изготовить аналогичный макет. На кафедре «Автомобили» был разработан подвижный макет велосипедиста, однако в ходе полигонных испытаний он показал отрицательные результаты в связи с невидимостью для органов машинного зрения автомобиля, поэтому требуется доработка с учетом требований, предъявляемых к макету велосипедиста.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

- проанализировать существующие макеты велосипедиста;
- определить требования к макетам велосипедиста;
- разработать конструкцию макета велосипедиста;
- изготовить макет велосипедиста;
- выполнить экспериментальное исследование эксплуатационных характеристик разработанного макета велосипедиста;
- провести испытания электронных систем помощи водителю с использованием разработанного макета.

№ п/п	Наименование этапа работы (раздела)	Ф.И.О. должность, уч. степень, звание руководителя / консультанта (этапа работы раздела)	Срок выполнения этапа, раздела	Подпись, дата	
				Задание выдал	Задание принял
	Встреча с руководителем дипломного проекта				
	Составление плана ВКР, определение задач				
	Сбор и анализ данных				
	Написание введения				
	Написание первой главы				

	Написание второй главы				
	Проведение экспериментальных заездов на полигоне МАДИ				
	Написание третьей главы				
	Проведение экспериментальных заездов на полигоне НАМИ				
	Написание четвертой главы				
	Написание выводов ВКР, оформление работы				
	Создание слайдов презентации				

Руководитель ВКР

_____ /Фамилия И.О./
(подпись, дата)

Задание принял
к исполнению

_____ /Фамилия И.О./
(подпись, дата)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	9
1.1. Анализ статистики ДТП с велосипедистами	9
1.2. Методики испытания САЭТ с функциями распознавания велосипедистов.....	11
1.3. Макет велосипедиста EuroNCAP	17
1.4. Опыт разработки манекенов в МАДИ.....	19
1.5. Выводы по главе	21
2. РАЗРАБОТКА ПОДВИЖНОГО МАКЕТА ВЕЛОСИПЕДИСТА	23
2.1. Анализ требований ISO	23
2.2. Описание разрабатываемой конструкции макета велосипедиста	35
2.3. Разработанный макет велосипедиста.....	39
2.4. Выводы по главе	43
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАКЕТА ВЕЛОСИПЕДИСТА.....	44
3.1. Цель и задачи экспериментального исследования.....	44
3.2. Ходовая лаборатория для оценки эффективности действия современных средств технического зрения	44
3.3. Оценка видимости макета велосипедиста радаром.....	53
3.4. Оценка видимости макета велосипедиста видеокамерой.....	57
3.5. Столкновение автомобиля с макетом велосипедиста	58
3.6. Доработка макета по результатам исследования	62
3.6. Выводы по главе	63

4. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МАКЕТА ВЕЛОСИПЕДИСТА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ	64
4.1. Методика испытаний.....	64
4.2. Объект испытаний	67
4.3. Измерительная и регистрирующая аппаратура	70
4.4. Результаты испытаний	73
4.5. Выводы по главе	77
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	79
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРЕЗЕНТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	83

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений в проектировании автомобиля является создание электронных систем помощи водителю. Наиболее важной с точки зрения безопасности дорожного движения можно назвать систему автоматического экстренного торможения (САЭТ). Данная система должна предотвратить столкновение с другим ТС и неподвижным предметом, а также наезд на пешехода и велосипедиста.

Для оценки работоспособности таких систем используют дорожные (полигонные) испытания с использованием макетов автомобиля, пешехода и велосипедиста, созданные в рамках испытаний EuroNCAP (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Пешеходные и велосипедные макеты EuroNCAP

В связи с высокой стоимостью макетов, разработанных EuroNCAP, были предприняты попытки изготовить аналогичный макет. На кафедре «Автомобили» был разработан подвижный макет велосипедиста, однако в ходе полигонных испытаний он показал отрицательные результаты в связи с невидимостью для органов машинного зрения автомобиля, поэтому требуется доработка с учетом требований, предъявляемых к макету велосипедиста.

Цель работы

В соответствии с выявленными проблемами, целью работы является Разработка подвижного макета велосипедиста для испытания высокоавтоматизированных транспортных средств

Задачи работы

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие макеты велосипедиста;
- определить требования к макетам велосипедиста;
- разработать конструкцию макета велосипедиста;
- изготовить макет велосипедиста;
- выполнить экспериментальное исследование эксплуатационных характеристик разработанного макета велосипедиста;
- провести испытания электронных систем помощи водителю с использованием разработанного макета.

На защиту выносятся

- Конструкция разработанного макета велосипедиста;
- Результаты экспериментальных исследований.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1.1. Анализ статистики ДТП с велосипедистами

С каждым днём велосипедное движение в России всё больше развивается и всё чаще начинают происходить ДТП с участием велосипедистов.

В официальной статистике ГИБДД сказано, что за июнь 2020 года было совершено около 2500 ДТП с пешеходами. При этом за этот же период произошло немногим больше тысячи ДТП с велосипедистами (рис.1.2).



Рис.1.2. Статистика ДТП с велосипедистами за 2020 год

По статистике наибольшая аварийность начинается с наступлением теплых месяцев. В это время количество наездов на велосипедиста составляет 1029 в месяц для июня, 1135 для июля и 991 для августа. А число погибших достигает 57 человек в месяц. Однако даже в самые холодные месяцы года также зафиксировано около 100 ДТП в месяц.

Таким образом мы можем видеть, что уже сейчас в летнее время года на каждые два ДТП с пешеходами приходится одно ДТП с участием велосипедиста. И с каждым годом статистика ухудшается в связи с развитием велодвижения в России.

Согласно статистике чаще всего в ДТП с велосипедистами участвуют легковые автомобили. Общая часть таких аварий составляет 91%. Диаграмма представлена на рисунке 3.

Также стоит отметить, что 82% таких столкновений заканчиваются летальным исходом, диаграмма представлена на рисунке 1.3.

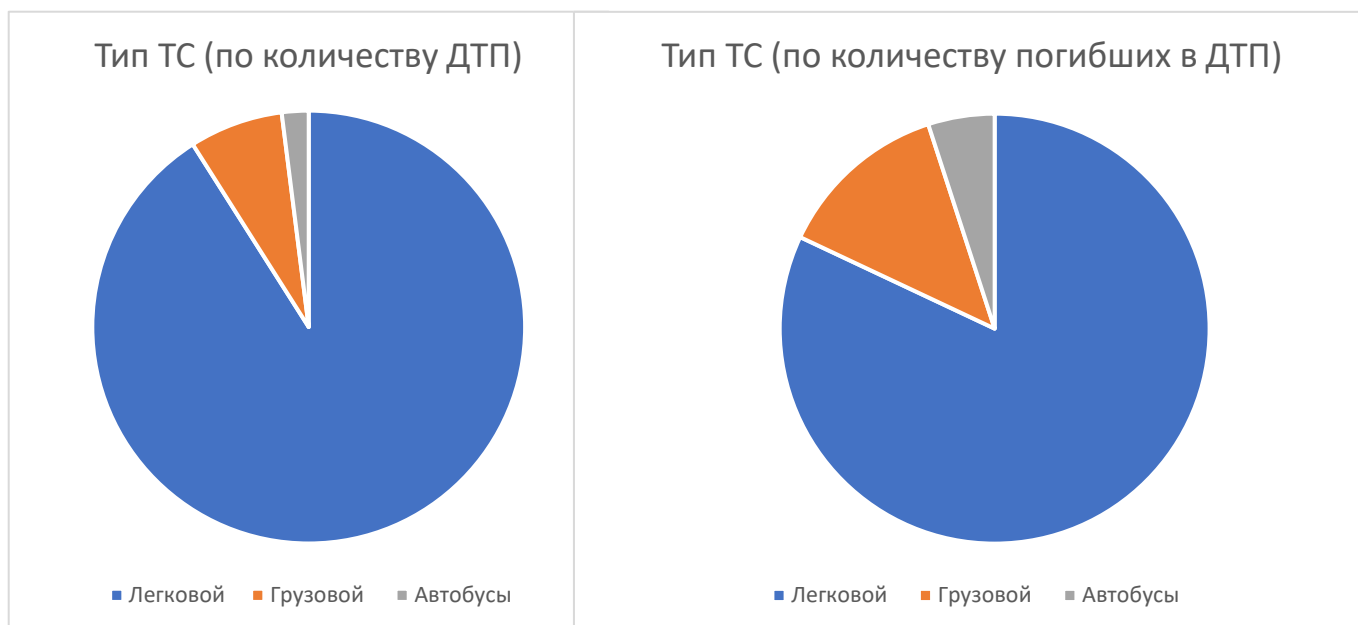


Рис. 1.3. Распределение количества ДТП и количества столкновений с летальным исходом в зависимости от типа ТС

1.2. Методики испытания САЭТ с функциями распознавания велосипедистов

Наиболее известными и проработанными являются методики испытания САЭТ, выполняемые в рамках рейтинга Euro NCAP. Тестирование САЭТ по программе Euro NCAP проводится с 2014 года и подразумевает проверку эффективности действия в различных типовых дорожных ситуациях. С января 2016 года были добавлены проверки функции САЭТ предотвращения наезда на пешеходов, а с 2018 года – и на велосипедистов.

Начиная с 2020 года испытания САЭТ с функциями предотвращения наезда на пешеходов и велосипедистов будут проводиться по тестовому протоколу 3.0.2. Итоговая оценка будет выставляться в соответствии с протоколом 10.0.2 и представляет сумму баллов, начисленных по результатам испытаний отдельных функций САЭТ.

Типы испытаний (испытательные сценарии)

В протоколе 3.0.2 (TEST PROTOCOL – AEB VRU systems) классифицировано несколько типов столкновений автомобиля с пешеходами и велосипедистами, характерных для городских условий дорожного движения:

CBNA-50 – испытание, в котором контакт автомобиля с велосипедистом (EBT – Euro NCAP Bicyclist and bike Target) может произойти фронтальной частью. EBT пересекает путь движения автомобиля поперечно с попутной стороны дороги, торможение не применяется.

CBLA-25 – испытание, в котором контакт автомобиля с EBT может произойти в точке, составляющей 25% ширины фронтальной части. EBT перемещается попутно движению автомобиля по велосипедной дорожке. Торможение не применяется или инициируется процедура объезда препятствия после оповещения системы предупреждения.

CBLA-50 – испытание, в котором контакт автомобиля с EBT может произойти в точке, составляющей 50% ширины фронтальной части. EBT перемещается попутно движению автомобиля по велосипедной дорожке. Торможение не применяется.

Из дополнительных испытательных сценариев с 2020 г. представлены следующие:

CBNAO-50 – испытание, в котором контакт ЕВТ с автомобилем может произойти в точке, составляющей 50% ширины фронтальной части. Автомобиль движется вперед по направлению к макету велосипедиста, пересекающему его путь с правой стороны из-за препятствия на расстоянии от него 4,80 метра. Торможение не применяется (рис. 1.4).

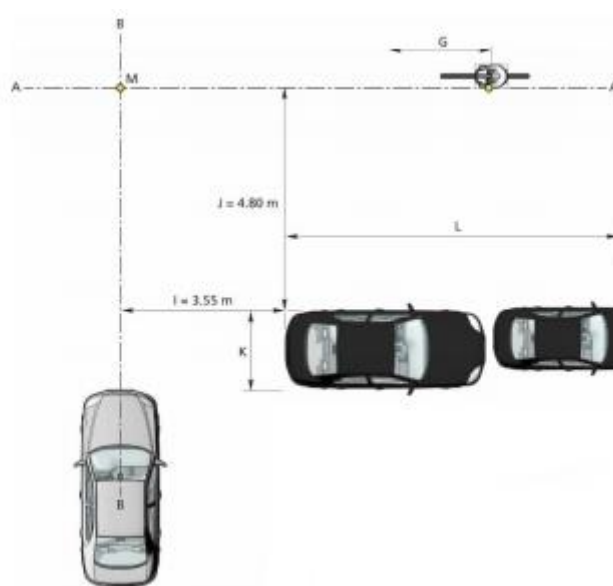


Рис. 1.4. Иллюстрация испытания CBNAO

CBFA-50 – испытание, в котором контакт ЕВТ с автомобилем может произойти в точке, составляющей 50% ширины фронтальной части. Автомобиль движется вперед по направлению к макету велосипедиста, выезжающему из непросматриваемой зоны с левой стороны относительно движения автомобиля. Торможение не применяется (рис.1.5).

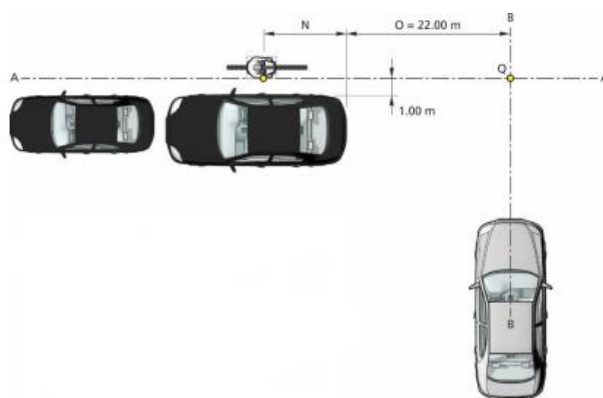


Рис. 1.5. Иллюстрация испытания CBFA

Испытания проводятся в соответствии с табл. 1.1. Шаг изменения скорости автомобиля в испытаниях CPFA, CPNA, CPNC, CPLA составляет 5 км/ч.

Таблица 1.1.

Параметры проведения испытаний

	«Цель» – Велосипед				
	CBNA		CBFA	CBLA	CBLA
Тип испытания	АЕВ		АЕВ	АЕВ	FCW
Скорость автомобиля, км/ч	10, 15, 20-60		10-60	25-60	50-80
Скорость цели, км/ч	15	10	20	15	20
Освещенность участка	Дневное		Дневное	Дневное	Дневное

Новые испытательные сценарии безусловно имеют высокую ценность с точки зрения анализа работы САЭТ в подобных типичных дорожных ситуациях. Однако это увеличивает и без того немалую программу испытаний.

Анализ условий проведения испытаний

Испытания проводятся на сухой (без видимой влаги на поверхности) ровной асфальтобетонной поверхности с минимальным коэффициентом сцепления 0,9.

Общий вид от испытательной площадки должен состоять из элементов естественной среды.

Температура воздуха должна находиться в пределах от 5°C до 40°C. Не должно быть осадков. Горизонтальная видимость на уровне земли должна быть больше 1 км. Для испытаний в дневное время естественное окружающее освещение должно быть однородным в зоне испытательной площадки и превышать 2000 люкс.

В настройках САЭТ уровень поступления оповещения о возможном столкновении должен быть установлен в положение «Среднее».

Следует отметить, что во всем большом многообразии испытательных сценариев, не реализуются условия проведения заездов, соответствующие ночному освещению с включенным ближним светом фар на автомобиле.

Также все заезды проходят в условиях хорошего сцепления колес автомобиля с опорной поверхностью. Однако наиболее вероятно помощь водителю от САЭТ будет требоваться при движении в условиях плохой видимости и на скользких дорогах (темное время суток, снег, дождь, туман, гололед и т.п.). Что будет происходить с органами технического зрения в таких условиях тоже непонятно и не проверяется при испытаниях.

Оценка эффективности действия САЭТ

Итоговая оценка САЭТ с функциями распознавания пешеходов и велосипедистов рассчитывается по протоколу 10.0.2 (ASSESSMENT PROTOCOL – VULNERABLE ROAD USER PROTECTION). Итоговая оценка представляет сумму баллов, начисленных по результатам испытаний отдельных функций САЭТ: функции автоматического торможения перед целью АЕВ и функции предупреждения о возможном столкновении с целью FCW.

В основе критерия эффективности действия функции АЕВ лежит относительная скорость столкновения автомобиля с «целью». При скорости объекта испытаний до 40 км/ч включительно зачетные баллы из табл. 1.2 начисляются по следующей формуле:

$$\text{Оценка}_{\text{тест. скор.}} = ((V_{\text{тест}} - V_{\text{уд}})/V_{\text{тест}}) \times \text{баллы}_{\text{тест. скор.}},$$

где $V_{\text{тест}}$ – скорость испытуемого автомобиля, $V_{\text{уд}}$ – измеренная относительная скорость столкновения автомобиля с целью.

Таблица 1.2.

Оценка эффективности действия САЭТ (велосипед)

Скорость автомобиля	CBFA	CBNA	CBNAO	CBLA	
10 км/ч	1.000	1.000	1.000		
15 км/ч	1.000	1.000	1.000		
20 км/ч	1.000	1.000	1.000		
25 км/ч	1.000	1.000	1.000	1.000	
30 км/ч	1.000	1.000	1.000	1.000	
35 км/ч	1.000	1.000	1.000	2.000	
40 км/ч	1.000	1.000	1.000	2.000	
45 км/ч	1.000	1.000	1.000	3.000	
50 км/ч	1.000	1.000	1.000	3.000	3.000
55 км/ч	1.000	1.000	1.000	3.000	3.000
60 км/ч	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
65 км/ч					1.000
70 км/ч					1.000
Всего баллов	11.000	11.000	11.000	27.000	
Коэффициент весомости испытания	3.000	1.500	1.500	3.000	

При скорости объекта испытаний выше 40 км/ч баллы начисляются в случае снижения скорости более чем на 20 км/ч в результате автоматического торможения САЭТ.

Оценка функции FCW проводится для сценариев CPLA и CBLA. Критерием является параметр TTC (Time To Collision – Время до столкновения). Параметр TTC соответствует времени, через которое произойдет столкновение объекта испытаний с «целью» при условии, что их скорости останутся неизменными. Зачетные баллы для каждого испытания начисляются в соответствии с таблицей 1.5, если параметр TTC больше 1,70 с.

