



Европейская экономическая комиссия**Комитет по внутреннему транспорту****Всемирный форум для согласования правил
в области транспортных средств**

Сто восемьдесят седьмая сессия

Женева, 21–24 июня 2022 года

Пункт 2.3 предварительной повестки дня

**Интеллектуальные транспортные системы
и координация деятельности, связанной
с автоматизированными транспортными средствами****Предложение по второй итерации нового метода
оценки/испытаний для автоматизированного
вождения — Основной документ****Представлено Рабочей группой по автоматизированным/
автономным и подключенным транспортным средствам***

Воспроизведенный ниже текст был принят Рабочей группой по автоматизированным/автономным и подключенным транспортным средствам (GRVA) на ее двенадцатой сессии (см. документ ECE/TRANS/WP.29/GRVA/12, п. 24). Он основан на неофициальном документе GRVA-12-12. Это документ представляется Всемирному форуму для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) и Административному комитету (AC.1) для рассмотрения на их сессиях в июне 2022 года.

* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2022 год, изложенной в предлагаемом бюджете по программам на 2022 год (A/76/6 (часть V, разд. 20), п. 20.76), Всемирный форум будет разрабатывать, согласовывать и обновлять правила ООН в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.



I. Справочная информация

1. В ходе сто семьдесят восьмой сессии Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) был принят Рамочный документ по автоматизированным/автономным транспортным средствам (ECE/TRANS/WP.29/2019/34/Rev.2) и разработан круг ведения (КВ) (ECE/TRANS/WP.29/1147, приложение VI) неофициальной рабочей группы (НРГ) по методам валидации для автоматизированного вождения (ВМАД).

2. Одним из ожидаемых результатов деятельности, включенных в Рамочный документ, стала разработка «нового метода оценки/испытаний для автоматизированного вождения» (НМОИ) для рассмотрения на сто восемьдесят третьей сессии WP.29 (в марте 2021 года).

3. В соответствии с Рамочным документом в КВ отмечается, что мандат НРГ по ВМАД, полученный от Рабочей группы по автоматизированным/автономным и подключенным транспортным средствам (GRVA), заключается в разработке методов оценки (включая сценарии) для валидации безопасности автоматизированных систем на основе многокомпонентного подхода, состоящего из проверки, имитационного моделирования, виртуальных испытаний, испытаний на испытательных треках и испытаний в реальных условиях.

4. В КВ указано, что в ходе осуществления этой работы НРГ по ВМАД следует:

a) действовать в соответствии со следующими принципами/элементами, изложенными в Рамочном документе WP.29 по автономным транспортным средствам:

i) обнаружение и реагирование на объекты и ситуации (оценка): автоматизированные/автономные транспортные средства должны быть в состоянии обнаруживать объекты/ситуации, появление которых вполне ожидаемо в пределах домена штатной эксплуатации (ДШЭ), и реагировать на них; и

ii) валидация безопасности системы: изготовители транспортных средств должны продемонстрировать надежность процесса проектирования и валидации на основе системно-технологического подхода, направленного на разработку автоматизированных систем вождения (АСВ), при использовании которых не возникает необоснованных рисков и которые обеспечивают соблюдение правил дорожного движения и принципов, перечисленных в настоящем документе. Методы валидации конструкции должны включать в себя проведение для АСВ анализа угроз и оценки рисков с точки зрения безопасности как в отношении обнаружения и реагирования на объекты и ситуации (ОРОС), так и в отношении общей конструкции транспортного средства, на котором устанавливается АСВ, в том числе по мере необходимости и в отношении более широкой транспортной экосистемы. Исходя из конструкции и методов валидации, следует продемонстрировать наличие особенностей поведения, ожидаемого от автоматизированного/автономного транспортного средства в условиях обычной эксплуатации, эффективность в ситуациях предотвращения аварий, а также эффективность аварийных стратегий. Испытания могут проводиться с помощью комбинирования методов имитационного моделирования, испытаний на испытательном треке и испытаний в условиях дорожного движения;

b) учитывать изменения, связанные с другими вспомогательными рабочими группами (РГ) WP.29 и их НРГ, и работать в полном сотрудничестве с ними; и

c) принимать во внимание существующие данные, результаты исследований и технические стандарты (например, «SAE интернэшнл», Международная организация по стандартизации (ИСО)), имеющиеся в распоряжении в период выполнения намеченных действий;

