

# СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ТЕСТИРОВАНИЮ И ВАЛИДАЦИИ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ

Торопов Е.И., Трусов Ю.П., к.т.н. Вашурин А.С., Мошков П.С.

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия  
evgeny.toropov@nntu.ru

Постоянно растущие требования к безопасности транспортных средств вынуждают автопроизводителей заниматься разработкой ADAS-систем («интеллектуальных помощников»). В свою очередь, перед выпуском на рынок автомобиля, оборудованного подобными функциями, необходимо полноценно протестировать и свалидировать алгоритмы работы электронных систем в различных условиях. В настоящее время наиболее популярны методы отладки и тестирования ADAS-систем, основанные на программном («модель и программное обеспечение в петле») и аппаратно-программном моделировании («оборудование в петле»), что позволяет выявлять и устранять ошибки на ранних стадиях разработки продукта, таким образом экономя денежные средства. Несмотря на огромные преимущества имитационного моделирования, натурные испытания остаются основополагающим и финальным этапом перед стартом серийного производства. Это обусловлено тем, что международные и отечественные стандарты в настоящее время не предусматривают сертификацию «электронных помощников» посредством проведения виртуальных тестов. В связи с этим перед производителями измерительного оборудования и инженерами-испытателями встает задача по разработке принципиально новой тест-установки, обеспечивающей фиксацию положения транспортных средств в динамических режимах с сантиметровой точностью, а также производство синхронизированной видеозаписи. В данной статье рассказывается о подходе сотрудников НГТУ им. Р.Е. Алексеева к решению данной проблемы: проектировка принципиальной схемы и ее реализация на прототипе легкого коммерческого автомобиля, оборудованного ADAS-системами. Для фиксации географических координат с сантиметровой точностью использовался прибор Racelogic Vbox 100 Hz, работающий в режиме real-time kinematic (RTK), синхронизированная видеозапись производилась при помощи Racelogic Video Vbox Pro, включающий в себя 4 широкоугольные камеры. Апробация работы измерительной установки была проведена при испытаниях следующих систем: детектор мертвых зон, предупреждение о выходе из полосы и помощник поиска парковочного места. В статье представлен ряд графиков функционирования одной из систем.

**Ключевые слова:** ADAS, RTK, ГНСС, измерительное оборудование, испытания, валидация.

**Для цитирования:** Торопов Е.И., Трусов Ю.П., Вашурин А.С., Мошков П.С. Современный подход к тестированию и валидации систем помощи водителю // Известия МГТУ «МАМИ». 2021. № 1 (47). С. 63–72. DOI: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-63-72.

## Введение

На протяжении последних десятилетий автопроизводители уделяют большое внимание развитию электронных систем активной безопасности, таких как антиблокировочная система (АБС), противобуксовочная (ПБС) и система электронного контроля устойчивости (ЭКУ). Наличие подобных функций позволяет водителю сохранять и осуществлять контроль над транспортным средством в критических ситуациях. Однако развитие и удешевление микроэлектроники, возможность использования ранее недоступных гражданской отрасли технологий (радары, лидары, ультразвуковые датчики, камеры, цифровое зрение) подтолкнули автопроизводителей к реализации такого направления, как автоматизация управ-

ления транспортным средством. Результатом осуществления подобных научно-конструкторских работ стало появление серийных образцов вспомогательных систем активной безопасности, так называемых ассистентов (DAS/ADAS). Данные системы могут как предупреждать водителя в случае отрицательной динамики, приводящей к возникновению критической ситуации, так и заблаговременно вмешиваться в управление транспортным средством: оказывать воздействие на рулевой механизм, тормозную систему и системы управления двигателем, трансмиссией [1, 2].

Для сферы грузопассажирских перевозок, в которых используются легкие коммерческие, среднетоннажные транспортные средства и большегрузы, наиболее перспективным явля-

ется развитие и внедрение интеллектуальных систем помощи водителю, отвечающих за мониторинг слепых зон, что наиболее актуально для грузовых автомобилей, а также предотвращающих ошибки в случае невнимательности, кратковременного отвлечения и физической усталости водителя [2, 3]. Следующие системы отвечают данным требованиям:

– ассистент удержания в полосе (Lane keep assistance – LKA). Основная функция – информирование водителя о выходе автомобиля из полосы движения, а также корректировка курса, если действия водителя недостаточны или отсутствуют;

– помощник при парковке (Park assist system – PAS) – система помогает в поиске парковочного места, а также управляет рулевым механизмом [4].

– мониторинг слепых зон (Blind spot monitoring – BSM) – предупреждает и предотвращает столкновение с попутно движущимся транспортным средством, если он находится в мертвой зоне [5].

Внедрение данных систем позволит повысить безопасность дорожного движения, а также снизить расходы транспортных компаний в случае простоя при ДТП.