Общее число заработанных баллов по всем испытательным заездам конкретного сценария соотносится с максимально возможным числом баллов за все испытательные заезды подобного вида. С учетом коэффициента

весомости испытания определяется общая итоговая сумма набранных баллов по формуле (1):

$$\text{Итоговая оценка} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Количество баллов по сценарию}_i \times \text{Коэф. весомости}_i}{\text{Максимальное количество баллов по сценарию}_i} \quad (1).$$

Итоговая оценка эффективности действия САЭТ выставляется отдельно по испытаниям с «целью» – Пешеход (АЕВ Pedestrian) и «целью» – Велосипедист (АЕВ Cyclist).

Уровень оценок АЕВ Cyclist представлен в табл. 1.3.

Таблица 1.3.

Уровень оценки эффективности действия САЭТ

Итоговая оценка	Результат	Цвет
6,751...9,000 баллов	Отлично	Зелёный
4,501...6,750 баллов	Хорошо	Жёлтый
2,251...4.500 баллов	Удовлетворительно	Оранжевый
0,001...2,250 баллов	Не удовлетворительно	Коричневый
0,000 баллов	Плохо	Красный

1.3. Макет велосипедиста EuroNCAP

Для испытаний используется специально разработанная мишень велосипедиста. Велосипед установлен на движущейся платформе, а манекен велосипедиста шарнирно имитирует движения человека при педалировании. Обнаружение велосипедистов системами технического зрения автомобиля сложнее реализовать с технической точки зрения, так как их скорость выше. Из-за этого производители транспортных средств вынуждены использовать датчики с более широким углом обзора, что требует больше времени на обработку информации и более высокую скорость принятия решения – применять экстренное торможение или нет.

По результатам заездов EuroNCAP дает наивысший рейтинг автомобилям, которые полностью предотвратили столкновение. Однако не всегда автомобиль успевает остановиться полностью, при этом всё равно некоторые баллы рейтинга начисляются, так как при реальном столкновении любое снижение скорости может существенно снизить травмирование велосипедиста.

Для проверки видимости велосипедиста автомобилями EuroNCAP использует несколько сценариев в которых велосипедист пересекает путь тестируемого транспортного средства:

- велосипедист пересекает траекторию автомобиля в поперечном направлении на открытой местности
- велосипедист пересекает траекторию автомобиля в поперечном направлении, выезжая из-за препятствия
- велосипедист движется продольно по траектории движения автомобиля

Эти сценарии представляют собой наиболее частые ситуации, возникающие на дороге, при которых могут произойти потенциально смертельные аварии между автомобилями и велосипедистами.

Для испытаний используется специально разработанная мишень велосипедиста. Велосипед установлен на движущейся платформе, а манекен человека имеет шарнирные соединения, для максимально реалистичного воспроизведения движений человека при педалировании.



Рис. 1.6. Мишень велосипедиста, разработанная EuroNCAP

Велосипедная мишень, используемая EuroNCAP, по всем параметрам соответствует среднестатистическому взрослому велосипедисту на стандартном взрослом велосипеде (рис.1.6.). Мишень предназначена для работы с радарными, лидарными, лазерными дальномерами и системами инфракрасного видения.

Мишень должна быть полным трехмерным представлением реального велосипедиста и велосипеда и должна иметь вращающиеся колеса, синхронизированные со скоростью. При этом вращение педального узла не обязательно.

Стоимость макета, изготовленного EuroNCAP, очень высока, поэтому были предприняты попытки изготовить аналогичный макет.

1.4. Опыт разработки манекенов в МАДИ

На кафедре «Автомобили» МАДИ также ведется разработка мишеней для испытания систем помощи водителю. Ранее уже был создан макет взрослого пешехода для использования при испытаниях авто- и мототехники всех категорий. Данный манекен представлен на рисунке 1.7.



Рис. 1.7. Макет взрослого пешехода МППВ-2

В состав конструкции данного манекена входят следующие элементы: туловище, верхние и нижние конечности, опорная площадка, опорная стойка и система электропривода нижних конечностей.

Данный макет собран согласно требованиям ISO 19206-2:2018 и идентифицируется средствами технического зрения испытуемого автомобиля как «пешеход».

Туловище и конечности макета выполнены из пенопласта типа ПСБ-С 15 и дополнительно покрыты пластиковой лентой в трёх плоскостях с 50%

перекрытием, для дополнительного усиления и увеличения ресурса макета при незначительном увеличении массы. Нижние конечности имеют электропривод, механизм которого был разработан на кафедре «Автомобили». Верхние конечности крепятся легкоъемными креплениями.

Перемещение мишени в продольном направлении производится с помощью тягового колесного электропривода на радиоуправлении.

При столкновении с испытуемым автомобилем, не наносит существенного вреда и распадается на отдельные элементы, после чего может быть собран повторно.

Макет пешехода одет в черную футболку с длинными рукавами и синие брюки. Части «тела» покрыты тканью телесного цвета с низкой отражающей способностью.

В последствии, основываясь на успешных испытаниях макета пешехода, была изготовлена первая версия макета велосипедиста. При изготовлении использовали аналогичные макету пешехода материалы и привод для движения мишени.



Рис 1.8. Испытания автомобиля по двум сценариям

Затем макет велосипедиста испытывался на видимость органами технического зрения системы автоматического экстренного торможения (САЭТ) автомобиля BMW 750Ld xDrive. Испытательные заезды проводились по двум сценариям: макет двигался поперечно (тип 1); макет двигался продольно (тип 2). Данные сценарии изображены на рисунке 1.8. Однако в ходе полигонных испытаний было установлено, что подвижный макет велосипедиста соответствующей конструкции не может быть использован при испытаниях САЭТ в связи с невидимостью для органов машинного зрения автомобиля. Поэтому требуется его основательная переработка с учетом требований, предъявляемых к макету велосипедиста.

1.5. Выводы по главе

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений в проектировании автомобиля является создание электронных систем помощи водителю. Наиболее важной с точки зрения безопасности дорожного движения можно назвать систему автоматического экстренного торможения (САЭТ). Данная система должна предотвратить столкновение с другим ТС и неподвижным предметом, а также наезд на пешехода и велосипедиста.

Для оценки работоспособности таких систем используют дорожные (полигонные) испытания с использованием макетов автомобиля, пешехода и велосипедиста.

На данный момент существуют уже готовые макеты велосипедиста, которые распознаются автомобилем и могут использоваться для испытаний. Однако такие мишени имеют сложную конструкцию и чрезвычайно высокую стоимость.

В связи с этим была поставлена задача проанализировать требования, предъявляемые к манекенам, и создать рабочий макет велосипедиста, который будет обнаруживаться средствами технического зрения автомобиля, иметь низкую стоимость и простую конструкцию.

На основании вышеизложенного **целью работы** является разработка подвижного макета велосипедиста для испытания высокоавтоматизированных транспортных средств.

Для этого необходимо решить следующие **задачи**:

- определить требования к макетам велосипедиста;
- разработать конструкцию макета велосипедиста;
- изготовить макет велосипедиста;
- выполнить экспериментальное исследование эксплуатационных характеристик разработанного макета велосипедиста;
- провести испытания электронных систем помощи водителю с использованием разработанного макета.

2. РАЗРАБОТКА ПОДВИЖНОГО МАКЕТА ВЕЛОСИПЕДИСТА

2.1. Анализ требований ISO

Требования, которым должен соответствовать макет велосипедиста, описаны в ISO 19206-4:2020. В данной главе эти требования будут проанализированы.

Конструктивные требования

Макет велосипедиста, аналогично реальному велосипеду состоит из компонентов, указанных на рисунке 2.1.



Рис. 2.1. Компоненты макета велосипедиста.

При этом у данных компонентов должны соблюдаться следующие требования:

- макет человека должен иметь возможность регулировки угла наклона спины
- белый катафот установлен спереди на раме
- красный катафот установлен на задней части полки для багажа
- над колесами установлены пластиковые брызговики
- резиновая шина с отражающим кольцом

- колеса касаются земли и могут свободно вращаться при движении макета
- катафоты оранжевого цвета на передней и задней сторонах педалей

Максимальная скорость столкновения тестируемого автомобиля с макетом составляет 60 км/ч при поперечном движении и 45 км/ч при продольном движении. При этом макет велосипедиста не должен иметь твердых точек при ударе, чтобы не повреждать тестируемый автомобиль.

Максимальный вес макета – 11 кг.

После столкновения положение и размер макета велосипедиста должна проверяться перед началом новых заездов. После серии тестовых заездов и столкновений макет не должен менять свою форму либо изменять свои свойства.

Геометрические размеры и положение велосипедиста

Размер мишени основан на среднем универсальном взрослом велосипеде.

Конструкция имеет форму стандартной двойной треугольной рамы. Размеры указаны на рисунке 2.2 и в таблице 2.1. Пересечение нижнего пера и нижней трубы рамы будет использован в качестве нулевой отметки по оси X, а уровень пола в качестве нулевой отметки по оси Z. В качестве единиц измерения использованы миллиметры. Суммарная высота макета составляет 1865 мм, а суммарная длина 1890 мм.



Рис. 2.2. Основные точки конструкции велосипеда.

Таблица 2.1.

Координаты основных точек конструкции

Точка	X	Y	Отклонение	Ед. изм.
0	0	280	± 10	мм
1	670	340	± 10	мм
2	-540	340	± 10	мм
3	430	855	± 10	мм
4	-215	860	± 10	мм
5	310	1180	± 10	мм
6	-235	935	± 10	мм
7	105	495	± 20	мм
8	80	200	± 20	мм
9	150	860	± 20	мм
10	85	700	± 20	мм
Высота	1865	-	± 20	мм
Длина	1890	-	± 20	мм

Чтобы макет соответствовал реальному велосипеду по видимости для радаров рама, стойки, спицы, рулевое управление и ободы должны иметь поверхность черного цвета. А диаметр рамы, опоры сиденья и опоры цепи должен быть следующим:

- Рама – 25...35 мм;
- Опора сиденья – 15...25 мм;
- Опора цепи – 15...25 мм.

Размеры велосипедиста основаны на мишени взрослого человека в соответствии с АСЕА4.

Основные размеры манекена представлены на рисунке 2.3.

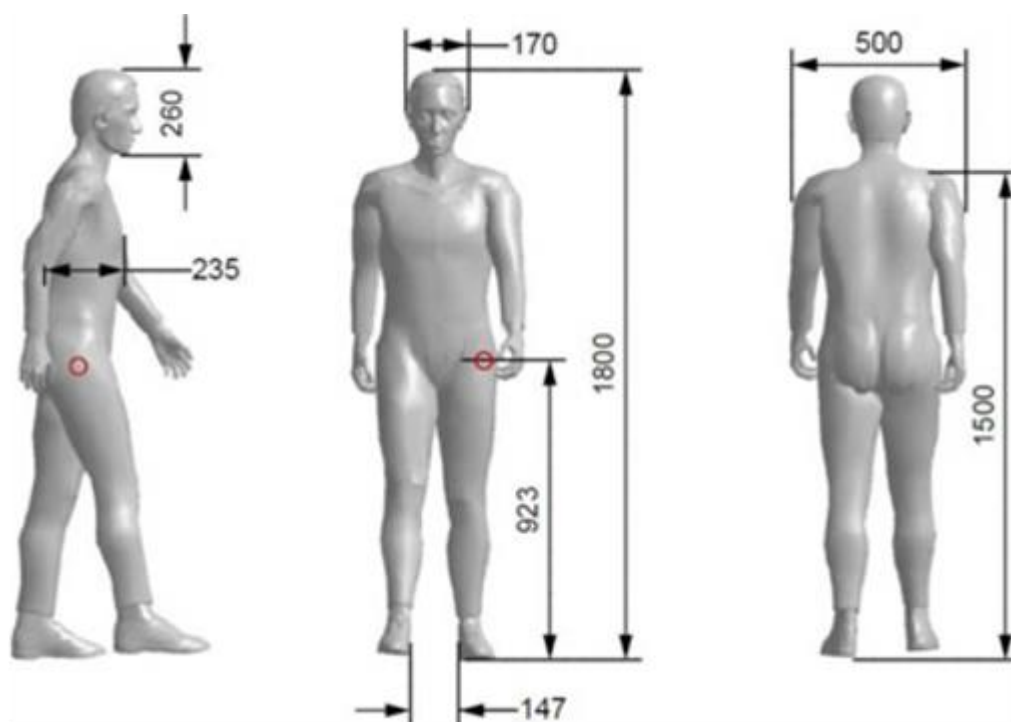


Рис. 2.3. Размеры манекена пешехода.

Размеры макета человека

Сегмент	Размер	Отклонение	Ед. изм.
Высота	1800	± 20	мм
Длина ног	920	± 20	мм
Ширина плеч	500	± 20	мм
Высота плеч	1500	± 20	мм
Ширина головы	170	± 10	мм
Высота головы	260	± 10	мм
Толщина тела	240	± 10	мм

Положение манекена велосипедиста представляет собой естественное положение при управлении велосипедом: лицом вперед, обе руки на руле, одна нога в нижнем положении, другая в верхнем.


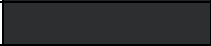
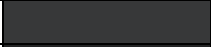
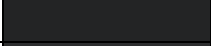
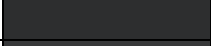
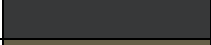






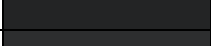
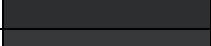
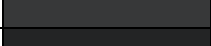
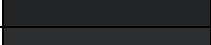
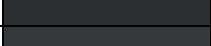

Одна и та же поза манекена человека используется для всех направлений движения всего макета, однако должна быть возможность проверить и скорректировать положение манекена, угол наклона ног и положение рук без использования специнструмента.

Видимые свойства макета

По аналогии с макетом взрослого пешехода, макет велосипедиста должен выглядеть следующим образом: одет в футболку черного цвета, брюки синего цвета и туфли черного цвета, части поверхности тела покрыты неотражающим материалом телесного цвета. Одежда должна быть изготовлена из герметичного водостойкого материала.

Цвета разных сегментов с обозначением цветового кода в соответствии с цветовой моделью RGB представлены в таблице 2.3.

Цвета различных элементов

Сегмент		Цвет	Красный	Зеленый	Синий
Торс, обувь	мин.		35	36	37
	станд.		45	46	47
	макс.		55	56	57
Волосы	мин.		35	36	37
	станд.		45	46	47
	макс.		55	56	57
Кожа, лицо, руки	мин.		102	95	72
	станд.		182	165	142
	макс.		72	33	0
Штаны	мин.		0	90	133
	станд.		0	110	153
	макс.		20	130	173
Шины	мин.		35	36	37
	станд.		45	46	47
	макс.		55	56	57
Рама	мин.		35	36	37
	станд.		45	46	47
	макс.		55	56	57

Передний, задний и отражатели педалей должны иметь маркировку BS6102/2 и окрашиваться соответственно в белый, красный и янтарный цвета. Передний и задний отражатели должны быть расположены на высоте 350-900 мм от земли. Отражатели педалей должны располагаться на передней и задней сторонах педалей.

Чтобы обеспечить устойчивое поведение внешнего покрытия, текстиль должен соответствовать следующим характеристикам:

- Плотность < 300 г/м²;
- Водонепроницаемость > 600 мм;
- Световая стойкость > 6000 ч.

Инфракрасное отражение

Отражательная способность инфракрасного излучения с длиной волны от 850 до 910 нм должна находиться в пределах, указанных в таблице 2.4.

При выборе одежды необходимо убедиться, что отражательная способность, измеренная с помощью датчика 45° , не должна отличаться более чем на 20% от отражательной способности, измеренной с помощью датчика 90° . На рисунке 2.4 изображена схема велосипедиста с поэлементным разделением групп с разными требованиями по инфракрасному отражению, значения которых отражены в таблице 2.4.



Рис. 2.4.. Элементы при определении ИК-отражения

Таблица 2.4.

Отражательная способность элементов макета

Элемент	Отражательная способность (90° , 45°)
1, 3, 4	40% - 60%
2	20% - 60%
5	3% - 9%
6	2% - 20%

Радарные свойства и радиолокационное сечение

Радиолокационное сечение (RCS) должно соответствовать установленным требованиям.

RCS зависит от угла наблюдения и может меняться. Теоретически RCS не зависит от расстояния, однако из-за поля зрения радара RCS может изменяться с расстоянием, а на близкой дистанции велосипедист не сканируется по всей высоте.

Поэтому необходимо обеспечить равномерное и реалистичное значение RCS по всей площади макета. При угле наблюдения 90° RCS на колесо должно составлять от 1 до 10 дБсм, для рамы – от 1 до 16 дБсм, а для манекена велосипедиста – от -5 до 5 дБсм. Диапазон допустимых значений эффективной площади радиоотражения макета показан на рисунках 2.5 и 2.6.