d) первая итерация Основного документа была принята в качестве справочного документа для валидации АСВ на сто восемьдесят третьей сессии WP.29 в марте 2021 года. На том же заседании поступила просьба подготовить вторую итерацию для рассмотрения на сессии WP.29 в марте 2022 года, чтобы решить оставшиеся вопросы и в максимально возможной степени включить результаты работы НРГ по функциональным требованиям для автоматизированных/автономных транспортных средств (ФРАВ);

e) с того времени НРГ по ВМАД и ее подгруппы продолжают работу над этим документом. В данной версии документа отражается состояние этой работы на конец октября 2021 года. Она станет основой для обсуждения на сессии GRVA в январе 2022 года. Параллельно продолжится работа над ограниченным числом вопросов.

II. Цель и область применения

5. Для того чтобы международное сообщество могло извлечь максимальные возможные преимущества АСВ для обеспечения безопасности, необходимо создать рамочную основу для валидации безопасности, которую смогут принять договаривающиеся стороны соглашений ООН о правилах в области транспортных средств 1958 и 1998 годов. НМОИ, разработанный НРГ по ВМАД, призван обеспечить четкие руководящие указания для валидации безопасности АСВ таким образом, чтобы эта процедура была повторяемой, объективной и основывалась на фактических свидетельствах, оставаясь при этом технологически нейтральной и достаточно гибкой, с тем чтобы стимулировать непрерывные инновации в автомобильной отрасли.

6. В настоящем документе обобщаются результаты работы над НМОИ, проделанной к настоящему времени НРГ по ВМАД. В нем содержится четкий обзор НМОИ и составляющих его компонентов. Этот документ призван также оказать содействие в координации усилий между НРГ по ВМАД и неофициальной рабочей группой GRVA по ФРАВ. Благодаря такой координации будет обеспечено включение в НМОИ в том числе и вопросов, касающихся валидации соответствия АСВ общим требованиям безопасности, которые предстоит разработать НРГ по ФРАВ.

7. С учетом значительной технической работы, которую еще только предстоит осуществить для внедрения НМОИ в практику, в данной версии Основного документа представлена рамочная структура НМОИ высокого уровня, которая включает в себя:

a) описание сферы применения и общий обзор каталога сценариев и каждого из основных компонентов (имитационное моделирование/виртуальные испытания, испытания на испытательном треке, испытания в реальных условиях, проверка/оценка и мониторинг на этапе эксплуатации); и

b) общее описание процедуры НМОИ (в частности, описание взаимодействия между собой различных элементов НМОИ (т. е. каталога сценариев и компонентов), благодаря которому обеспечивается эффективный, всесторонний и целостный процесс).

8. В дальнейшем этот документ будет дорабатываться, и в него регулярно будет включаться обновленная и новая информация с учетом результатов работы будущих сессий НРГ по ВМАД.

9. Поскольку НРГ по ВМАД продолжает заниматься разработкой элементов НМОИ, а НРГ по ФРАВ — разработкой требований безопасности для АСВ, данный документ будет обновляться с учетом результатов этой работы. По мере того как НРГ по ВМАД будет разрабатывать подробные технические документы, они будут включаться в указатель вспомогательных справочных материалов, содержащийся в конце настоящего документа.

10. С учетом указаний GRVA и WP.29, предполагается, что, как только НМОИ достигнет уровня зрелости, на котором возможна разработка критериев оценки (на основе требований к характеристикам, определенных НРГ по ФРАВ), этот

документ (и все вспомогательные ресурсы, разрабатываемые НРГ по ВМАД) будет использоваться для облегчения формулирования руководящих принципов для процедуры валидации и/или правил/предписаний, соответствующих потребностям договаривающихся сторон соглашения 1958 и 1998 годов (при условии одобрения со стороны WP.29).

III. Определения

11. Внедрение АСВ и смежных технологий привело к появлению большого количества новых технических терминов и понятий. В целях обеспечения последовательности в приложении 1 приводятся глоссарий терминов и определений, используемых в Основном документе, посвященном НМОИ. По мере развития Основного документа и всех вспомогательных технических документов данный глоссарий будет постоянно дорабатываться и обновляться. В тех случаях, когда в этом возникнет необходимость, НРГ по ВМАД будет контролировать соответствие этих терминов терминам, принятым WP.29, GRVA и другими неофициальными рабочими группами GRVA, включая определения, согласованные НРГ по ФРАВ.