В настоящее время при тестировании электронных систем наибольшую популярность получили технологии программного (Model-in-the-loop – MIL, Software-in-the-loop – SIL) и программно-аппаратного моделирования (Hardware-in-the-loop – HIL), что снижает стоимость изготовления прототипа, а также позволяет избежать ошибок на ранних этапах разработки. Несмотря на все преимущества виртуальных испытаний, они неспособны в полной мере заменить полевые, таким образом натурные тесты на протяжении многих лет остаются основным этапом разработки, а их результаты определяющими, готов ли автомобиль к выпуску на рынок [6, 7].

В связи с этим актуальным остается вопрос о методиках натурных испытаний электронных систем помощи водителю, а также необходимым измерительном оборудовании.

Целью приведенных в статье исследований является рассмотрение этого вопроса.

### **Методы и средства проведения исследований**

*Нормативная документация на функциональные свойства систем ADAS*

В настоящее время в Российской Федерации действует ряд нормативных документов, регламентирующих общие технические требования по отношению к электронным системам, а также описывающих методы их испытаний. Разберем каждую систему в отдельности:

1. Предупреждение о выходе из занимаемой полосы движения. Функционирование системы описано в ГОСТ Р 58807-2020. Для оценки эффективности срабатывания согласно данному документу необходимо зафиксировать:

- скорость движения транспортного средства;
- скорость выхода автомобиля из занимаемой полосы движения;
- момент срабатывания оптического сигнализатора;
- положение испытуемого объекта относительно линии разметки;
- момент срабатывания сигнализатора неисправности [8].

2. Помощь водителю при принятии решения о смене полосы движения. Функционирование данной системы регламентируется в ГОСТ Р 58803-2020 (часть заимствована из Правил ООН № 130 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств в отношении системы предупреждения о выходе из полосы движения»). Необходимо фиксировать следующие параметры:

- скорость движения транспортного средства;
- усилие на рулевом колесе;
- боковое ускорение;
- временные интервалы;
- моменты срабатывания оптического сигнализатора активации функции и информирования о неисправности;
- видеофиксация действий водителя (управление переключателем поворота);
- расстояние между вспомогательным (приближающегося) т.с. и испытуемым объектами [9].

3. Система удержания транспортного средства в полосе движения – ГОСТ Р 58804-2020. Замеряемые параметры:

- скорость движения транспортного средства;
- усилие на рулевом колесе;
- боковое ускорение;
- временные интервалы;
- моменты срабатывания оптического, акустического сигнализаторов активации функции и информирования о неисправности;

– видеофиксация действий водителя [10].

4. Мониторинг слепых зон – ГОСТ Р 58808-2020. Замеряемые параметры:

- скорость движения транспортного средства;
- скорость сближения испытуемого т.с. и вспомогательного;
- временные интервалы;
- продольное и боковое расстояния между испытуемым и вспомогательным т.с.;
- моменты срабатывания оптического сигнализатора и информирования о неисправности;
- видеофиксация действий водителя [11].

5. Помощь при парковке – ПНСТ 381-2019 (афилирован с ISO 16787:2017-Intelligent transport systems – Assisted parking system (APS) – Performance requirements and test procedures). Замеряемые параметры:

- скорость движения;
- поперечное расстояние до припаркованных автомобилей;
- курсовое угловое расстояние между объектом испытаний и припаркованными автомобилями;
- моменты срабатывания оптического, звукового сигнализаторов и информирования о неисправности;
- расположение испытуемого т.с. в геометрии парковочного места;
- временные интервалы;
- моменты срабатывания оптического сигнализатора и сигнализатора неисправности [12].

Как видим, исходя из требований регламентирующих документов измерительная установка, располагающаяся на испытуемом транспортном средстве, должна обладать следующими возможностями:

- определение местоположения объекта испытаний с сантиметровой точностью, а в ряде тестов дополнительно еще вспомогательного т.с.;
- возможность подключения к бортовой информационной шине CAN для фиксации временных задержек в работе человеко-машинного интерфейса;
- получение видеоряда с возможностью синхронизации записи со сторонним оборудованием.

#### *Разработка измерительной установки*

Измерение расстояний между движущимися испытуемыми транспортными средствами с сантиметровой точностью невозможно

с применением классических установок по измерению пройденного пути и расстояний (например, оптический датчик пройденного пути, «пятое колесо», линейный лазерный датчик расстояний). Рост спроса автопроизводителей на оборудование по тестированию ADAS-функций вынудил разработчиков измерительного оборудования применить технологии, ранее используемые в гражданской сфере только в геодезических измерениях.