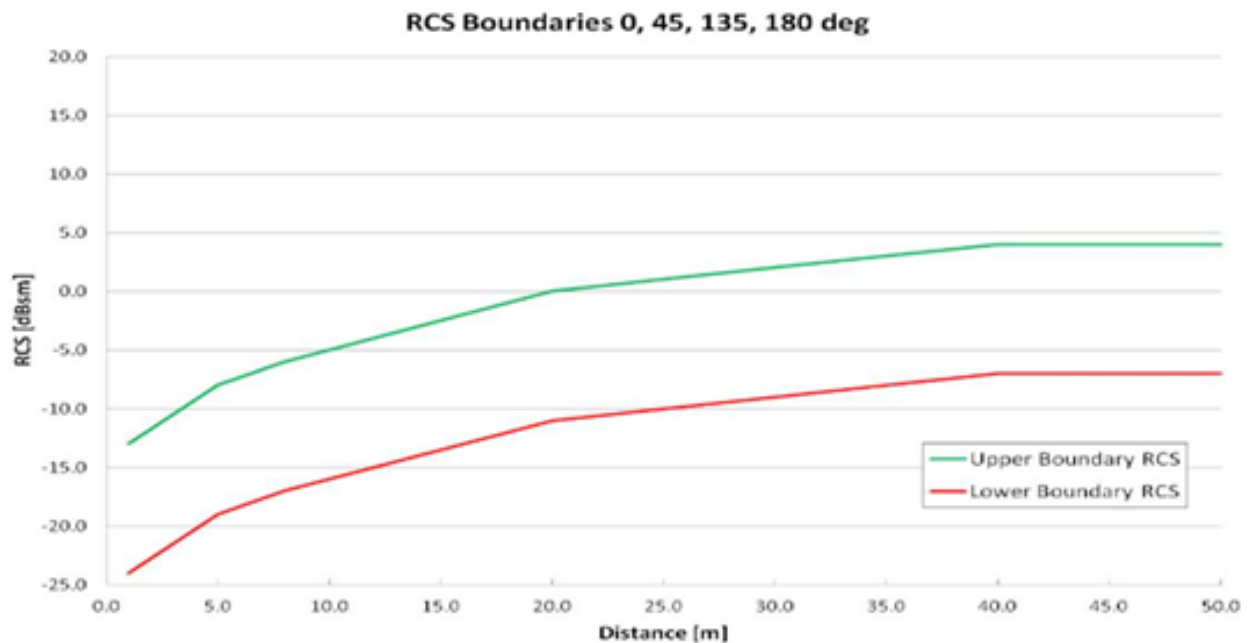


Рис. 2.5. Диапазон допустимых значений RCS макета при угле зрения 0, 45, 135 и 180 градусов в зависимости от расстояния

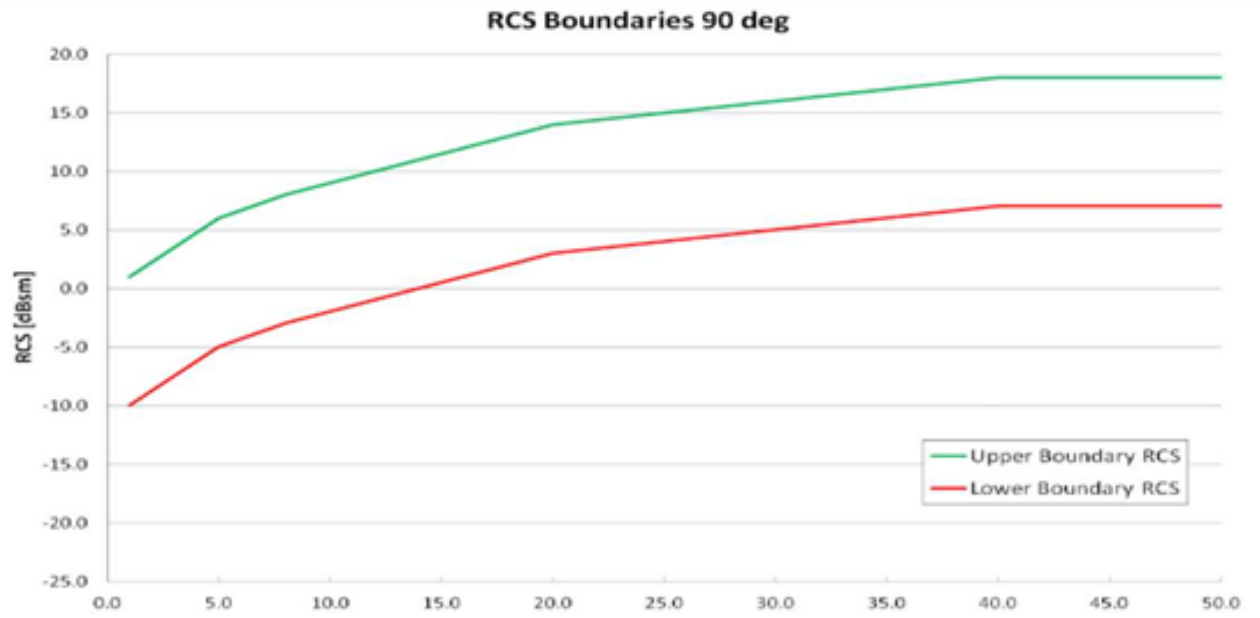


Рис. 2.6. Диапазон допустимых значений RCS макета для угла зрения 90 градусов в зависимости от расстояния

Эффект Доплера при движении

Радар также способен определить и измерить относительные скорости вращения колес велосипеда. Эта характеристика в спецификациях именуется микродоплеровской.

Основные точки отражения, влияющие на микродоплеровское движение, должны быть расположены на внешнем ободе колес. RCS на колесо должно составлять от 1 до 10 дБсм при угле обзора 90°.

Оба колеса должны вращаться в пределах от нулевой скорости до двойной скорости велосипеда, так как при движении без проскальзывания угловая скорость колеса равна центральной скорости колеса, максимальные положительные скорости должны быть в два раза больше скорости велосипедиста, а минимальные должны быть равны нулю.

Колеса должны находится в постоянном контакте с землей и вращаться со скоростью, синхронизированной со скоростью движения макета.

Манекен обязательно должен иметь возможность вращения колес, так как при любом пересечении велосипедистом дороги колеса вращаются. Педальирование при этом не обязательно.

Для измерения площади эффективного радиоотражения используются 77 GHz датчики:

- Bosch MRR-SGU
- Continental ARS300/ARS301/ARS400 series (optional)

Установка с датчиком:

- угловое отклонение при движении $< 2^\circ$
- точность позиционирования продольно / поперечно < 5 см

Велосипедист:

- Точность позиционирования продольного/бокового < 1 см
- Угловое отклонение ориентации $< 3^\circ$

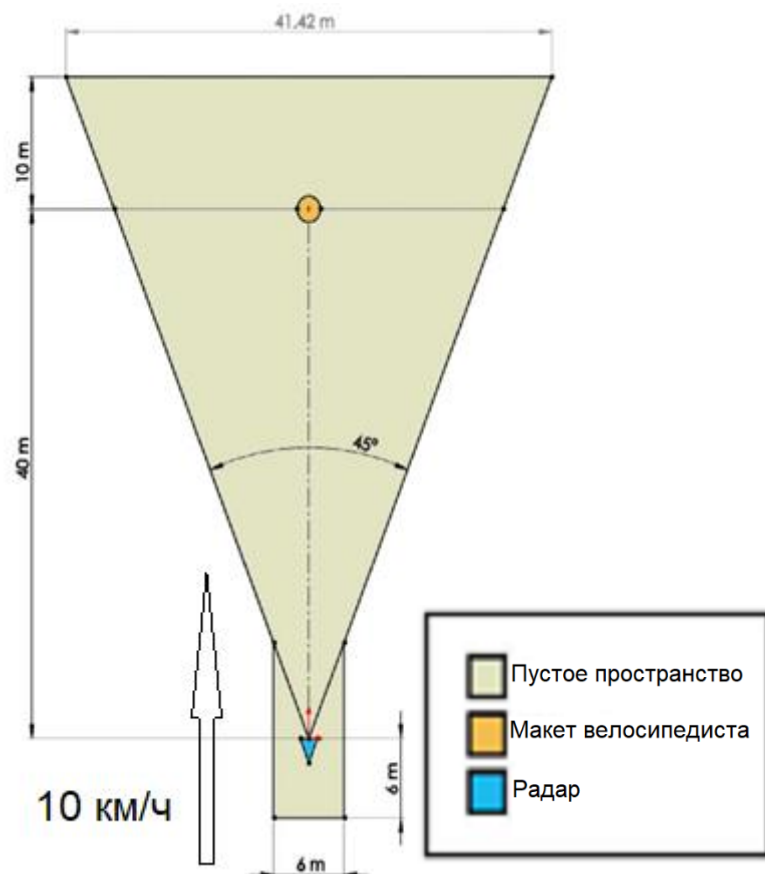


Рис. 2.7. Измерительная площадка при измерении RCS

Требования к испытательной площадке, схема которой изображена на рисунке 2.7:

- Нет дополнительных объектов/зданий в зоне наблюдения
- Поверхность испытательного полигона полностью покрыта асфальтом или бетоном
- Состояние дорожной поверхности: ровный, сухой
- Нет металлических или других сильно отражающих частей на земле или в окружающем пространстве
- Измерение с расстоянием 10 дБсм на расстоянии 40 м, высота установки углового отражателя – 1 м.

2.2. Описание разрабатываемой конструкции макета велосипедиста

Назначение

Макет велосипедиста создается для использования при испытаниях систем помощи водителю автомобилей и мототехники всех категорий в качестве мишени, имитирующей взрослого велосипедиста.

Основные компоненты макета велосипедиста

Основные компоненты макета велосипедиста представлены на рис. 2.8.

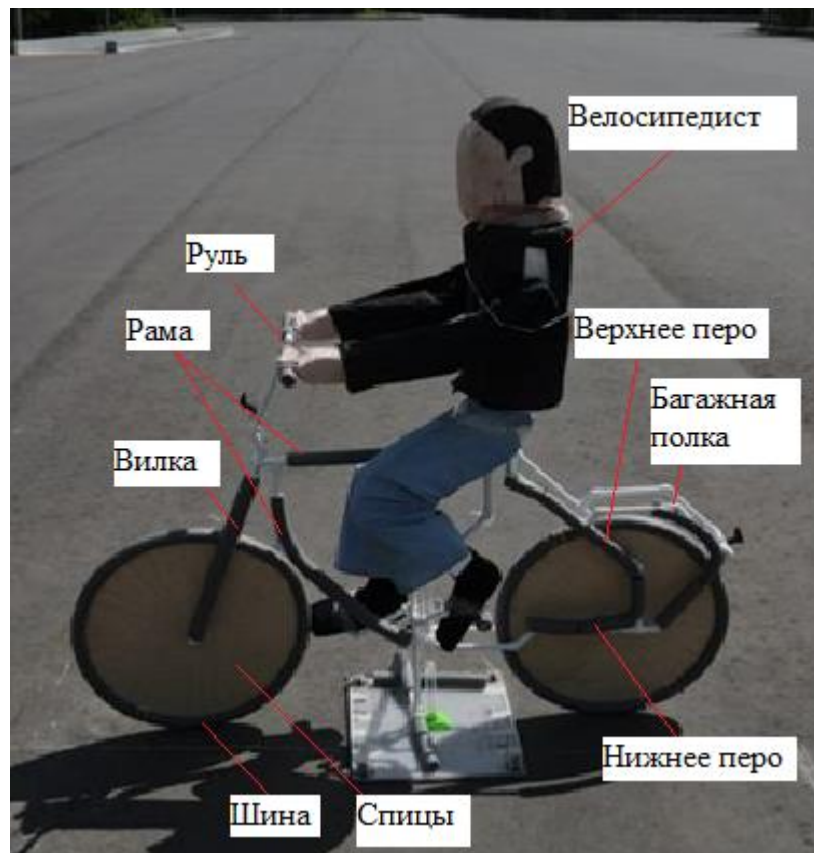


Рис. 2.8. Компоненты макета велосипедиста.

Основные свойства мишени велосипедиста

- Макет велосипедиста при столкновении с автомобилем на скорости менее 60 км/ч не должен наносить значительного вреда объекту испытаний. Могут допускаться царапины и потёртости лакокрасочных покрытий, повреждения элементов остекления.
 - Макет велосипедиста в случае отказа систем помощи водителю и при последующем столкновении должен разделяться на отдельные элементы и иметь возможность последующей сборки без деформаций и с соблюдением ключевых точек и размеров конструкции.
 - Макет велосипедиста должен идентифицироваться средствами технического зрения объекта испытаний как «велосипедист». Оптические характеристики и свойства радиоотражения – согласно требованиям ISO/DIS 19206-4:2020.
 - Верхние конечности макета неподвижно крепятся к туловищу и к рулю велосипеда легкосъёмными креплениями.
 - Движение макета в продольном направлении обеспечивается тяговым колёсным электроприводом с радиоуправлением от отдельного пульта. Питание пульта радиоуправления тягового колёсного электропривода осуществляется от 4 элементов питания типа АА. Скорость макета, обеспечиваемая тяговым колёсным электроприводом, до 5 м/с.
- Также на кафедре была разработана автономная система запуска тягового привода. Данная система получила название «Light-барьер», которая была собрана на базе компонентов ArduinoNano с использованием радиомодулей, оснащённых антеннами NRF24L01+PA+LNA (рис. 2.9). Электропитание источника света осуществляется от 3 элементов питания типа АА, фотоприемника – от аккумулятора LiPO 30С ёмкостью 1500 мАч.



*Рис. 2.9. Система запуска «Light-барьер»:
1 – фотоприемник с радиомодулем; 2 – источник света*

- Тяговый колёсный электропривод собран на базе радиоуправляемой модели Traxxas E-REVO 1/16 VXL. Электропитание тягового колёсного электропривода осуществляется от двух аккумуляторов типа LIPO 30С ёмкостью 5000 мАч. Ориентировочный запас хода от полностью заряженных аккумуляторов в нормальных условиях эксплуатации составляет 3 часа или 300 м хода макета. Запас хода существенно зависит от условий эксплуатации. Возможна замена аккумуляторов в процессе проведения испытаний.
- Туловище и конечности макета водителя велосипеда выполнены из пенопласта типа ПСБ-С 15. Детали туловища и конечностей дополнительно армированы пластиковой лентой в 3-х плоскостях с 50 % перекрытием полос, усилены и упрочнены по специальной методике. Разработанная методика упрочнения пенопластовых деталей направлена на формирование пространственного силового каркаса и позволяет увеличить прочность и износостойкость деталей при сохранении малой массы.
- Каркас велосипеда изготавливается из PPR-труб с диаметром 20 мм и увеличенной толщиной стенок 3,4 мм. В качестве материала для рамы были выбраны PPR-трубы так как они наиболее легкие из доступных материалов, обладают низкой стоимостью, легко поддаются сборке, и итоговая конструкция имеет наибольшее сходство с рамой велосипеда.

Дополнительно труба армирована стекловолокном, что позволит улучшить видимость для радаров. Для имитации металлической поверхности рамы была использована фольга.

- На макете водителя нет видимых отражающих (в оптическом диапазоне) компонентов.
- На макете велосипеда установлены передний (белый) и задний (красный) отражатели, имеющие маркировку BS6102/2 и отражатели педалей, имеющие маркировку BS6102/2 и окрашенные в янтарный цвет. Передний и задний отражатели расположены на высоте 350...900 мм от земли. Отражатели педалей располагаются на передней и задней сторонах педалей.
- Части поверхности «кожи» покрыты материалом телесного цвета с низкой отражающей способностью.
- Волосы головы имитированы с использованием ткани черного цвета.
- Макет велосипедиста одет в футболку с длинными рукавами черного цвета и брюки синего цвета (согласно требованиям ISO/DIS 19206 2:2018). При наличии специфичных требований цветовая гамма может быть изменена.
- Одежда свободно располагается на макете, не образуя значительных провисаний либо складок.
- Использование макета велосипедиста во время выпадения осадков не предусмотрено.
- Колеса велосипеда изготовлены из фанеры толщиной 5 мм. Для имитации шины был использован вспененный полиэтилен, расположенный по всей длине колеса. На боковине каждого колеса был нанесён рисунок, повторяющий рисунок спиц на стандартном реальном велосипедном колесе.

2.3. Разработанный макет велосипедиста

По базовым точкам ISO 19206-4:2020 была составлена схема велосипеда, которая представлена на рисунке 2.10. Также отдельные элементы и сечения сложных узлов вынесены на рисунках 2.11 и 2.12.