IV. Применение в рамках НМОИ многокомпонентного подхода

12. Цель НМОИ заключается в том, чтобы обеспечить основу для проведения оценки АСВ и продемонстрировать ее безопасность при эксплуатации в реальных условиях.

13. Валидация таких характеристик системы является весьма сложной задачей, которую невозможно всесторонне и эффективно решить с использованием только одного метода валидации. Поэтому НРГ по ВМАД предложила применять в рамках НМОИ многокомпонентный подход к валидации АСВ, заключающийся в использовании каталога сценариев и пяти методов валидации (компонентов), которые более подробно описываются в последующих разделах настоящего документа:

a) Каталог сценариев

14. Каталог сценариев содержит описания реальных дорожных ситуаций, с которыми можно столкнуться во время движения, и станет одним из инструментов, используемых для компонентов НМОИ в целях валидации безопасности АСВ.

b) Имитационное моделирование/виртуальные испытания

15. При имитационном моделировании/виртуальных испытаниях используются различные типы инструментальных средств моделирования для оценки соответствия АСВ требованиям безопасности в широком диапазоне виртуальных сценариев, некоторые из которых было бы крайне сложно или даже невозможно реализовать в реальных условиях. В эту область включен аспект достоверности имитационного моделирования/виртуальных испытаний.

c) Испытания на треке

16. Испытания на треке проводятся на закрытой для доступа испытательной площадке с различными элементами сценариев для проверки возможностей и функционирования АСВ.

d) Испытания в реальных условиях

17. Испытания в реальных условиях проводятся на дорогах общего пользования с целью проверки и оценки характеристик АСВ, связанных с ее способностью осуществлять управление транспортным средством в условиях реального дорожного движения.

е) Процедуры проверки/оценки

18. Процедуры проверки/оценки позволяют установить, каким образом изготовители должны демонстрировать изучающим документацию органам, проверяющим безопасность, свои результаты имитационного моделирования, испытаний на треке и/или проверки возможностей АСВ в реальных условиях. Проверка проводится с целью удостовериться в том, что опасности и риски, связанные с системой, были идентифицированы и что соответствующая концепция обеспечения безопасности благодаря конструкции была внедрена в производство. Кроме того, в ходе проверки контролируется наличие надежных процессов/механизмов/стратегий (т. е. системы управления безопасностью), обеспечивающих соответствие АСВ необходимым требованиям безопасности на протяжении всего срока службы транспортного средства. Проверка должна также включать оценку комплементарности различных компонентов оценки и общей сферы охвата сценариев; и наконец.

ф) Мониторинг и передача данных на этапе эксплуатации

19. В рамках этого компонента рассматривается безопасность АСВ на этапе ее эксплуатации после выпуска на рынок. Его реализация базируется на сборе данных о парке транспортных средств, находящихся в эксплуатации, для оценки того, продолжает ли АСВ оставаться безопасной при эксплуатации в условиях дорожного движения. Сбор таких данных также может использоваться для пополнения общей базы данных новыми сценариями на основе реальных условий и для того, чтобы все занимающиеся АСВ специалисты могли изучать основные аварии/происшествия, связанные с АСВ.

V. Каталог сценариев

A. Почему в НМОИ следует включить испытания на основе сценариев?

20. Для того чтобы обеспечить максимально возможный уровень безопасности автоматизированных/автономных транспортных средств (АТС), следует создать надежную рамочную основу для валидации их безопасности. Такая рамочная основа должна обеспечить четкие руководящие указания для оценки соответствия АТС требованиям безопасности таким образом, чтобы процедура оценки была повторяемой, объективной, основывалась на фактических свидетельствах и оставалась технологически нейтральной.

21. На нынешнем относительно раннем этапе развития АТС в большинстве существующих публикаций, посвященных оценке текущего состояния развития АТС, используются такие показатели, как количество миль/километров, пройденных во время испытаний в реальных условиях без столкновений, нарушений правил или отключений АСВ транспортного средства.

22. Такие простые показатели, как количество километров, пройденных без столкновений, нарушений правил или отключений системы, могут быть полезны для информационного наполнения диалога с общественностью на тему прогресса, достигнутого в развитии АТС. Однако для международных регламентирующих органов такие измерения сами по себе не являются источником достаточных свидетельств в пользу того, что АТС сможет обеспечивать безопасное движение в условиях широкого набора различных ситуаций, с которыми, как можно обоснованно ожидать, могут сталкиваться транспортные средства.