Для достижения максимальной точности и удобства испытания ADAS производители измерительных систем сейчас используют передовые ГНСС-технологии. Для достижения точности позиционирования до 2 см применяется технология кинематики реального времени (Real-time-kinematic – RTK). Как известно, из-за влияния большого количества негативных факторов (атмосферные неоднородности, помехи от стационарных и подвижных объектов, переотражение сигнала или многолучевость) одиночный спутниковый прибор любого класса не может обеспечить высокую точность позиционирования (до 10 м), поэтому для уточнения координат используются так называемые RTK-поправки, которые рассчитываются и передаются другим ГНСС-приемником (базовая станция), точное местоположение которого известно (рис. 1) [5, 13].

Для передачи RTK-поправок от базовой станции к подвижному приемнику (ровер) существует несколько способов:

1) используется GPRS-канал; минус этого метода состоит в том, что каждый приемник должен иметь возможность подключения к сети интернет, что не везде возможно;

2) GSM-соединение – в данном случае возможно подключить только 1 ровер, остальные недостатки аналогичны первому методу;

3) использование радиоканала – является наиболее предпочтительным, нет ограничений по количеству подключаемых роверов и независим от качества сотовой связи.

Единственным минусом является то, что в Российской Федерации (как и во многих других странах) ограничена мощность нелегализуемого использования источника радиочастотного сигнала (РЭС): при работе на частоте 433 МГц максимальная мощность не должна превышать 10 мВт, а 2,4 ГГц – не более 100 мВт с максимальной высотой подвеса антенны – 10 метров. Как показывает практика, данных мощностей достаточно,

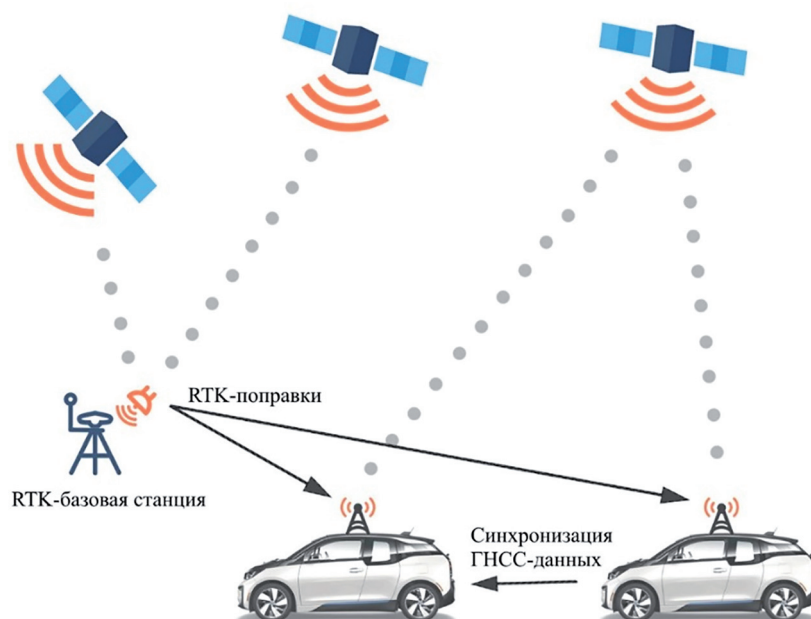


Рис. 1. Принципиальная схема GNSS-измерений при тестировании ADAS

Fig.1. Schematic diagram of GNSS measurements during ADAS testing

чтобы покрыть зону радиусом 500–600 метров (при условии прямой видимости). Если появляется необходимость в большей зоне охвата радиосигналом, т.е. использование более мощного передатчика, то необходимо проходить процедуру получения разрешения на использование радиочастоты и регистрации РЭС, что может по времени затянуться до 6–8 месяцев. Это целесообразно при проведении испытаний всегда в одном и том же месте (автомобильном полигоне), так как в случае перебазирования все разрешения необходимо получать заново.

При испытаниях и валидации систем ADAS недостаточно получения точных координат каждого из подвижных приемников, необходимо вычислять параметры испытуемого автомобиля (кратчайшее, продольное и поперечное расстояния, скорость сближения и т.п.) относительно вспомогательных транспортных средств или линии разметки. С этой целью каждый автомобиль оборудуется дополнительным комплектом телеметрии для синхронизации GNSS-данных на целевом объекте (рис. 1).

Перед специалистами Нижегородского государственного технического университета была поставлена задача разработать и реализовать на практике измерительную установку по тестированию и валидации ADAS-функций легкого коммерческого автомобиля. Принципиальная схема представлена на рис. 2.