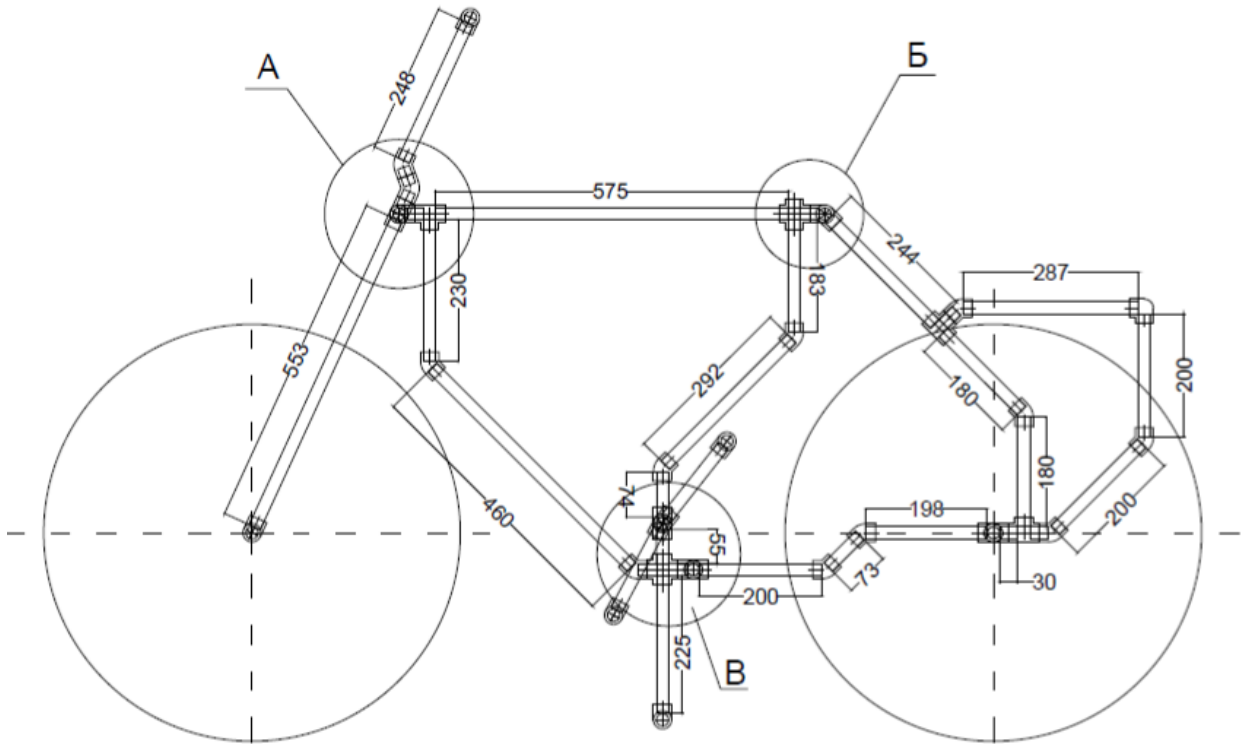


Рис. 2.10. Схема рамы велосипеда

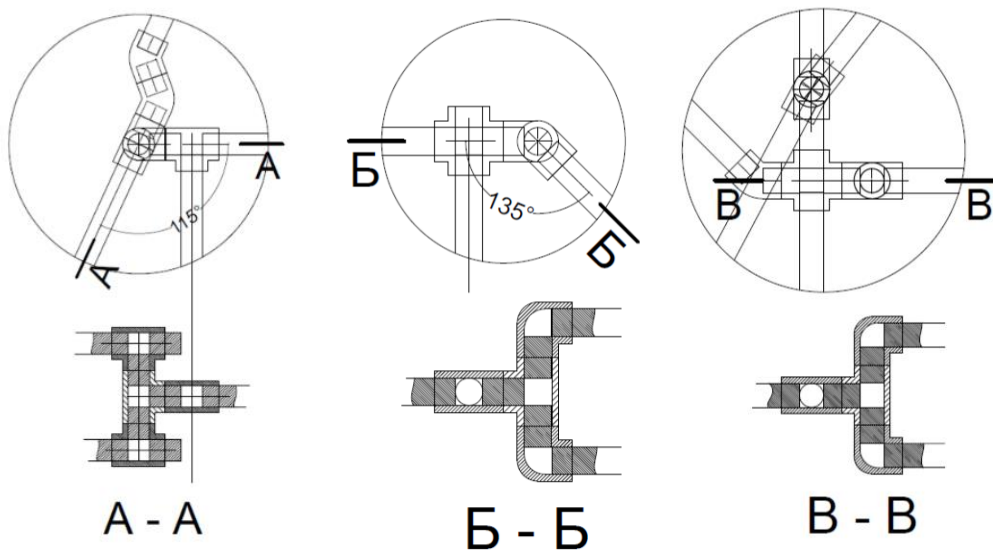


Рис. 2.11. Схемы отдельных узлов рамы

Педальный узел:

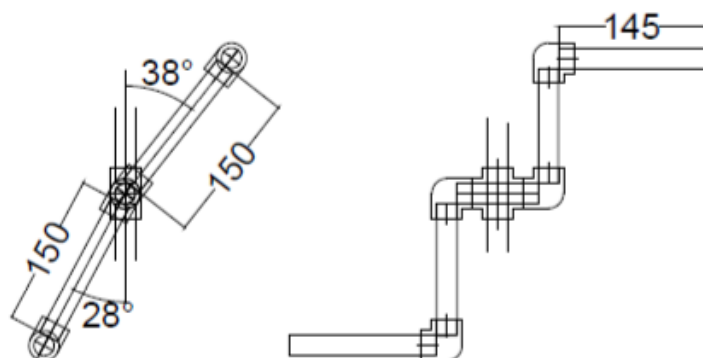


Рис. 2.12. Схема педального узла

Затем была произведена сборка макета.

Этапы сборки изображены на рисунках 2.13 – 2.16.



Рис. 2.13. Рама макета велосипедиста в собранном виде



Рис. 2.14. Собранный велосипед с установленными колесами и площадкой



Рис. 2.15. Сборка макета на полигоне



Рис. 2.16. Собранный макет велосипедиста

2.4. Выводы по главе

Были проанализированы все требования, предъявляемые к макетам велосипедиста, включающие в себя:

- Макет должен быть видимым для радаров и видеокамер;
- Вес собранной конструкции должен составлять не более 11 кг;
- Велосипед при столкновении с автомобилем не должен сильно повреждать его и разделяться на отдельные элементы;
- Цветовая гамма и геометрические размеры должны соответствовать стандартам;
- После серии тестовых заездов и предшествующих столкновений макет не должен менять свою форму и функциональность сочленений;

Была разработана конструкция макета велосипеда, включающая в себя PPR-трубы, сочленения, выполненные из уголков для PPR-труб различных углов и колес из листов фанеры.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАКЕТА ВЕЛОСИПЕДИСТА

3.1. Цель и задачи экспериментального исследования

Целью экспериментального исследования является определение эксплуатационных характеристик разработанного макета велосипедиста.

Задачами экспериментального исследования являются:

- оценка видимости макета органами технического зрения автомобиля;
- проверка работоспособности целей в случае столкновения;
- анализ повреждений объекта испытаний в случае столкновения;
- обработка и анализ результатов испытаний.

3.2. Ходовая лаборатория для оценки эффективности действия современных средств технического зрения

Для определения соответствия макета велосипедиста стандарту ISO в области радиоотражения, было проведено экспериментальное облучение при помощи мобильной лаборатории на базе автомобиля Chevrolet Orlando, созданной на кафедре «Автомобили» МАДИ. Оценка отражающей способности производилась с помощью радара Continental ARS 408-21 Premium (Long Range Radar Sensor 77 GHz), установленного на переднюю часть автомобиля (рис. 3.1.). При этом крепление должно удерживать радар таким образом, чтобы плоскость сканирования была параллельна днищу, и сканирующая волна радара не блокировалась поверхностью дороги, вызывая появление фантомных объектов.



Рис. 3.1. Радар Continental ARS 408-21 Premium, установленный на автомобиль

Радар ARS 408-21, представленный A.D.C. GmbH – это радарный датчик, который имеет различные возможности по применению:

- Защита от столкновения для транспортных средств различного рода.
- Контроль движения для дальних зон (транспортные средства различного рода, в том числе автономные);
- Область мониторинга систем для дальних зон, например, опасных или недоступных областей;
- Классификация объектов;
- Обнаружение объекта, например, в невидимых для глаза зонах;
- Возможность сканирования при скрытом монтаже за защитным покрытием (обтекатель).

Датчик ARS 408-21 Premium, независимо измеряет расстояние и скорость (эффект Доплера) относительно объектов без отражателя в одном цикле измерения, основываясь на FMCW (частотно-модулированный сигнал с незатухающей гармонической волной) с высокой амплитудой, со сканированием в реальном времени 17 тактов в секунду. Специальная функция устройства – это параллельное измерение больших дистанций до 250 м, относительной скорости и углового отношения между 2 объектами.

Преимущества:

– ARS 408-21 сочетает в себе хорошие рабочие характеристики эффективности измерения и высокую степень эксплуатационной безопасности. Он позволяет в режиме реального времени определять расстояние до объекта в зависимости от скорости движения и выявлять риск возможного столкновения.

– Радар отказоустойчив, в состоянии распознать неисправности датчика и сопутствующего оборудования, показывая это автоматическом режиме.

– Применение радарной технологии с менее сложным принципом измерения, разработка с учетом массового производства в автомобильной промышленности, позволяет сохранять конструкцию прочной и компактной.

Радар оснащён одним шинным интерфейсом CAN для подключения к бортовой коммуникационной шине автомобиля с дальнейшим подключением компьютера, оснащенного программным обеспечением, разработанным для данного радара.

Для проведения исследования, радар был смонтирован в передней части автомобиля. Замеры проводились согласно методике из ISO 19206-4:2020, при различном удалении и сравнивались с эффективной отражающей площадью (Radar cross section – RCS) реального человека.

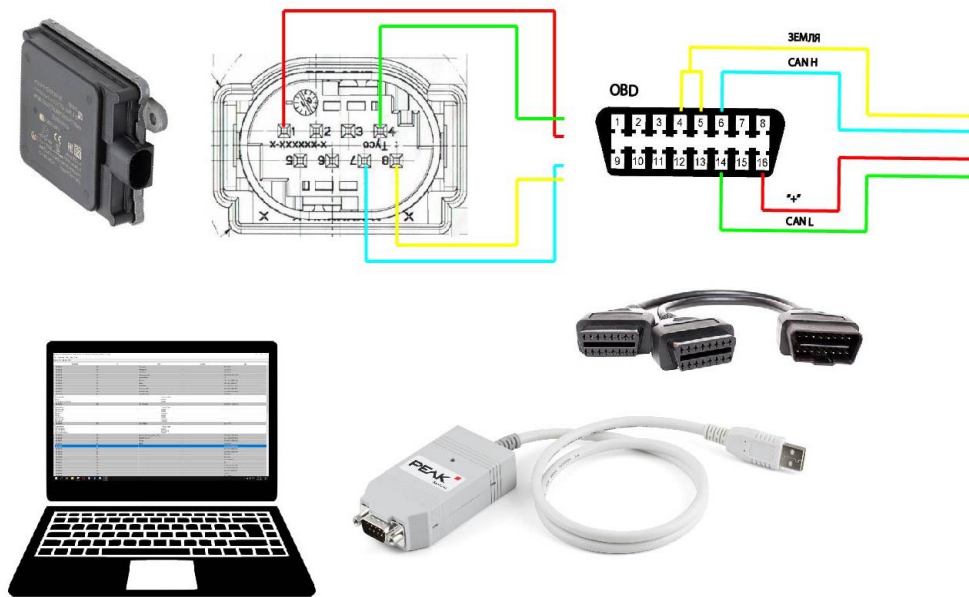


Рис. 3.2. Схема подключения радара к автомобилю

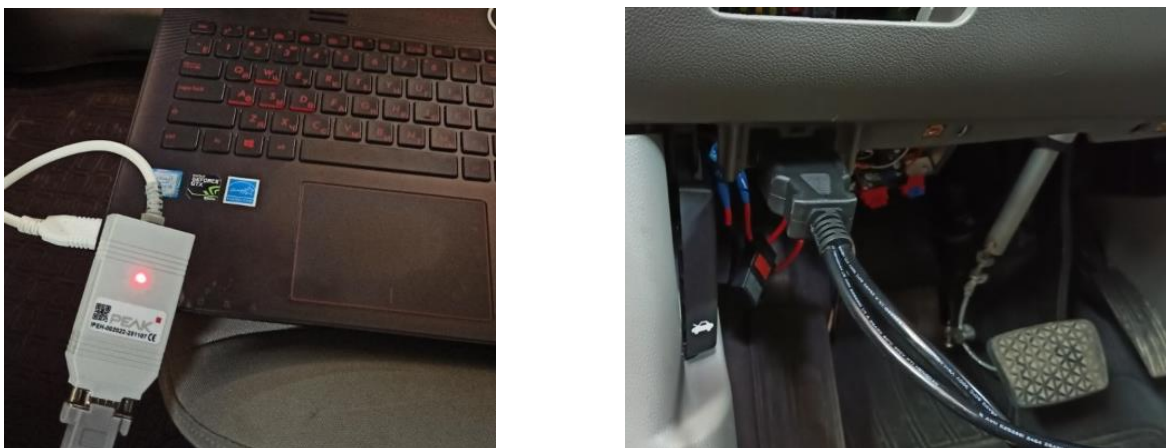


Рис. 3.3. Схема подключения выхода CAN к интерфейсу CAN IPC автомобиля

Mobileye — это программно-аппаратный комплекс, который использует видеодатчик и уникальные алгоритмы для распознавания и анализа дорожной динамичной среды. Мощный процессор постоянно обрабатывает информацию, поступающую от видеодатчика и от бортового компьютера (датчик скорости, сигналы поворота, датчик тормоза и др.), и в реальном

времени вычисляет потенциально опасные ситуации, которые требуют незамедлительных действий со стороны водителя, чтобы предотвратить ДТП.

Установка Mobileye 6-Series производится методом подключения к бортовому компьютеру через диагностический разъем или специальными соединениями. В автомобилях, в которых отсутствует бортовой компьютер, подключение осуществляется непосредственно к датчикам скорости и рычагу включения сигналов поворота. В будущем разработчики хотят создать комплект для самостоятельной установки.

На сегодняшний день более десяти миллионов автомобилей во всем мире оснащены системой помощи водителю Mobileye.

Система имеет несколько основных систем:

- Система предупреждения об опасном фронтальном сближении (FCW);
- Система предупреждения об опасном фронтальном сближении в городе (UFCW);
- Система предупреждения об опасности столкновения с пешеходами (PCW);
- Система предупреждения о съезде с полосы движения (LDW);
- Система контроля дистанции между автомобилями и предупреждения об опасном сближении (HMW);
- Функция интеллектуального контроля дальнего света фар (ИС);
- Функция предельной скорости (SLI);
- Функция «напоминание об указателях поворота».

Перечисленные функции Mobileye 6-Series сведены в табл. 3.3



Рис.3.4. Камеры и экран системы MobilEye

Протоколы работы системы Mobileye

Наименование системы/функции	Визуальная индикация на дисплее	Примечания
<p>Система предупреждения об опасном фронтальном сближении (FCW)</p>	 <p>Красная мигающая пиктограмма автомобиля, выводимая на дисплее EyeWatch.</p>	<p>FCW предупреждает водителя о возможном столкновении с впереди следующим транспортным средством за 2,7 секунды до возможного столкновения. Сигнализирует громкими звуковыми сигналами высокой частоты</p>
<p>Система предупреждения об опасном фронтальном сближении в городе (UFCW)</p>	 <p>Красная мигающая пиктограмма автомобиля, выводимая на дисплее EyeWatch.</p>	<p>UFCW предупреждает водителя об опасности столкновения на невысокой скорости с впереди идущим транспортным средством. UFCW активируется на скорости ниже 30 км/ч. Сигнализирует громкими звуковыми сигналами высокой частоты</p>
<p>Система предупреждения об опасности столкновения с пешеходами (PCW)</p>	 <p>1) Красная мигающая пиктограмма пешехода, выводимая на дисплее EyeWatch 2) В «Опасной зоне» обнаружен пешеход, но значение времени до столкновения не является критическим.</p>	<p>PCW предупреждает водителя о пешеходе, оказавшемся впереди на пути автомобиля. Дневное время: PCW активируется на скорости до 50 км/ч. Ночное время или темнота: PCW не активируется. Сигнализирует громкими звуковыми сигналами высокой частоты</p>

<p>Система предупреждения о съезде с полосы движения (LDW)</p>	 <p>На дисплее EyeWatch мигает индикатор оповещения об отклонении вправо от полосы.</p>	<p>LDW предупреждает водителя о начале непреднамеренного съезда с полосы движения, без включения указателей поворота. Предупреждение не выдается, если при смене полосы движения водитель включает указатель поворота. LDW работает на скорости свыше 65 км/ч. Сигнализирует резкими прерывистыми звуковыми сигналами короткой продолжительности.</p>
<p>Система контроля дистанции между автомобилями и предупреждения об опасном сближении (HMW)</p>	 <p>В момент обнаружения ТС на дисплее появляется зеленая пиктограмма автомобиля.</p>  <p>Пиктограмма автомобиля становится красной, когда дистанция между автомобилями равна установленному времени дистанции или меньше 0,6 секунды.</p>	<p>HMW показывает время (в секундах) до впереди идущего автомобиля. Система выдает оповещение, если время достигает опасного значения. Сигнализирует одиночным предупредительным звуковым сигналом. Пиктограмма автомобиля выводится на дисплей при обнаружении транспортного средства, следующего впереди. Цифровой индикатор интервала между автомобилями и звуковое оповещение доступны только при движении автомобиля на скорости выше 30 км/ч.</p>

<p>Функция интеллектуального контроля дальнего света фар (ИНС)</p>	 <p>ИНС включена</p> <p>ИНС активна</p>	<p>Система ИНС автоматически включает и выключает дальний свет фар на неосвещенных дорогах в зависимости от присутствия на дороге других транспортных средств. Система ИНС активна ночью на неосвещенных дорогах (без уличного освещения) без транспортных средств, следующих вблизи от автомобиля. Система ИНС работает на скорости свыше 35 км/ч. Система ИНС активна только при условии ее включения.</p>
<p>Индикатор предельной скорости (SLI)</p>	 <p>Обнаруженное ограничение скорости выводится на дисплей в виде большой пиктограммы в течение одной секунды, затем пиктограмма уменьшается и остается с краю дисплея, напоминая водителю о последнем зафиксированном знаке ограничения скорости.</p>	<p>Система обнаруживает и классифицирует различные знаки ограничения скорости и информирует водителя визуально, если скорость автомобиля превышает указанную на знаке. Выдается предупреждение о последнем обнаруженном знаке ограничения скорости.</p> <p>SLI срабатывает, когда скорость движения автомобиля превышает скорость, указанную на знаке ограничения скорости.</p> <p>Сигнализирует мигающей пиктограммой знака ограничения скорости</p>

Функциональные возможности Mobileye 6-Series

Mobileye 6-Series распознает транспортные средства, велосипедистов и мотоциклистов, пешеходов в опасных зонах, а также дорожные знаки и разметку. Превышение скорости, несоблюдение дистанции, отклонение от полосы движения – на каждое такое нарушение система оповестит своевременным звуковым, визуальным либо тактильным предупреждением. При этом предоставит водителю достаточно времени, чтобы среагировать и избежать столкновения.