23. По мнению некоторых наблюдателей, для доказательства того, что характеристики безопасности АТС значительно превышают характеристики безопасности водителя-человека, АТС должны проехать миллиарды миль по реальным дорогам и столкнуться с большим количеством ситуаций, ни разу не оказавшись в аварии (Kalra & Paddock, 2016). Валидация безопасности с помощью подобных испытаний будет неэффективной с точки зрения финансовых и временных затрат, а

кроме того, в дальнейшем такие испытания будет невозможно повторить. Поскольку валидация АТС должна проводиться в разных ситуациях дорожной обстановки, следует рассматривать различные сценарии дорожного движения.

24. Основанный на сценариях подход помогает планомерно организовать процесс валидации безопасности таким образом, чтобы он отличался эффективностью, объективностью, повторяемостью и масштабируемостью; а кроме того, такой подход является важнейшим элементом НМОИ, призванным обеспечить целостный и подробный охват разных ситуаций дорожной обстановки.

25. Процесс валидации на основе сценариев заключается в воспроизведении определенных реальных ситуаций, в которых проверяются возможности безопасной эксплуатации транспортного средства, оснащенного АСВ.

В. Что такое сценарий дорожного движения?

26. Сценарий — это описание одной или нескольких реальных ситуаций дорожной обстановки, которые могут возникнуть во время поездки. Сценарии для использования в рамках компонентов НМОИ будут разрабатываться подгруппой 1. Сценарий может включать множество элементов, таких как схема проезжей части, типы участников дорожного движения, объекты, характеризующиеся статическими свойствами или демонстрирующие разнообразные типы динамического поведения, а также различные условия окружающей среды (в числе прочих факторов).

Примечание: Поездка — это прохождение транспортным средством всего пути следования от пункта отправления до пункта назначения.

27. Как уже отмечалось выше, сценарии могут использоваться применительно к разным методам испытаний, например для виртуальных испытаний/имитационного моделирования, испытаний на треке и испытаний в реальных условиях. В совокупности эти методы формируют многоаспектную систему испытаний, где каждый из методов характеризуется определенными преимуществами и недостатками. Таким образом, некоторые сценарии будет целесообразнее применять с одними методами испытаний, а не с другими.

28. В дальнейшем НРГ по ВМАД составит каталог сценариев, которые будут применяться для валидации АСВ с использованием компонентов НМОИ по каждому из требований безопасности (установленных НРГ по ФРАВ). Хотя в идеале сценарии должны обеспечивать комплексное отражение ситуации на дорогах общего пользования во всем мире, в действительности каждый сценарий, выбранный для испытания АСВ, должен будет отражать конкретные условия (например, конфигурации дороги или направление движения на заданной полосе), относящиеся к ДШЭ, для работы в котором предназначена АСВ. Сценарии должны будут соответствовать проходящему валидацию компоненту АСВ. Так, компонент АСВ, предназначенный только для использования на автомагистрали, не будет охватываться сценарием, включающим повороты на перекрестках. Кроме того, поскольку АСВ должна будет реагировать на действия других участников дорожного движения, из-за которых авария может стать неизбежной, набор сценариев не следует ограничивать только теми сценариями, в которых АСВ, как ожидается, будет способна предотвратить столкновение. Подготовка сценариев будет завершена в консультации с подгруппами НРГ по ВМАД.

29. Если сценарии, не вошедшие в каталог сценариев, выявлены и признаны необходимыми, их следует включить в каталог сценариев.

30. Предполагается, что в каталоге сценариев будут содержаться признаки всех сценариев, соответствующих относящимся к ним атрибутам ДШЭ (с использованием стандартизированной таксономии ДШЭ) и поведенческим компетенциям.

С. Выявление сценариев

31. Для проведения эффективной валидации АСВ методы валидации на основе сценариев должны опираться на достаточную выборку/диапазон актуальных, критических и сложных сценариев. Существует целый ряд подходов к выбору сценариев для валидации безопасности АТС. Например, выбор сценариев можно осуществлять исходя из:

- a) анализа поведения водителя-человека, включая оценку реальных данных о вождении;
- b) анализа данных о столкновениях, например баз данных правоохранительных органов и страховых компаний;
- c) анализа закономерностей дорожного движения в конкретных доменах штатной эксплуатации (ДШЭ) (например, посредством регистрации и анализа поведения участников дорожного движения на перекрестках);
- d) анализа данных, получаемых от датчиков АСВ (например, акселерометра, камеры, радара и системы глобального позиционирования);
- e) использования транспортного средства, оснащенного специальным измерительным оборудованием, контрольно-измерительной аппаратуры на местах, измерений с помощью дронов и т. д. для сбора различных данных о дорожном движении (включая движение других участников дорожного движения);
- f) знаний/опыта, приобретенных в ходе разработки АСВ;
- g) искусственных сценариев, сгенерированных на основе вариаций ключевых параметров; и
- h) искусственных сценариев, основанных на требованиях к функциональной безопасности и безопасности предполагаемого функционала.