На рис. 2 обозначено: *a* – часть, устанавливаемая на испытуемое т.с.; *b* – часть, устанавливаемая на вспомогательное т.с.; *1* – CAN-интерфейс, подключаемый к бортовой информационной шине; *2* – измерительное рулевое колесо MSW; *3* – измерительный GNSS-прибор Racelogic Vbox 3i 100Hz RTK; *4* – телеметрия 2,4 ГГц синхронизации GNSS-данных между автомобилями; *5* – радиоканал 2,4 ГГц синхронизации GNSS-данных; *6* – радиоприемник RTK-поправок; *7* – радиоканал 2,4 ГГц передачи RTK-поправок; *8* – дисплей скорости движения т.с.; *9* – многофункциональный дисплей MFD; *10* – Video Vbox Pro; *11* – Racelogic CAN-шина; *12* – GNSS-базовая станция с телеметрией 2,4 ГГц передачи поправок.

Основные составляющие элементы измерительной установки:

1. Высокоточный измерительный GNSS-прибор Racelogic Vbox 3i 100 Hz (поз. 3 рис. 2). Устанавливается в каждое транспортное средство для расчета точного местоположения, определения динамических характеристик и параметров оценки функций ADAS.

2. GNSS-базовая станция (поз. 12) необходима для уточнения (до 2 см) местоположения измерительных приборов. Для передачи RTK-поправок организуется местная радиосвязь, то есть базовая станция и все роверы оборудуются радиомодулями, работающими на частоте 2,4 ГГц (поз. 6).

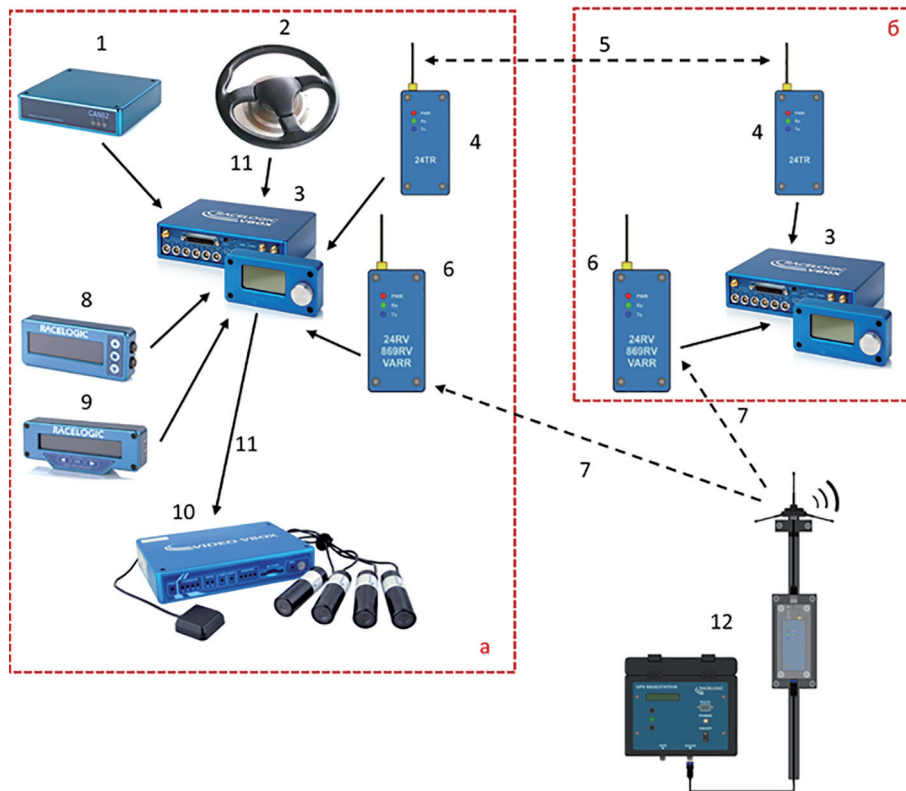


Рис. 2. Принципиальная схема измерительной установки

Fig. 2. Schematic diagram of the measuring installation

3. Дополнительная телеметрия 2,4 ГГц (поз. 4) синхронизации ГНСС-данных необходима для расчета ADAS-параметров, таких как относительное расстояние между испытуемыми транспортными средствами, скорость сближения и т.п.

4. CAN-интерфейс Racelogic CAN02 (поз. 1) подключается к информационной шине испытуемого автомобиля для фиксации статусов срабатывания ADAS-функций, а также ряда других параметров (обороты двигателя, нажатие на тормоз, педаль газа, включение сигнализаторов поворота, номер включенной передачи и т.п).

5. Дисплей скорости (поз. 8) – отображение действительной скорости движения т.с.

6. Многофункциональный дисплей MFD (поз. 9) позволяет вывести на дисплей любой из измеряемых параметров. Например, необходимо при контроле боковой дистанции между т.с.

7. Racelogic Video Vbox Pro (поз. 10) – ГНСС-прибор с возможностью записи видеопотока одновременно с 4 видеокамер, необходим при фиксации срабатывания световых индикаторов, пересечения транспортным средством линии разметки, видеозапись действий водите-

ля и т.п. Для синхронизации записи с Vbox 3i подключается к Racelogic CAN-шине (поз. 11).