Mobileye 6-Series не является автопилотом и не гарантирует 100% точности обнаружения транспортных средств, пешеходов, дорожных знаков или полос движения, на качество распознавания и реагирования систем Mobileye 6-Series могут отрицательно влиять дорожные, погодные и иные условия. Поэтому водитель должен самостоятельно выполнять все обычные действия по управлению транспортным средством, внимательно следить за всеми условиями движения, следовать всем рекомендациям по безопасному управлению автомобилем, а также соблюдать правила дорожного движения

3.3. Оценка видимости макета велосипедиста радаром

Для оценки видимости макета велосипедиста с помощью радара была произведена серия замеров RCS в зависимости от расстояния (рис.3.5 и 3.6). Методика испытаний соответствует стандарту ISO и заключается в следующем: автомобиль с включенным радаром приближается к макету со скоростью до 10 км/ч. Макет при это расположен поперечно либо продольно относительно направления движения автомобиля.



Рис. 3.5. Определение RCS макета велосипедиста при поперечном расположении

При определении эффективной площади радиотражения использовалась методика, в основе которой лежит последовательное приближение автомобиля с радаром к макету велосипедиста, расположенному поперечно движению автомобиля.



Рис. 3.6. Определение RCS макета велосипедиста при продольном расположении

При определении эффективной площади радиотражения использовалась методика, в основе которой лежит последовательное приближение автомобиля с радаром к макету велосипедиста, расположенному продольно в полосе движения автомобиля.

Результаты замеров были обработаны и помещены на графики (рис. 3.6, 3.7).

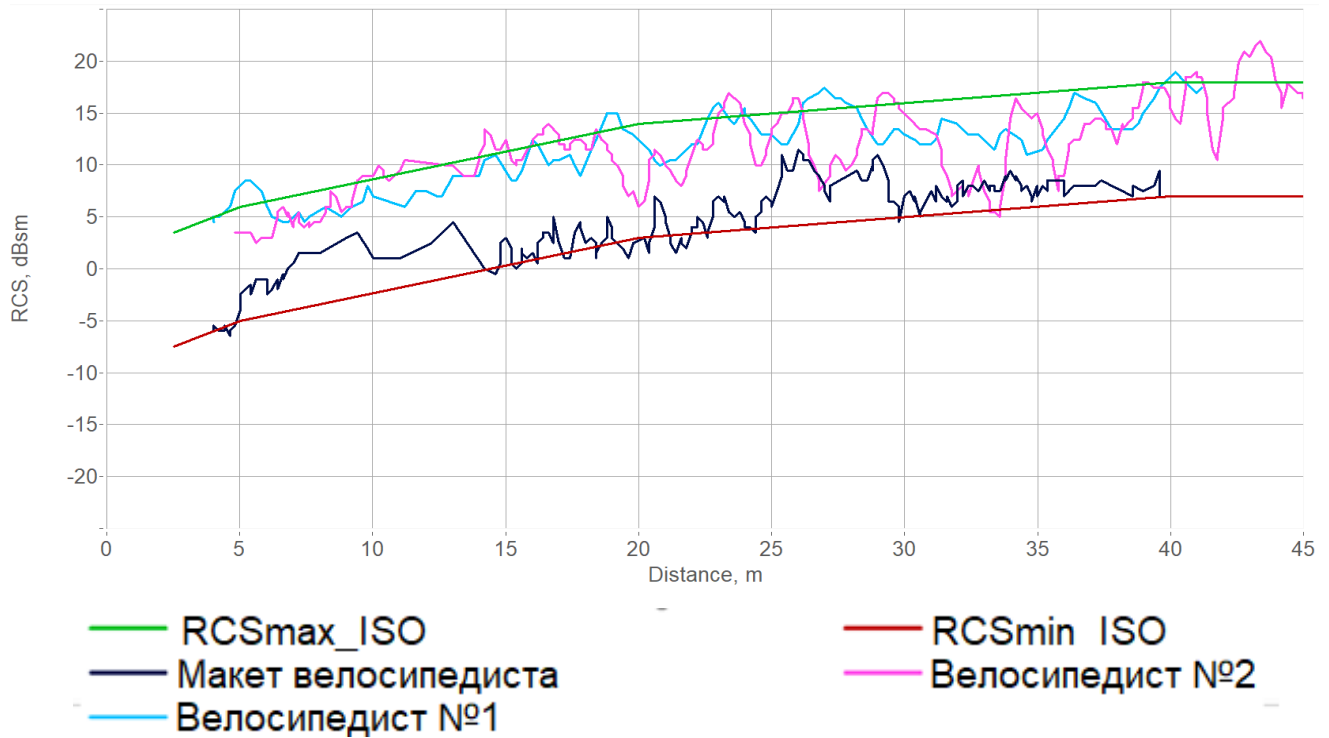


Рис.3.7. RCS объектов при поперечном расположении

На графике (рис. 3.7) показан диапазон допустимых значений RCS для макета велосипедиста и измеренные RCS для трёх объектов: двух реальных велосипедистов и макета велосипедиста. По графику видно, что макет попадает в границы допустимых значений, однако находится у нижней границы. При этом реальные велосипедисты приближаются к верхней границе диапазона.

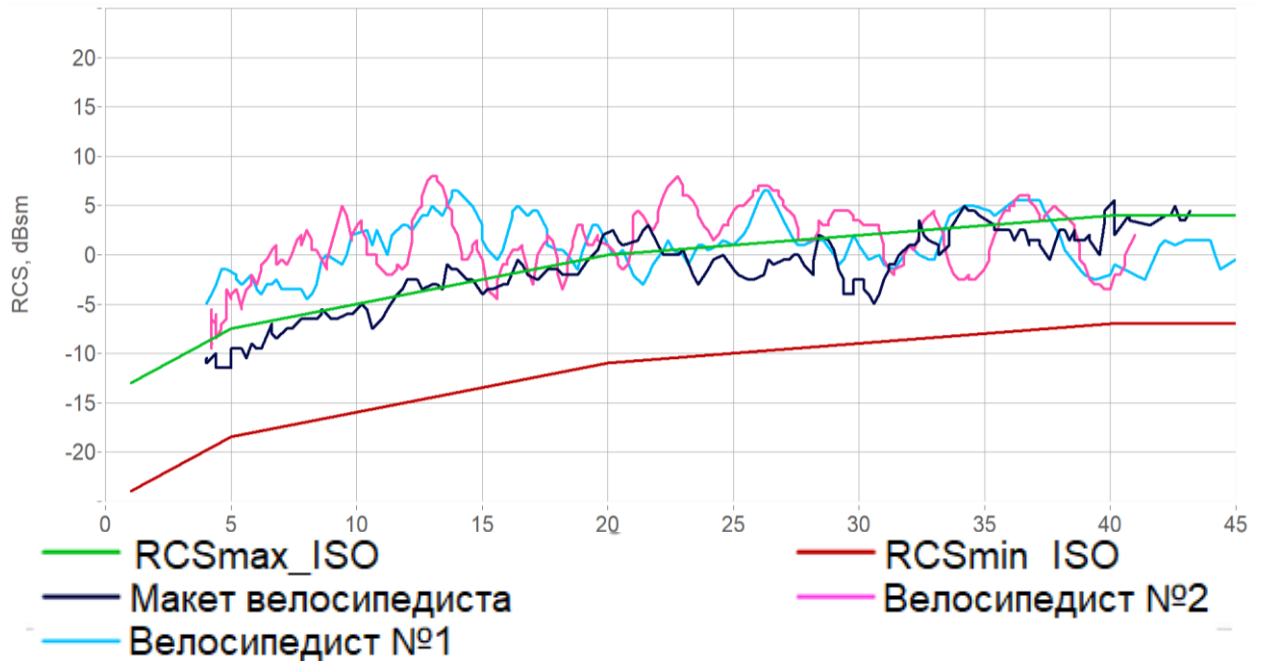


Рис. 3.8. RCS объектов при продольном расположении

На данном графике (рис. 3.8) показан диапазон допустимых значений RCS для макета велосипедиста и измеренные RCS для трёх объектов: двух реальных велосипедистов и макета велосипедиста. По графику видно, что макет попадает в границы допустимого диапазона и находится у верхней границы, а RCS реальных людей при это выбивается выше границы диапазона макета. Также стоит отметить, что с увеличением дистанции различие между макетом и реальными велосипедистами уменьшается.

3.4. Оценка видимости макета велосипедиста видеокамерой

Для оценки видимости макета видеокамерами используется ходовая лаборатория с системой MobilEye. В соответствии с методикой автомобиль приближается к стационарному макету велосипедиста со скоростью 30 км/ч.

Результаты заездов с системой MobilEye показаны на графике (рис. 3.9).

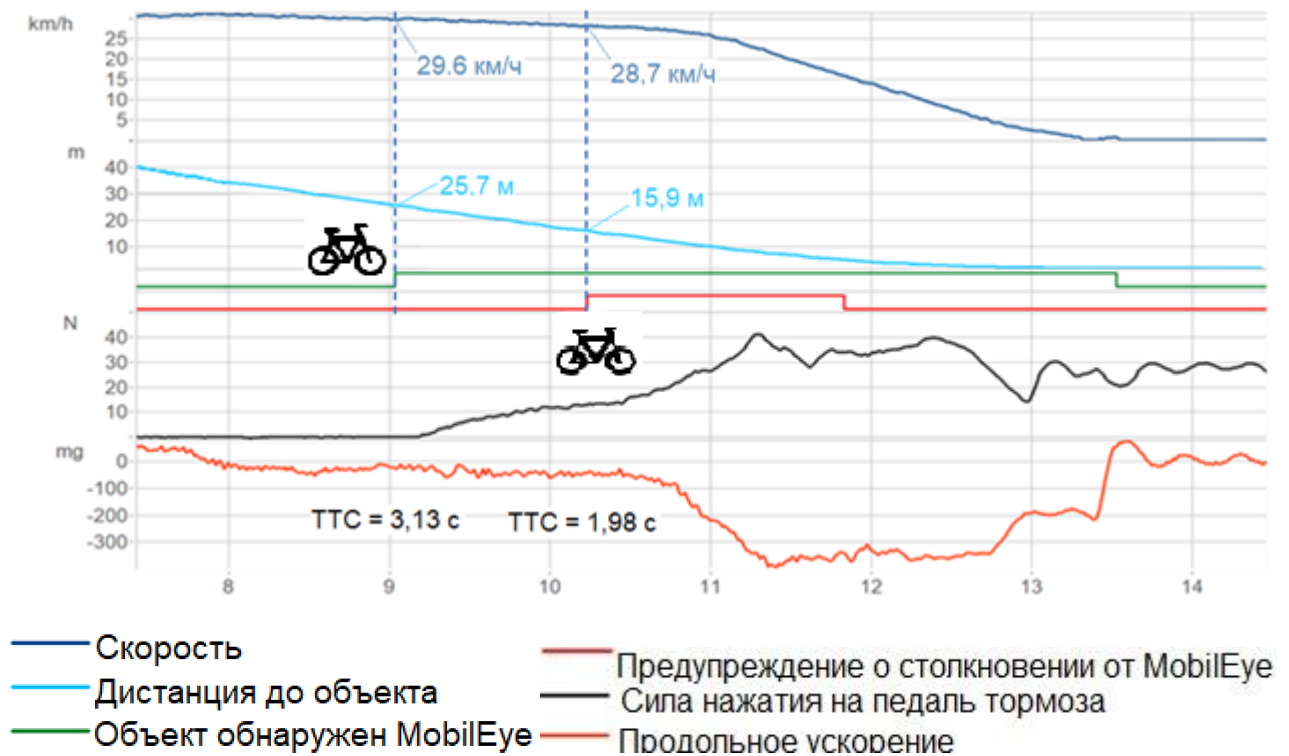


Рис. 3.9. Результаты заездов с системой MobilEye

По графику видно, что система распознает макет и определяет его как цель «пешеход», что связано с техническими ограничениями экрана вывода сообщений для водителя.

Анализируя график, можно сказать, что автомобиль двигался со скоростью 30 км/ч с незначительным замедлением до 28,7 км/ч. На дистанции в 25,7 метров поступает первый сигнал системы, говорящий о том, что цель распознана видеокамерами. При этом, когда дистанция сокращается до 15,9 метров, а время до столкновения составляет 1,98 секунд, поступает второй сигнал системы, предупреждающей водителя о вероятном столкновении.

3.5. Столкновение автомобиля с макетом велосипедиста

Оценка последствий столкновения автомобиля с макетом велосипедиста производилась следующим образом. Макет велосипедиста устанавливался поперечно в полосе движения автомобиля. Автомобиль разгонялся до скорости 60 км/ч и производил наезд на макет велосипедиста. Процесс столкновения автомобиля с целью фиксировался на высокоскоростную видеокамеру (рис. 3.10).

Последствия столкновения изображены на рисунках 3.11, 3.12.

После столкновения существенных повреждений на автомобиле не выявлено (рис. 3.13).

Макет велосипедиста в момент столкновения рассоединился на отдельные элементы и может быть собран в исходное состояние в течение нескольких минут прямо на испытательной площадке.



Рис. 3.10. Столкновение автомобиля с макетом



Рис. 3.11. Последствия столкновения



Рис.3.12. Последствия столкновения



*Рис.3.13. Тестовый автомобиль после проверки макета на разрушение
(повреждения отсутствуют)*

3.6. Доработка макета по результатам исследования

По результатам исследования было принято решение дополнить каркас алюминиевыми трубками (рис. 3.14) для повышения радиолокационного сечения при поперечном испытании. Трубки устанавливаются внутри горизонтальных элементов рамы, для того чтобы не увеличивалось RCS в продольном направлении.



Рис. 3.14. Трубки для усиления RCS

Также была улучшена опора в месте установки макета на подвижную платформу, для стабилизации мишени при ветре (рис. 3.15).

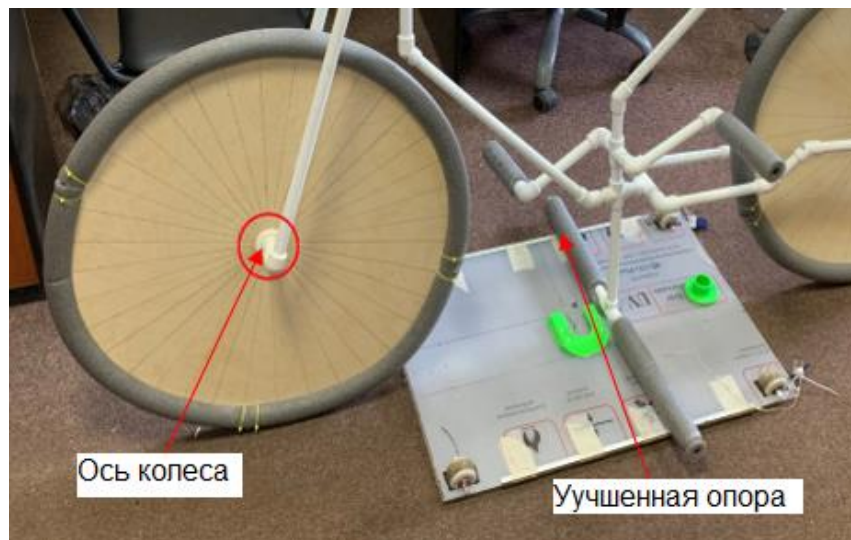


Рис. 3.15. Доработки макета

Оси переднего и заднего колес были заменены на пластиковые, изготовленные на 3D-принтере на кафедре «Автомобили» (рис. 3.15).

3.6. Выводы по главе

Была проведена серия заездов для определения радиолокационного сечения макета и его видимости для видеокамер.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о необходимости увеличения RCS при поперечном расположении макета. При этом распознавание макета органами технического зрения прошло успешно, и система дала своевременный сигнал для начала торможения.

Также макет прошел испытание на разрушение, в котором подтвердился правильный выбор материалов и конструкции. Автомобиль не получил повреждений, а макет рассоединился на отдельные элементы.

4. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МАКЕТА ВЕЛОСИПЕДИСТА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ

Для проверки функционирования разработанного макета велосипедиста и оценки эффективности действия САЭТ с функциями предотвращения наезда на пешеходов и велосипедистов были проведены испытательные заезды на полигоне НАМИ (Центр Испытаний).

Задачи, которые решались в ходе испытательных заездов:

- оценка распознаваемости макета средствами технического зрения автомобиля;
- проверка работоспособности цели в случае столкновения;
- анализ повреждений объекта испытаний в случае столкновения;
- оценка своевременности поступления сигнала предупреждения о столкновении;
- оценка величины замедления автомобиля, реализуемого САЭТ.

4.1. Методика испытаний

Для проверки работоспособности мишени и основных функций САЭТ, которые определяют общую эффективность действия системы, различные дорожные ситуации моделировались в соответствии с табл. 4.1. Испытательные заезды были выполнены на сухом асфальте. В ряде испытательных заездов, для которых наблюдался отказ САЭТ или автоматическое торможение, выполнялся маневр «Объезд препятствия».

Таблица 4.1

Программа испытаний

Тип испытания	Условия освещенности	Цель	Дорожное покрытие	Скорость цели, км/ч	Направление движения цели
1	«День» «Ночь» (БС*, ДС)	ЦВ	Сухой асфальт	0	Стационарная поперек
2	«День» «Ночь» (БС, ДС)	ЦВ	Сухой асфальт	0	Стационарная попутно

Примечание: *БС/ДС – на объекте испытаний переключатель света фар установлен в положение «ближний свет»/«дальний свет»

Рабочие моменты испытательных заездов представлены на рис. 4.1-4.3.