8. Измерительное рулевое колесо MSW (поз. 2). Устанавливается непосредственно на штатное рулевое колесо, необходим для измерения угла поворота, скорости вращения и крутящего момента. Измеренные данные передаются на Vbox 3i также при помощи Racelogic CAN-шины.

Установка измерительного оборудования на основное и вспомогательное транспортные средства представлена на рис. 3 (а-д). Рис. 3, е – размещение ГНСС-базовой станции с установленной на телескопической штанге радиопередатчика 2,4 ГГц и его антенны. Стоит отметить, что максимальная мощность составляет 60 мВт, высота подвеса антенны – 5 м, что позволяет использовать данный источник РЭС без получения дополнительных разрешений.

На рис. 3 показаны: а – Racelogic Vbox 3i 100Hz в салоне основного транспортного средства; б – установленные на крыше основного т.с. GPS/Глонасс и телеметрические антенны; в – Racelogic Vbox 3i 100Hz в салоне вспомогательного транспортного средства; г – камеры Video Vbox Pro, фиксирующие пересечение



Рис. 3. Установленное измерительное оборудование

Fig. 3. Installed measuring equipment

передним правым колесом линии разметки;  $d$  – измерительное рулевое колесо MSW, дисплей Vbox, салонная камера Video Vbox;  $e$  – ГНСС-базовая станция с комплектом телеметрии.

При тестировании функций ADAS, связанных с работой по определению полосы движения, отсутствует необходимость использования вспомогательного транспортного средства. Вместо него, используя комплект по разметке

полосы движения, осуществляется наземная трассировка линии с геодезической точностью (рис. 4) с последующей загрузкой в измерительный прибор Vbox3i, установленный на объект испытаний. Благодаря этому производится расчет необходимых для оценивания и валидации ADAS-функции параметров движения: расстояние от колес до линии, скорость выхода из полосы движения.



Рис. 4. Трассировка линии разметки

Fig.4. Tracing the line markings

### Результаты тестирования функций ADAS и их обсуждение

Разработанная измерительная система была апробирована при тестировании прототипа легкого коммерческого автомобиля, оборудованного системами помощи водителю. Испытания проводились на полигоне ОИЦ «Березовая пойма», тестировались следующие функции:

- предупреждение о выходе из занимаемой полосы движения;
- детектор слепых зон;
- поиск парковочного места.

Для наглядности представим часть результатов по тестированию функции «Детектор мертвых зон» (BSM). Режим испытания: тестируемое транспортное средство движется со скоростью 30–35 км/ч, вспомогательный автомобиль разгоняется до 40–45 км/ч и про-

изводит опережение по правому борту. Задача теста – определить моменты срабатывания и подачи светозвуковой сигнализации помощника «Мониторинг мертвых зон». Помимо статистических данных производилась запись видеоряда при помощи оборудования Racelogic Video VBox Pro. Пример видеокadra показан на рис. 5.

Как видно, помимо возможности синхронной фиксации видео сразу с 4 камер программное обеспечение позволяет наносить виртуальную разметку, помогающую оценивать расположение наружных объектов. Стоит отметить, что Video VBox оборудован CAN-интерфейсом с возможностью записи дополнительных 32 каналов из информационной шины – все числовые значения, представленные на видеокadre (рис. 5), получены данным способом (статусы срабатывания звукооптического сигнализатора BSM, расположение испытуемых транспортных средств относительно друг друга, а также точки контакта – точки на периметре т.с., соответствующие минимальному расстоянию между объектами теста).

Измерительный прибор Racelogic VBox 3i 100 Hz вычисляет и записывает ADAS-параметры, к которым относятся:

- скорость движения обоих объектов (рис. 6, а);
- расстояние между т.с.: кратчайшее, продольное, поперечное (рис. 6, б);
- контактные точки обоих транспортных средств (рис. 6, в). При настройке измерительной системы размечается контур испытуемых

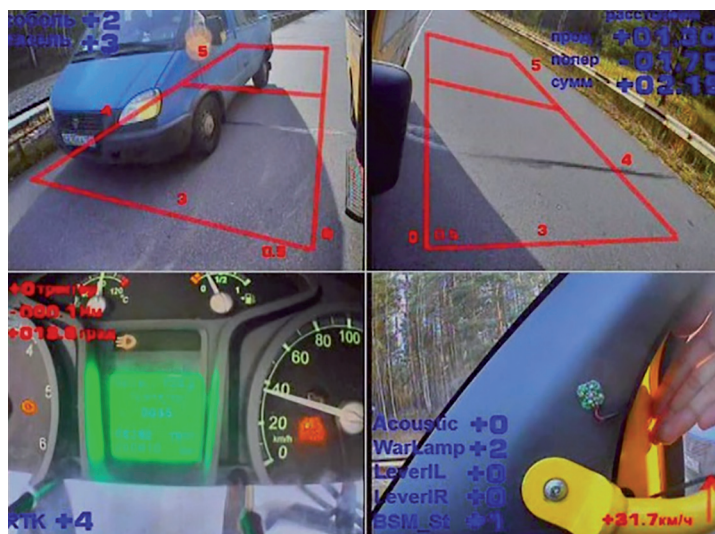


Рис. 5. Кадр видеоряда Video VBox Pro

Fig. 5. Video frame of Video VBox Pro

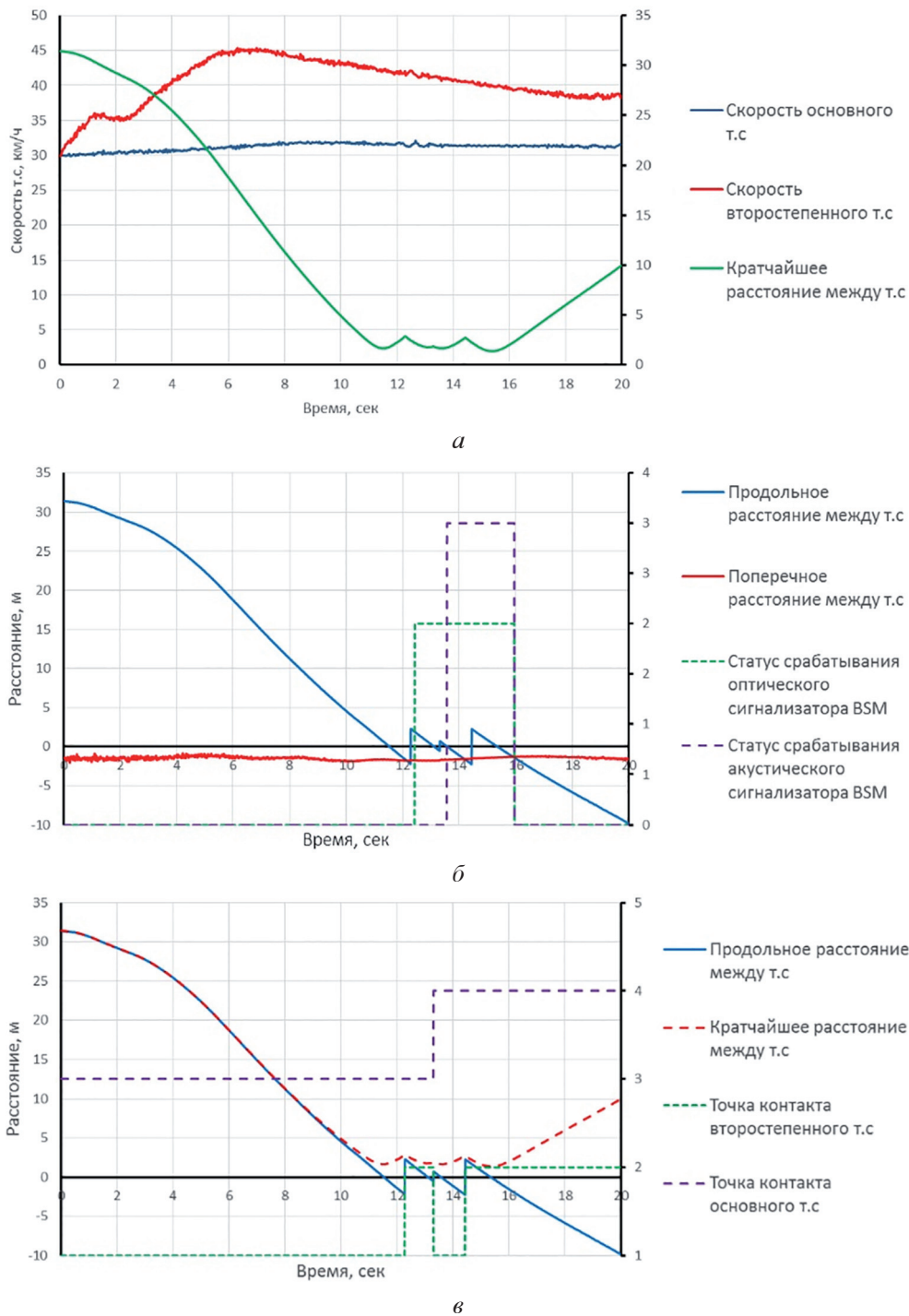


Рис. 6. Графики, полученные по результатам испытаний системы BSM

Fig. 6. Graphs derived from BSM system test results

автомобилей (так называемые contact points), т.е. расположение маркеров по периметру относительно измерительной GPS/Глонасс антенны. В нашем случае это были 4 точки: левый передний угол – первый маркер, и далее нумерация против часовой стрелки;

- скорость сближения, а также ускорение одного объекта относительно другого;
- угловое расстояние между курсами т.с.