Рис. 4.1. Расположение макета стационарно поперек, левой стороной (Тип 1)

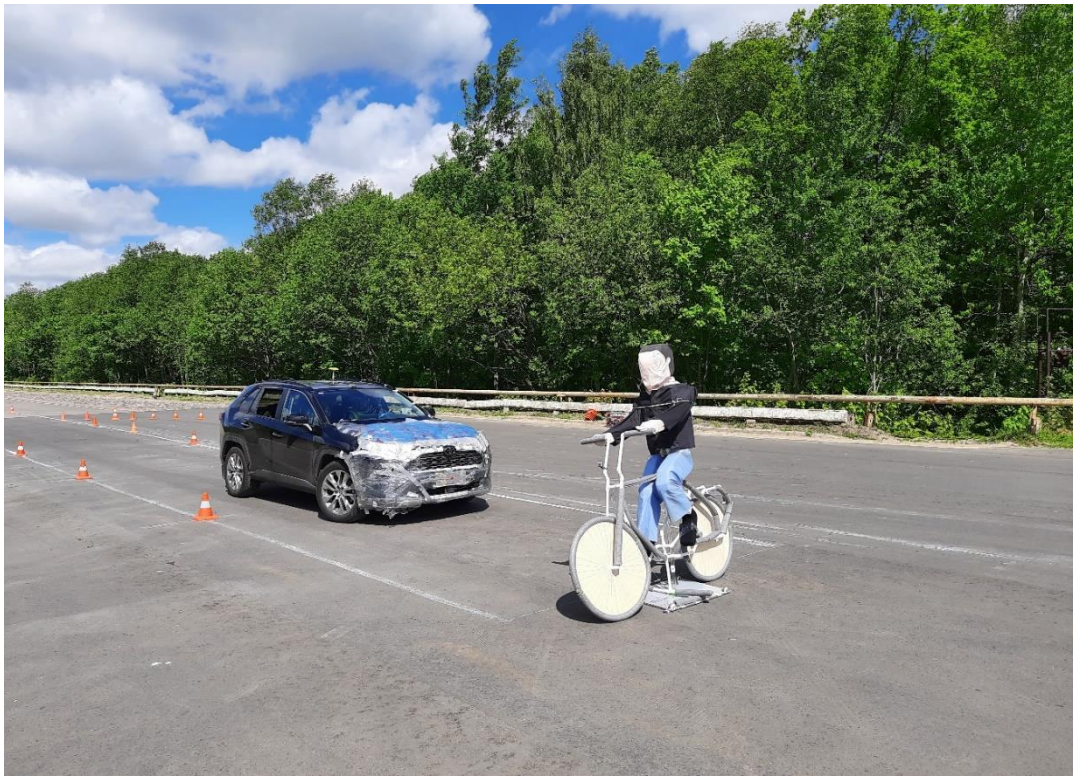


Рис.4.2. Расположение макет стационарно поперек, правой стороной (Тип 1)



Рис. 4.3. Расположение макета стационарно продольно (Тип 2)

4.2. Объект испытаний

В качестве объекта испытаний был задействован автомобиль Toyota RAV4 (код VIN: XW7D13FV40S000776). Основные размеры и внешний вид показаны на рис.4.4 – 4.5.

Технические характеристики выбранного автомобиля представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Технические характеристики автомобиля

Колёсная формула/ведущие колёса	4×2
Схема компоновки транспортного средства	переднеприводная, расположение двигателя – переднее поперечное
Тип кузова/количество дверей	цельнометаллический, несущий, хэтчбек/5
Количество мест спереди/2 ряд/3 ряд	2/3/2
Габаритные размеры, мм	
- длина	4600
- ширина	1855
- высота	1685
База, мм	2690
Колея передних/задних колёс, мм	1600/1600
Снаряжённая масса, кг	1610
Допустимая полная масса, кг	2090
Топливо	неэтилированный бензин с октановым числом не менее 95
Экологический класс	5
Коробка передач	CVT XTRONIC, автоматическая бесступенчатая
Подвеска	
Передняя	независимая, типа Макферсон
Задняя	независимая, пружинная, многорычажная
Рулевое управление	рулевой механизм типа «шестерня–рейка»
Тормозные системы	
Рабочая	гидравлическая, двухконтурная, с АБС; тормозные механизмы передних и задних колёс – дисковые вентилируемые
Запасная	один из контуров рабочей тормозной системы
Стояночная	механический привод тормозных механизмов задних колёс
Максимальная скорость	190 км/ч
Время разгона (0-100 км/ч)	11 с

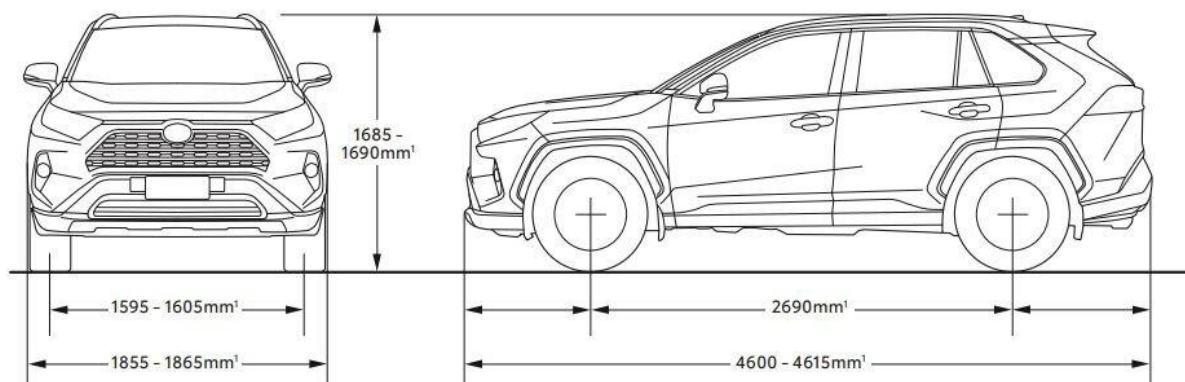


Рис. 4.4. Основные габаритные размеры автомобиля Toyota RAV4

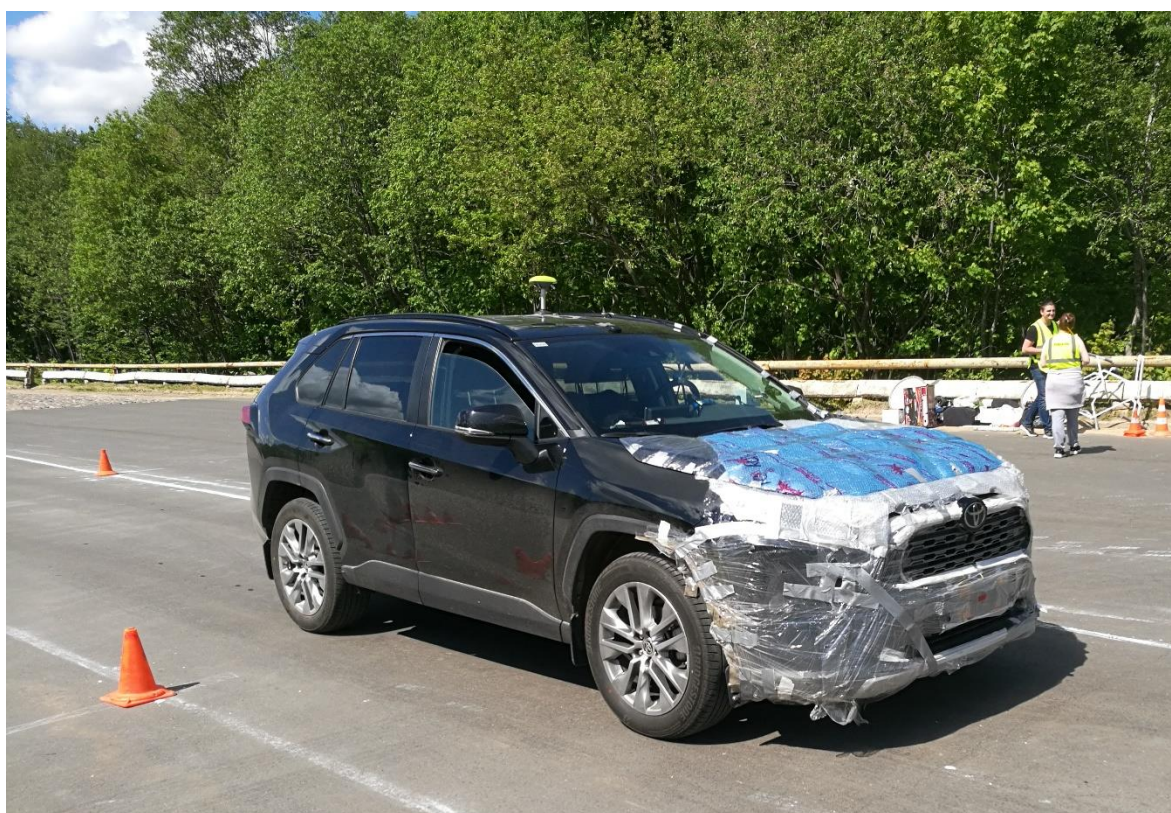


Рис. 4.5. Объект испытаний – автомобиль Toyota RAV4 с измерительной и регистрирующей аппаратурой

Пробег объекта испытаний №1 на момент начала испытаний составил 26529 км. Год выпуска ТС: 2019 г.

Для дополнительной защиты автомобиля от возможных повреждений при столкновении с подвижными мишенями передняя часть автомобиля была обклеена воздушнопузырчатой плёнкой и стретч-плёнкой (рис. 4.6).

На автомобиле Toyota RAV4 установлена система автоматического экстренного торможения Toyota Pre-Collision System с функцией распознавания пешеходов, автомобилей и велосипедистов, входящая в комплекс систем безопасности Toyota safety sense. В качестве средств технического зрения используется радар, установленный в логотипе марки на решетке радиатора, и видеокамера, расположенная в верхней части лобового стекла.



Рис. 4.6. Обклеенная передняя часть автомобиля

4.3. Измерительная и регистрирующая аппаратура

На объект испытаний был установлена следующая измерительная и регистрирующая аппаратура:

- 1) Датчик усилия нажатия на тормозную педаль CPFTA фирмы KISTLER, Германия

Датчик устанавливается непосредственно на педаль тормоза и позволяет регистрировать факт нажатия водителем педали тормоза и также записывать силу нажатия.

- 2) Универсальная измерительная система сбора и обработки данных CS 1016 FAMOS Online фирмы IMC, Германия (рис.4.7);

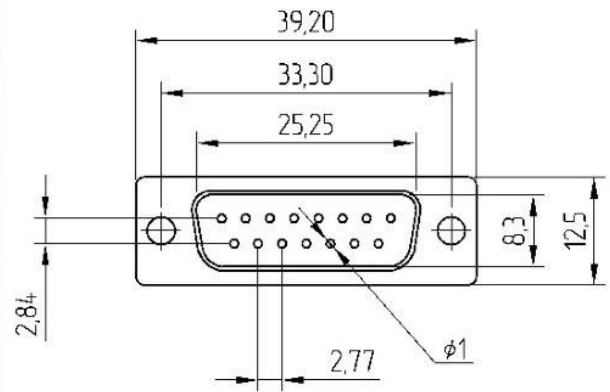


Рис. 4.7. Система imc FAMOS

- 3) Датчик ускорений и угловых скоростей Tri-Axial Navigational Sensor (TANS) фирмы KISTLER, Германия;



Рис. 4.8. Датчик ускорений и угловых скоростей TANS

Датчик «Tri-Axial Navigational Sensor» (рис.4.8) был смонтирован в нише подлокотника между сиденьями переднего ряда.

Основные технические характеристики датчика указаны в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Технические характеристики датчика TANS

Диапазон измерения ускорений:	$\pm 3g$;
Граница применения для измерения угловых скоростей	± 150 град/с;
Частота записи значений ускорений	10 Гц;
Частота записи значений угловых скоростей	25 Гц;
Относительная погрешность измерений ускорений:	$\pm 1\%$;
Относительная погрешность измерений угловых скоростей:	$\pm 10\%$;
Предел допустимой температуры для измерений	$-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$;
Напряжение питания	постоянный ток 12В $\pm 5\text{В}$, 60мА $\pm 10\text{мА}$;
Вес	230 \pm 25 г.

- 4) Динамометрическое измерительное рулевое колесо MEASUREMENT STEERING WHEEL (MSW) фирмы KISTLER, Германия;



Рис. 4.9. Рулевое колесо MSW

Измерительное рулевое колесо MSW (рис.4.9) и модуль регистрации изменения угла поворота рулевого колеса закреплены на штатной руль автомобиля с помощью зажимного устройства. Модуль регистрации параметра положения рулевого колеса состоит из ротора, статора и использует датчики для определения усилия воздействия водителя на рулевое колесо и угол поворота. Ротор вращается и жестко скреплен с MSW. Статор закреплен на переднем стекле автомобиля с помощью вакуумного кронштейна. С помощью такого метода установки MSW вращается одновременно со штатным рулем, что позволяет регистрировать различные параметры рулевого колеса.

5) Антенна GPS/ГЛОНАСС фирмы JAVAD (США);



Рис. 4.10. Антенна JAVAD

6) Антенна GPS фирмы GARMIN (США);



Рис. 4.11. Антенна GARMIN

Для определения и регистрации географического расположения автомобиля при заезде использовались две антенны GPS/ГЛОНАСС, установленные на крыше автомобиля. Система imc FAMOS получает сигналы от обеих антенн, но от антенны А сигнал дополнительно проходил через регистратор данных GDC-GPS GLOGMA, где после обработки он преобразовывался в цифровой.

- 7) Бортовые видеокамеры фирмы GoPro (США) модели Hero 3+ (2 шт.) и систему синхронизации видеозаписи.

4.4. Результаты испытаний

Результаты испытаний представлены в табл. 4.4 и на рис. 4.12-4.14.

Таблица 4.4

Результаты испытательных заездов на автомобиле с САЭТ

Тип испытания	Условия освещенности	Предупреждение (предельная скорость, км/ч)	Остановка (предельная скорость, км/ч)
Тип 1 (стационарно поперечно)	День	80	30 (40 при АСС)
	Ночь (Ближний свет)	40	-
	Ночь (Дальний свет)	30	-
Тип 2 (стационарно продольно)	День	60	30
	Ночь (Ближний свет)	50	-
	Ночь (Дальний свет)	55	30

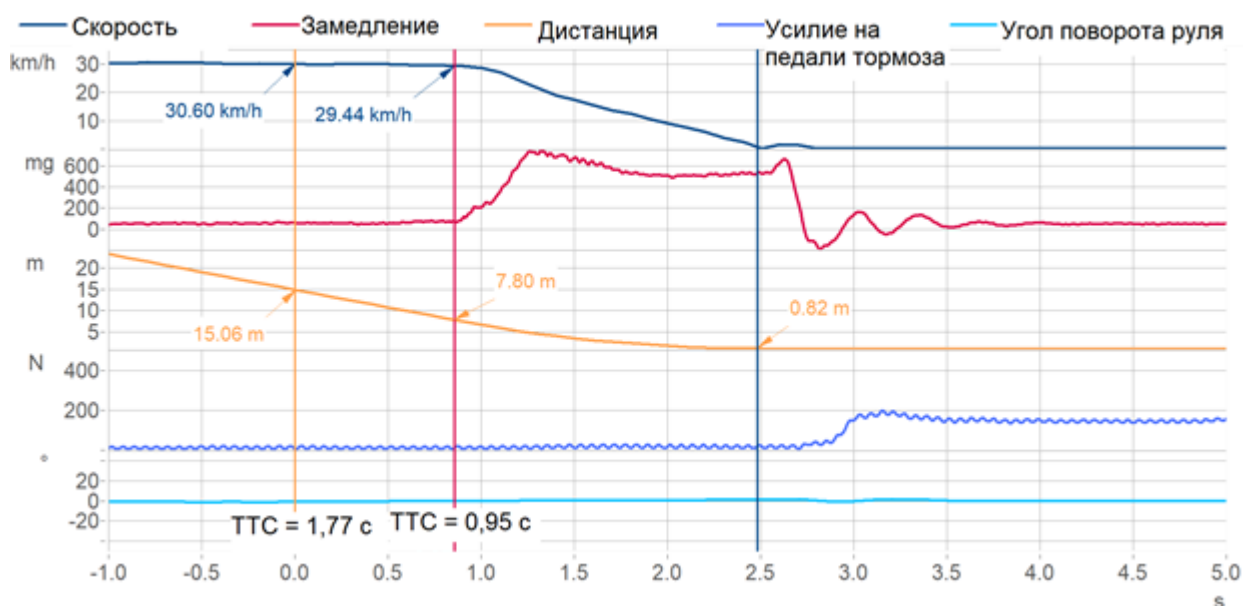


Рис 4.12. График заезда с поперечным расположением макета

На графике (рис.4.13) представлен результат заезда с поперечным расположением макета.

На графике видно, что автомобиль распознает макет велосипедиста на расстоянии 15,06 метров, при этом скорость движения не меняется и составляет 30,6 км/ч.

На расстоянии 7,8 метра от макета автомобиль показывает предупреждение о возможном столкновении, которое теоретически может произойти через $TTC=0,95$ секунды. TTC – Time to collision – возможное время до столкновения, если САЭТ не обеспечит торможение автомобиля.

Затем автомобиль инициирует экстренное торможение и останавливается за 0,82 метра от цели. Величина установившегося замедления составила 520 mg ($5,1\text{ м/с}^2$), максимальное замедление – 790 mg ($7,75\text{ м/с}^2$).

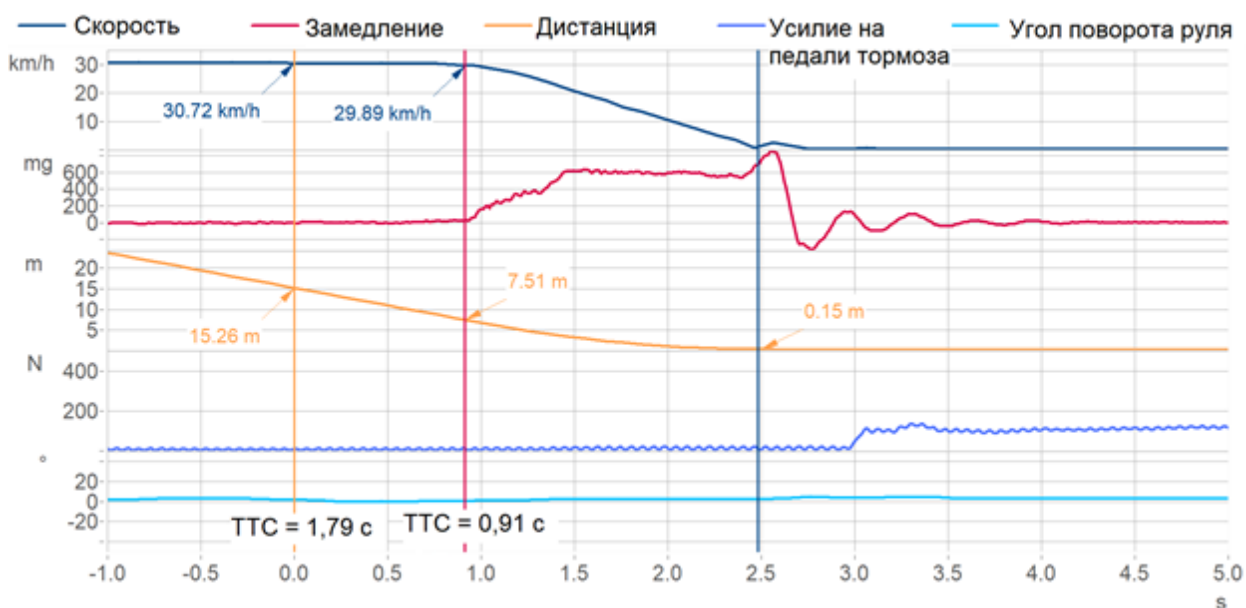


Рис. 4.13. График заезда с поперечным расположением макета

На графике (рис.4.14) представлен результат заезда с продольным расположением макета.

На графике видно, что автомобиль распознает макет велосипедиста на расстоянии 15,26 метров, при этом скорость движения не меняется и

составляет 30,72 км/ч. Время до столкновения в этот момент равно $TTC=1,79$ секунд.

На расстоянии 7,51 метра от макета автомобиль показывает предупреждение о возможном столкновении, время до которого равно $TTC=0,91$ секунды.

Затем автомобиль инициирует экстренное торможение и останавливается за 0,15 метра от цели. Величина установившегося замедления составила 600 mg (5,9 м/с²).

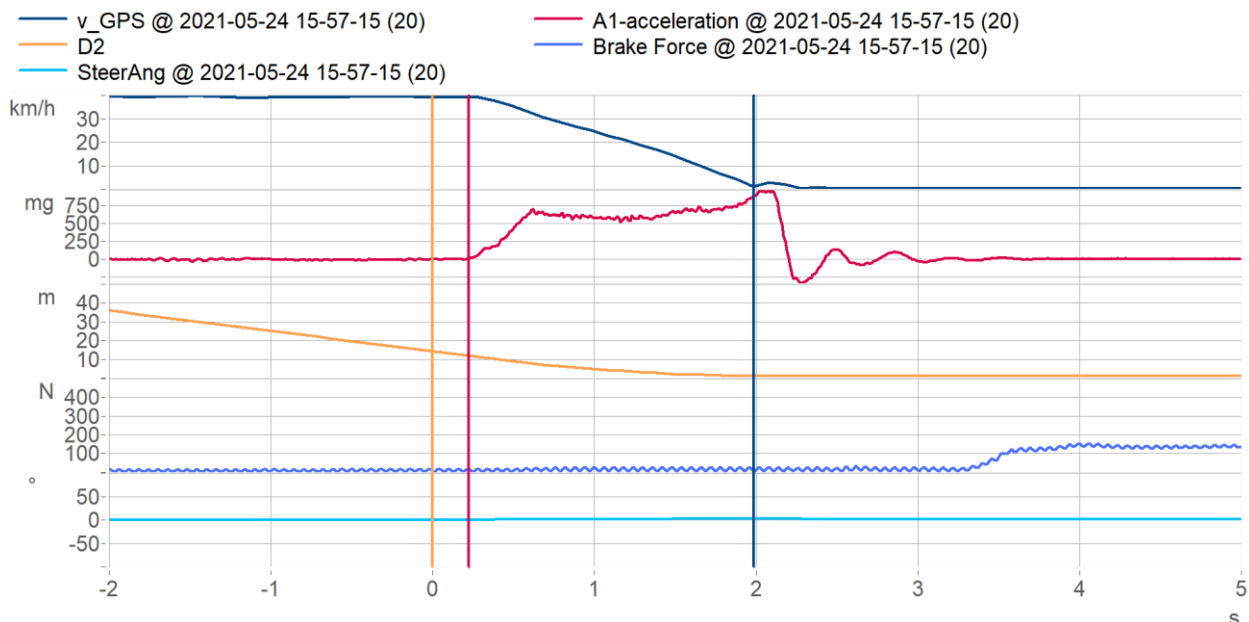


Рис. 4.14. График заезда при включенном адаптивном круиз-контроле и поперечном расположении макета

На графике (рис.4.15) представлен результат заезда с продольным расположением макета.

На графике видно, что автомобиль распознает макет велосипедиста на расстоянии 15,26 метров, при этом скорость движения не меняется и составляет 30,72 км/ч.

На расстоянии 7,51 метра от макета автомобиль показывает предупреждение о возможном столкновении, которое теоретически может произойти через $TTC=0,91$ секунды. Затем автомобиль инициирует экстренное торможение и останавливается за 0,15 метра от цели.

Также в процессе полигонных испытаний была произведена оценка последствий столкновения доработанного макета велосипедиста с автомобилем.

По результату столкновения автомобиль не получил повреждений.

Макет при этом рассоединился на составные части, что позволило собрать его прямо на полигоне (рис.4.16).



Рис. 4.15. Последствия столкновения макета с автомобилем

4.5. Выводы по главе

Были проведены испытания макета на серийном автомобиле, оснащённом системой помощи водителю. При испытаниях макет показал свою работоспособность.

Система помощи водителю Pre-Collision System распознаёт цель «Велосипедист» при дневном и ночном освещении. При скорости автомобиля до 30 км/ч обеспечивается экстренное торможение и предотвращается наезд на цель в условиях дневного освещения.

Системы машинного зрения автомобиля, включающие в себя радар и видеокамеры, обнаруживают макет велосипедиста, расположенный продольно в полосе движения, за 1,79 с. и начинают фазу автоматического торможения за 0,91 с.

Система машинного зрения автомобиля, включающие в себя радар и видеокамеры, обнаруживают макет велосипедиста, расположенный поперечно в полосе движения, за 1,77 с. и начинают фазу автоматического торможения за 0,95 с.

В случае столкновения с автомобилем макет велосипедиста рассоединяется на составляющие элементы, не повреждающие объект испытаний.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана и изготовлена конструкция макета велосипедиста, включающая пенопластовую фигуру велосипедиста, раму из PPR-труб, колёса из фанеры, пластиковые соединительные элементы, защитные протекторы.
2. Радиоотражающая способность макета велосипедиста соответствует стандарту ISO 19206-4:2018.
3. В случае столкновения с автомобилем макет велосипедиста рассоединяется на составляющие элементы, не повреждающие объект испытаний. После разрушения цель восстанавливается в течение 5 минут.
4. Предупреждающая система Mobileye распознает макет велосипедиста за 3,13 секунды до столкновения и предупреждает о возможном столкновении за 1,98 секунды.
5. Система помощи водителю Pre-Collision System распознаёт цель «Велосипедист» при дневном и ночном освещении. При скорости автомобиля до 30 км/ч обеспечивается экстренное торможение и предотвращается наезд на цель в условиях дневного освещения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bicyclist target. ACEA specifications. Version 1.0 / Thomas Wimmer
Stephan Ryrberg – 2018.
2. stat.gibdd.ru
3. Испытания колёсных транспортных средств: учебное пособие / А.М.
Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов, А.Р. Спинов. – М.: МАДИ,
2018. – 124 с.
4. Иванов, А.М. Системы автоматического экстренного торможения:
монография / А.М. Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов. – М.:
МАДИ, 2018. – 180 с.
5. Иванов, А.М. Новые методы испытаний систем автоматического
экстренного торможения и опыт их применения / А.М. Иванов, С.Р.
Кристальный, Н.В. Попов, М.А. Топорков, М.И. Исакова // Труды
НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. – № 2 (121). – С. 146-155.
6. Ivanov, A.M., Kristalniy, S.R., Popov, N.V., Toporkov, M.A., Isakova,
M.I. New testing methods of automatic emergency braking systems and
the experience of their application / A.M. Ivanov, S.R. Kristalniy, N.V.
Popov, M.A. Toporkov, M.I. Isakova // IOP Conference Series: Materials
Science and Engineering. – Vol. 386. – Issue 1. – 30 July 2018. – Номер
статьи 012019.
7. Малиновский, М.П. Системы управления колёсных машин: учебное
пособие / М.П. Малиновский. – М.: МАДИ, 2018. – 100 с.
8. Дыгало, В.Г. Технология испытания систем активной безопасности
автотранспортных средств: монография / В.Г. Дыгало, А. А. Ревин. –
М: Машиностроение, 2012. – 388 с.
9. Бутылин, В.Г., Активная безопасность автомобиля / В.Г. Бутылин,
М.С. Высоцкий, В.Г. Иванов, И.И. Лепешко – Минск: Изд.
«Белавтотракторостроение», 2002. – 193 с.

10. Шадрин, С.С. Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Шадрин Сергей Сергеевич; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана – М., 2017. – 400 с.
11. Сальников, В.И., Козлов Ю.Н., Прокофьев А.А., Сыропатов М.Б. Оценка эффективности работы электронных систем контроля устойчивости АТС / В.И. Сальников, Ю.Н. Козлов, А.А. Прокофьев, М.Б. Сыропатов // Автомобильная промышленность. – 2013, № 10, С. 31-34.
12. ISO 22839:2013 Intelligent transport systems – Forward vehicle collision mitigation systems – Operation, performance, and verification requirements. – URL: <https://www.iso.org/ru/standard/45339.html>.
13. ISO 15623:2013 Intelligent transport systems - Forward vehicle collision warning systems - Performance requirements and test procedures. – URL: <https://www.iso.org/standard/56655.html>.
14. Protocols – URL: <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/protocols/vulnerable-road-user-vru-protection/>.
15. Правила ООН № 130. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств в отношении системы предупреждения о выходе из полосы движения (СПВП) – URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R130r.pdf>.
16. Правила ООН № 131. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств в отношении опережающих систем экстренного торможения (ОСЭТ). – URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R131r.pdf>.

17. Правила ЕЭК ООН № 13-Н Единые предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. – М.: Госстандарт России.
18. Интеллектуальные системы помощи водителю. Технические требования и методы испытаний: учеб. пособие / А.М. Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов, С.С. Шадрин. – М.: МАДИ, 2019. – 100 с.
19. Малиновский, М.П. Предпосылки к разработке современных систем предупреждающего и автономного управления движением / М.П. Малиновский // Труды НАМИ. – 2017. – № 1 (268). – С. 53-59.
20. Гайсин, С.В. Развитие интеллектуальных систем помощи водителю (ADAS) в Российской Федерации / С.В. Гайсин, С.В. Бахмутов, Д.В. Ендачёв, Н.П. Мезенцев // Труды НАМИ. – 2016. – № 265. – С. 6-12.
21. Методики тестирования автоматизированных систем управления автомобилем / В.М. Приходько, А.М. Иванов, В.Б. Борисевич, С.С. Шадрин // Вестник Московского автомобильно-дорожного технического университета (МАДИ). – 2017. – № 4 (51). – С. 10-15.
22. Vulnerable Road User (VRU) Protection <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/protocols/vulnerable-road-user-vru-protection/>.
23. Гаевский В.В., Кристальный С.Р., Иванов А.М., Порватов И.Н. Создание макета пешехода для использования в рамках национального рейтинга независимой оценки безопасности RuNCAP // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 106-й Международной научно-технической конференции, 2019. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. – С. 36-44.
24. Сидорова П.А., Попов Н.В. Анализ новых типов испытаний САЭТ в рамках рейтинга Euro NCAP (2020 г.) // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2020. – № 2 (24). – С. 1.

25. ISO 19206-2:2018. Road vehicles – Test devices for target vehicles, vulnerable road users and other objects, for assessment of active safety functions – Part 2: Requirements for pedestrian targets. Publication date: 2018-12. Number of pages: 33.
26. Xu, F.L.; Wang, H.; Hu, B.W.; Ren, M.W. Road Boundaries Detection based on Modified Occupancy Grid Map Using Millimeter-wave Radar. *Mob. Netw. Appl.* 2019, pp. 1-8.
27. Viitanen, J., Pyykönen, P., Täppinen, R., 2014. Active infrared illumination in fog for driver assistance, 10th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, ICCP 2014, 4th–6th September 2014, Cluj-Napoca, Romania. Conference proceedings, pp. 215-218.
28. Continental ARS 408-21 // Continental URL: <https://www.continental-automotive.com/Landing-Pages/Industrial-Sensors/Products/ARS-408-21> (дата обращения: 18.02.2021).
29. Руководство пользователя «Выносной датчик угловой скорости колеса WPT KISTLER». – S.l., 2001.
30. Руководство пользователя «Small 12V Power Distributor Box». – URL: http://www.corrsys-datron.com/Support/Data_Sheets/Datasheets-Access/cds-d_DIST-BOX_e.pdf (дата обращения 30.02.2021).
31. Инструкция по установке датчика усилия на педали CPFTA CORRSYS-DATRON. – S.l., 2004.



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

Кафедра «Автомобили»

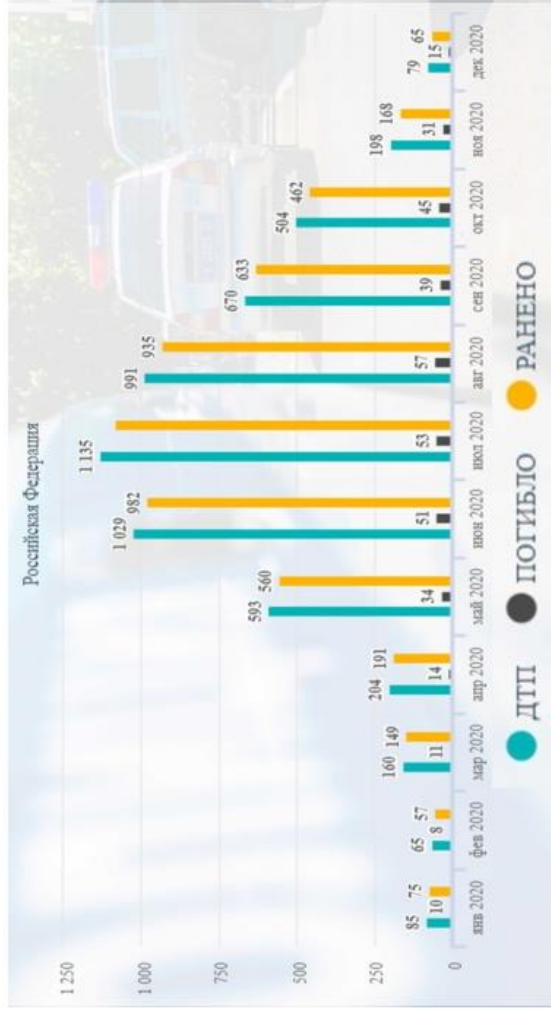
Разработка подвижного макета велосипедиста для испытаний высокоавтоматизированных транспортных средств

Магистр: Яковин Е.А.
Группа: 2МИМ
Руководитель: к.т.н. Попов Н.В.

МОСКВА 2021



Актуальность темы



Статистика ДТП с велосипедистами за 2020 год



Методики EuroNCAP





Цель:

Разработка подвижного макета велосипедиста для испытания высокоавтоматизированных транспортных средств

Задачи:

- Проанализировать существующие макеты велосипедиста
- Сформулировать требования к макетам велосипедиста
- Разработать конструкцию макета велосипедиста
- Изготовить новый макет велосипедиста
- Провести экспериментальное исследование эксплуатационных характеристик разработанного макета велосипедиста
- Провести испытания систем помощи водителю с использованием разработанного макета

Макет велосипедиста EuroNCAR



Положение макета велосипедиста представляет собой естественное положение при вождении.

Одно и то же положение манекена используется для всех направлений движения.

Основными недостатками макета, созданного EuroNCAR, является чрезвычайно высокая стоимость (около 300 000 €) и сложность конструкции.