Таким образом, по результатам испытаний мы получаем набор статистического материала, который позволяет оценить правильность (точность функционирования, отсутствие ложных срабатываний) работы алгоритма ADAS-системы, свалидировать ее, проверить на соответствие высоким международным и отечественным требованиям, что является неотъемлемой частью процесса разработки любого продукта.



На рис. 6 показаны: *a* – график скоростей движения основного и вспомогательного т.с.; *b* – продольное, поперечное расстояние между т.с., статусы срабатывания BSM; *v* – кратчайшее расстояние между т.с., контактные точки.

### Заключение

Разработанная измерительная система была успешно апробирована при испытаниях систем помощи водителю прототипа первой серии. Полученные в ходе испытаний результаты будут использованы при доводке и отладке алгоритма высшего уровня электронных помощников, также планируется повторное использование при тестировании прототипов второй и третьей серии.

Стоит отметить, что данная измерительная система удовлетворяет международным и отечественным нормативным документам, поэтому может использоваться при сертификационных испытаниях ADAS-систем.

Возможности данного измерительного оборудования не ограничиваются тестированием систем, представленных в данной статье, возможно также проводить испытания адаптивного круиз-контроля (Adaptive Cruise Control – ACC), экстренного торможения (Autonomous Emergency Braking – AEB) как с движущейся целью, так и с неподвижной, предупреждения о столкновении (Forward Collision Warning – FCW), распознавания дорожных знаков (Traffic Sign Recognition – TSR).

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проекта «Создание высокотехнологичного производства модельного ряда автомобилей ГАЗель Next с новой электронной архитектурой электронных систем» по Соглашению № 075-11-2019-027 от 29.11.2019 (постановление Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года № 218) с использованием измерительной аппаратуры Центра коллективного пользования НГТУ «Транспортные системы».

### Литература

1. Приходько В.М., Иванов А.М., Борисевич В.Б., Шадрин С.С. Методики тестирования автоматизированных систем управления автомобилем // Вестник МАДИ, 2017. № 4. С. 10–15.
2. Порубов Д.М., Зезюлин Д.В., Тюгин Д.Ю., Тумасов А.В., Беляков В.В., Грошев А.М., Береснев П.О. Разработка автомобильной системы определения и удержания в полосе движения // Труды

- НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2018. № 2. С. 25–29.
3. Тумасов А.В., Береснев П.О., Филатов В.И., Тюгин Д.Ю., Улитин А.В. Разработка системы помощи водителю при парковке для коммерческих транспортных средств // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 3. С. 132–140. DOI: 10.46960/1816-210X\_2020\_3\_132.
4. Шашкина К.М., Порубов Д.М., Пинчин А.В., Тумасов А.В. Разработка электронного блока рулевого управления для интеграции с системами помощи водителю коммерческого транспорта // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 8. С. 15–22.
5. Hun-Jung Lim, Tai-Myoung Chung RP-ADAS: Relative Position-Advanced Drive Assistant System based on VANET (GNSS) // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering. Vol. 6, No. 3, 2012. P. 397–402.
6. Мардоян Г.Р., Симонян Р.И., Карпов Н.А., Пронин Н.А., Метелев С.Ю. Современные подходы к испытанию систем ADAS на всех этапах разработки // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2018. № 4. С. 233–242.
7. Krejci P. Testing of Automotive Park Assistant Control Unit by HIL Simulation // Mechatronics. 2013. P. 487–493. DOI: 10.1007/978-3-319-02294-9\_62.
8. ГОСТ Р 58807-2020. Автомобильные транспортные средства. Системы предупреждения о выходе из занимаемой полосы движения. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2020. 7 с.
9. ГОСТ Р 58803-2020. Автотранспортные средства. Системы помощи водителю при принятии решения о смене полосы движения. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2020. 15 с.
10. ГОСТ Р 58804-2020. Автотранспортные средства. Системы удержания транспортного средства в занимаемой полосе движения. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2020. 11 с.
11. ГОСТ Р 58808-2020. Автотранспортные средства. Системы мониторинга слепых зон. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2020. 15 с.
12. ПНСТ 381-2019. Интеллектуальные транспортные средства. Системы помощи при парковке. Технические требования и процедуры испытаний. М.: Стандартинформ, 2020. 22 с.
13. Kwanghee Lee, Jeong-Hyeon Bak, Chul-Hee Lee A Study on Vehicle Lateral Motion Control Using DGPS/RTK // IRAM 2012, CCIS 330. 2012. P. 159–166.