Опыт МАДИ в разработке макета велосипедиста



Объект испытаний: автомобиль BMW 750Ld xDrive

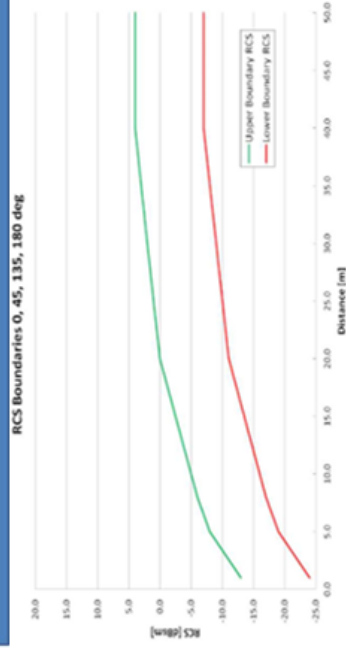
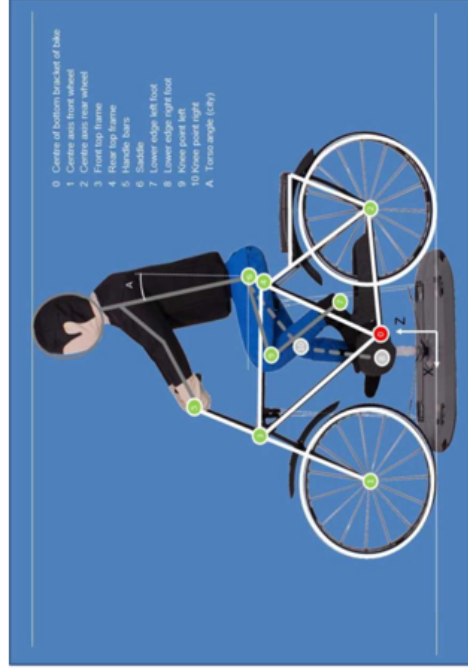
Система автоматического экстренного торможения (САЭТ): Pedestrian Protection Automatic Brake System

Испытательный сценарий: макет стационарно поперечно или продольно по отношению к автомобилю

Макет велосипедиста: разработка каф. «Автомобили» (Под руководством проф. В.В. Гаевского)

Результаты испытаний: САЭТ автомобиля BMW 750Ld xDrive не распознаёт цель «Велосипедист»

Требования ISO 19206-4:2020



- Геометрические размеры
- Цвет и визуальные свойства
- Радиоотражающие свойства
- Масса до 11 кг
- Макет не должен повреждать объект испытаний в случае столкновения
- Макет должен быстро собираться после столкновения
- Должна быть обеспечена подвижность колес велосипеда, синхронизированная со скоростью ДВИЖЕНИЯ
- Должен развивать и выдерживать скорость до 15 ± 1 км/ч
- **Низкая стоимость**
- **Макет должен выдерживать столкновение с автомобилем на скорости до 60 км/ч**

Испытания радиовидимости разработанного макета

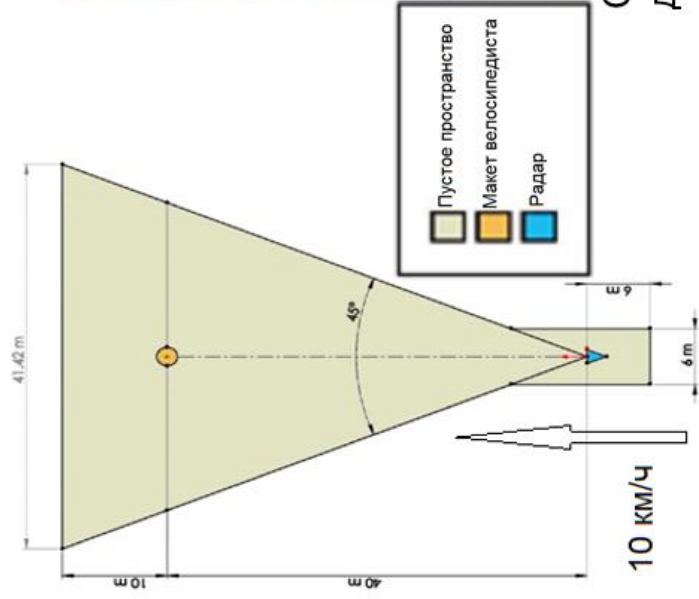
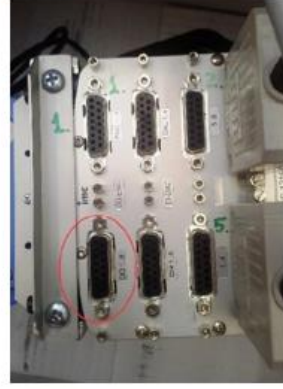


Схема измерительной площадки



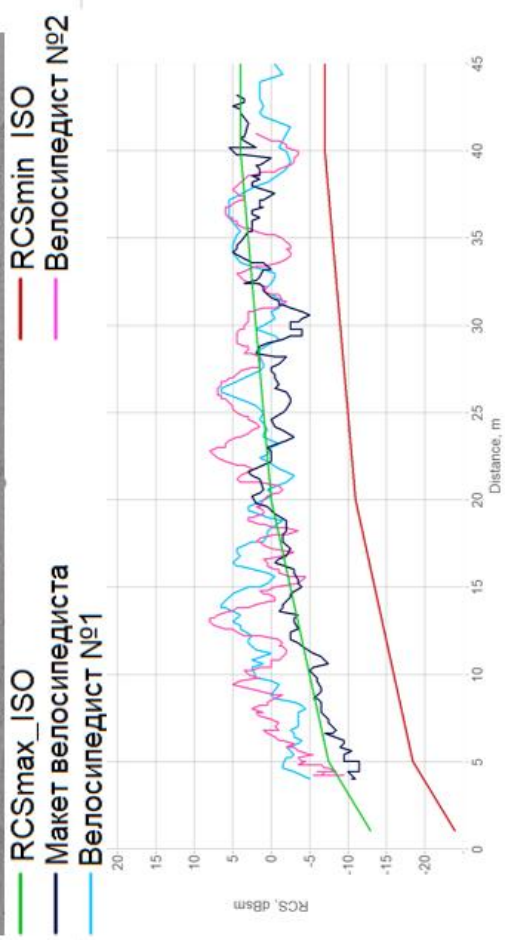
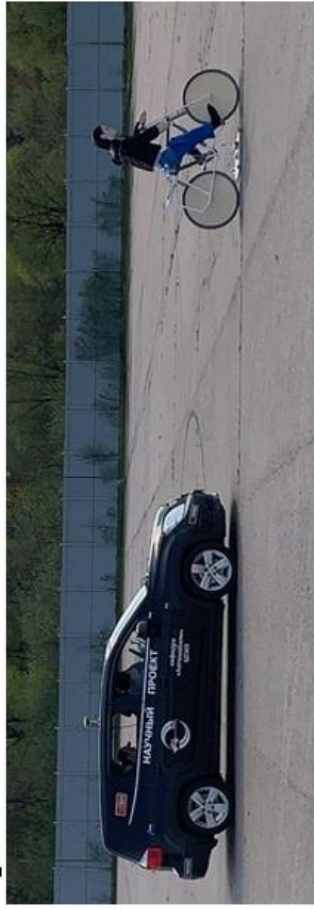
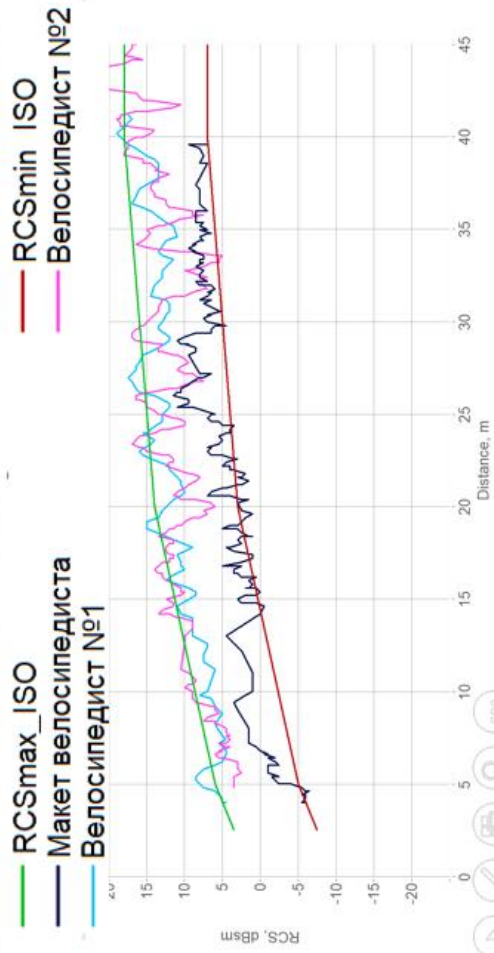
Состав ходовой лаборатории для исследования эффективности действия современных средств технического зрения:

- Радар Continental ARS 408-21 Premium
- Система помощи водителю MobilEye.
- Измерительная и регистрирующая система imc FAMOS

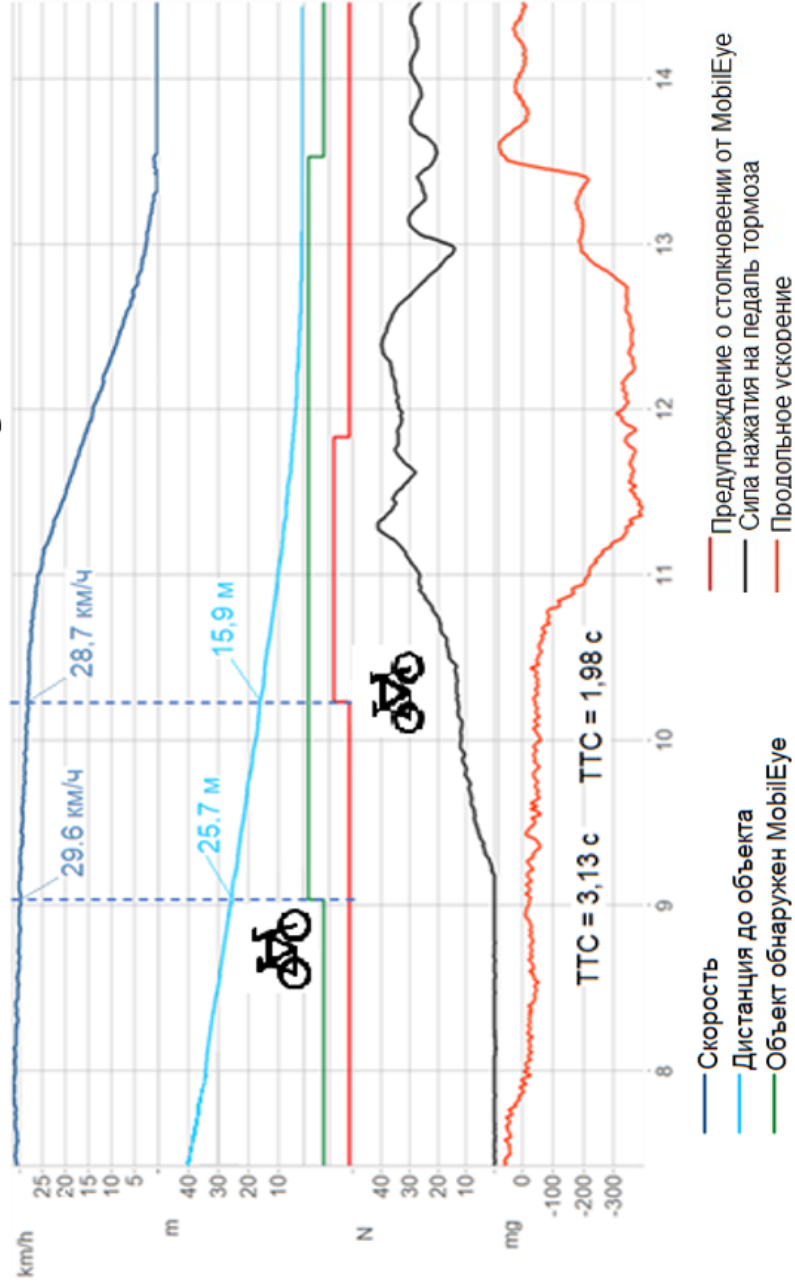


МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ) 10

Измерение эффективной площади радиоотражения макета



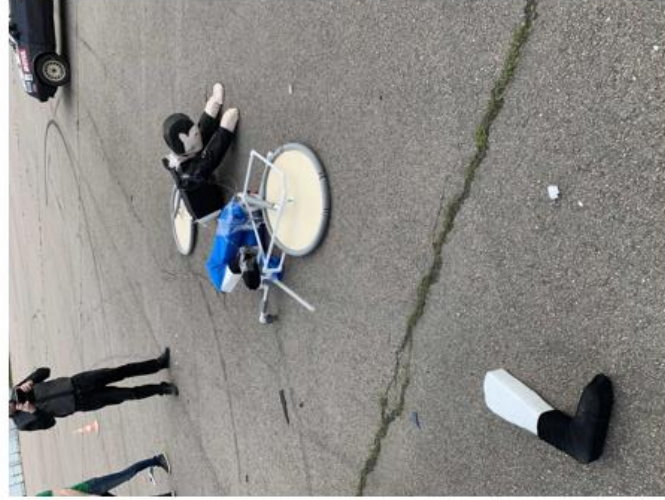
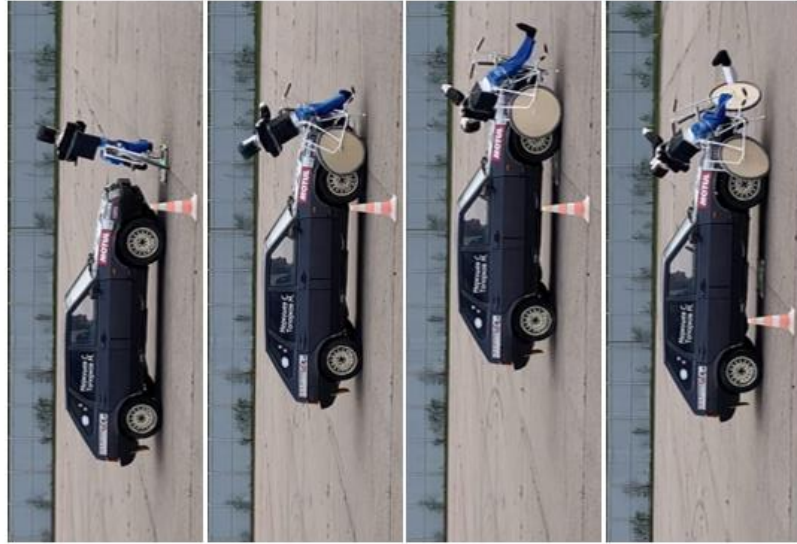
Проверка видимости макета системой MobilEye





МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ) 12

Испытание на столкновение автомобиля с целью



Автомобиль после столкновения

Процесс разрушения цели





МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ) 13

Доработка по результатам испытаний



Установлена дополнительная опора и новая втулка
колеса.



Трубки диаметром 10 мм



ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ



Тип 1



Тип 2

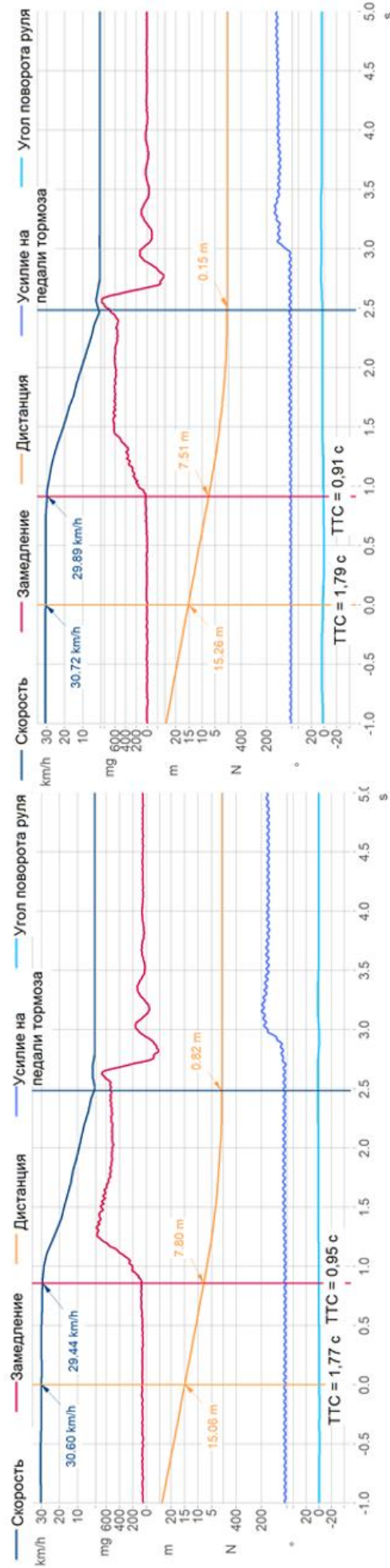
Объект испытаний: Toyota Rav4

- Год выпуска: 2019
- Пробег 26 492 км
- САЭТ: Pre-Collision System
- Комплекс систем безопасности: Toyota Safety Sense
- Органы технического зрения: радар и видеокамера



Результаты заездов

Тип испытания	Условия освещенности	Предупреждение (предельная скорость, км/ч)	Остановка (предельная скорость, км/ч)
Тип 1 (стационарно поперечно)	День	80	30 (40 ACC)
	Ночь (Ближний свет)	40	—
	Ночь (Дальний свет)	30	—
Тип 2 (стационарно продольно)	День	60	30
	Ночь (Ближний свет)	50	—
	Ночь (Дальний свет)	55	30





Выводы

- Разработана и изготовлена конструкция макета велосипедиста, включающая пенопластовую фигуру велосипедиста, раму из PPR-труб, колёса из фанеры, пластиковые соединительные элементы, защитные протекторы.
- Радиоотражающая способность макета велосипедиста соответствует стандарту ISO 19206-4:2018.
- В случае столкновения с автомобилем макет велосипедиста разъединяется на составляющие элементы, не повреждающие объект испытаний. После разрушения цель восстанавливается в течение 5 минут.
- Предупреждающая система Mobileye распознает макет велосипедиста за 3,13 с. до столкновения и предупреждает в возможном столкновении за 1,98 с.
- Система помощи водителю Pre-Collision System распознаёт цель «Велосипедист» при дневном и ночном освещении. При скорости автомобиля до 30 км/ч обеспечивается экстренное торможение и предотвращается наезд на цель в условиях дневного освещения.