## References

1. Prikhod'ko V.M., Ivanov A.M., Borisevich V.B., Shadrin S.S. Testing techniques for automated vehicle control systems. Vestnik MADI, 2017. No 4, pp. 10–15 (in Russ.).
2. Porubov D.M., Zezyulin D.V., Tyugin D.YU., Tumasov A.V., Belyakov V.V., Groshev A.M., Beresnev P.O. Development of an automotive lane detection and keeping system. Trudy NGTU im. R.E. Alekseyeva. 2018. No 2, pp. 25–29 (in Russ.).
3. Tumasov A.V., Beresnev P.O., Filatov V.I., Tyugin D.YU., Ulitin A.V. Development of a parking assistance system for commercial vehicles. Trudy NGTU im. R. YE. Alekseyeva. 2020. No 3, pp. 132–140 (in Russ.). DOI: 10.46960/1816-210KH\_2020\_3\_132.
4. Shashkina K.M., Porubov D.M., Pinchin A.V., Tumasov A.V. Development of an electronic steering unit for integration with driver assistance systems for commercial vehicles. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2019. No 8, pp. 15–22 (in Russ.).
5. Hun-Jung Lim, Tai-Myoung Chung RP-ADAS: Relative Position-Advanced Drive Assistant System based on VANET (GNSS) // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering. Vol. 6, No. 3, 2012. P. 397–402.
6. Mardoyan G.R., Simonyan R.I., Karpov N.A., Pronin N.A., Metelev S.YU. Modern approaches to testing ADAS systems at all stages of development. Trudy NGTU im. R. YE. Alekseyeva. 2018. No 4, pp. 233–242 (in Russ.).
7. Krejci P. Testing of Automotive Park Assistant Control Unit by HIL Simulation // Mechatronics. 2013. P. 487–493. DOI: 10.1007/978-3-319-02294-9\_62
8. GOST R 58807-2020. Automobile vehicles. Lane departure warning systems. General technical requirements and test methods. Moscow: Standartinform Publ., 2020. 7 p.
9. GOST R 58803-2020. Motor vehicles. Driver assistance systems when deciding to change lanes. General technical requirements and test methods. Moscow: Standartinform Publ., 2020. 15 p.
10. GOST R 58804-2020. Motor vehicles. Vehicle keeping systems in the occupied lane. General technical requirements and test methods. Moscow: Standartinform Publ., 2020. 11 p.
11. GOST R 58808-2020. Motor vehicles. Blind spot monitoring systems. General technical requirements and test methods. Moscow: Standartinform Publ., 2020. 15 p.
12. PNST 381-2019. Intelligent vehicles. Parking assistance systems. Specifications and test procedures. Moscow: Standartinform Publ., 2020. 22 p.
13. Kwanghee Lee, Jeong-Hyeon Bak, Chul-Hee Lee A Study on Vehicle Lateral Motion Control Using DGPS/RTK // IRAM 2012, CCIS 330. 2012. P. 159–166.

## MODERN APPROACH TO TESTING AND VALIDATION OF DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS

YE.I. Toropov, YU.P. Trusov, PhD in Engineering A.S. Vashurin, P.S. Moshkov  
Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia  
evgeny.toropov@nntu.ru

*The ever-increasing demands of vehicle safety are forcing car manufacturers to develop ADAS systems ("intelligent assistants"). However, before starting sales of car equipped with such functions it is necessary to fully test and validate the algorithms for the operation of electronic systems in various conditions. Currently, the most popular methods for debugging and testing ADAS systems are based on "model-", "software-" and "hardware-in-the-loop" modelling, which allows developers to identify and eliminate errors in the early stages of product development, thus saving money. Despite the enormous advantages of simulation, full-scale tests remain the fundamental and final stage before the start of mass production, this is due to the fact that international and Russia government standards currently don't provide for the certification of "electronic assistants" through virtual tests. In this regard, manufacturers of measuring equipment and test-engineers are faced with the task of developing a new test setup that provides fixing the GNSS-position of vehicles in dynamic modes with centimeter accuracy, as well as making synchronized video recording. This article describes the approach of the employees of the NNTU n.a. R.E. Alekseev to the solution of this problem: the design of the concept and its implementation on a light commercial vehicle with ADAS systems. To fix coordinates with centimeter accuracy we have used Racelogic Vbox 100 Hz, operating in the RTK-mode, synchronized video recording was made using Racelogic Video Vbox Pro, which includes 4 wide-angle cameras. The approbation of the measuring installation was carried out when testing the following systems: a blind spot detector, a lane departure warning and a parking space search assistant. The article presents a number of graphs of the functioning of one of the systems.*

**Keywords:** ADAS, RTK, GNSS, measurement equipment, testing, validation.

**Cite as:** Toropov YE.I., Trusov YU.P., Vashurin A.S., Moshkov P.S. Modern approach to testing and validation of driver assistance systems. Izvestiya MGTU «MAMI». 2021. No 1 (47), pp. 63–72 (in Russ.). DOI: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-63-72.