32. «Охват» каталога сценариев, который означает число рассмотренных случаев по отношению к общему числу случаев, является важным аспектом для оценки эффективности каталога сценариев. Поэтому с точки зрения полноты каталога сценариев важно обеспечить, чтобы каталог сценариев включал сценарии, достаточные для учета условий в широком диапазоне охватываемых ДШЭ (например, конфигурации городских дорог, автомагистралей и сельских дорог; различные метеорологические элементы и т. д.), а с точки зрения достоверности применяемой к АСВ валидации на основе сценариев — чтобы сценарии, относящиеся к ДШЭ данной АСВ, включали точное и широкое отражение связанных с ДШЭ реальных условий дорожного движения, возникновения которых можно разумно ожидать в ДШЭ.

33. В каталог сценариев следует включить небезопасное поведение других участников дорожного движения (например, транспортное средство, движущееся в противоположном направлении, или внезапный переход через дорогу), если его можно разумно предвидеть. Это не означает, что удастся избежать всех столкновений, поскольку требования к АСВ зависят от ситуации и требуемого уровня безопасности.

34. Следует соблюдать сценарии, характерные для конкретных стран, которые в долгосрочной перспективе необходимо будет включить в каталог сценариев.

35. Непрерывный сбор реальных данных важен для выявления неожиданных сценариев, т. е. таких сценариев, которые могут представлять собой особую сложность для АСВ конкретного транспортного средства.

36. После того как будет определен широкий спектр сценариев, с помощью методов виртуальных испытаний, испытаний на треке и испытаний в реальных условиях можно проводить проверку и валидацию в отношении конкретных требований. Для того чтобы определить соответствующие сценарии, можно использовать ДШЭ и поведенческие компетенции.

D. Классификация сценариев

37. Объем содержащейся в сценариях информации может быть весьма обширным. Например, описание сценария может содержать сведения о широком наборе различных действий, характеристик и элементов, таких как объекты (например, транспортные средства и пешеходы), дороги и окружающие условия, а также заранее спланированный порядок развития сценария и основные события, которые должны при этом происходить. Поэтому для описания сценариев крайне важно разработать унифицированный и структурированный язык, чтобы заинтересованные стороны, связанные с АТС, понимали замысел сценария, цели всех участвующих сторон и возможности АСВ. Одним из инструментов для создания единого языка описания сценария является шаблон, который обеспечивает согласованность информации, включаемой в сценарий, и сводит к минимуму возможность путаницы при ее интерпретации.

38. Один из выработанных исследователями подходов (хотя он и не является шаблоном) для описания сценариев с различными уровнями абстрагирования/детализации заключается в их разделении на три категории: функциональные, логические и конкретные сценарии.

а) Функциональный сценарий: сценарии с самым высоким уровнем абстрагирования, содержащие описание основной концепции сценария, например базовое описание действий испытуемого транспортного средства, взаимодействия испытуемого транспортного средства с другими участниками дорожного движения и объектами, геометрических параметров проезжей части, а также других элементов сценария (например, окружающих условий и т. д.). В рамках данного подхода используются простые формулировки, с помощью которых описывается ситуация и соответствующие ей элементы. Для каталога сценариев такой доступный (т. е. естественный и нетехнический) язык необходимо унифицировать, чтобы обеспечить общее понимание сценариев различными заинтересованными сторонами, связанными с АТС.

б) Логический сценарий: на основе элементов, определенных в рамках функционального сценария, разработчики создают логический сценарий, выбирая диапазоны значений или распределения вероятностей для каждого элемента внутри сценария (например, возможные значения ширины полосы движения в метрах). Описание логических сценариев охватывает все элементы и технические требования, необходимые для работы системы, реализующей такие сценарии.

в) Конкретные сценарии: конкретные сценарии создаются посредством выбора конкретных значений для каждого из элементов. Этот шаг позволяет обеспечить воспроизводимость конкретного сценария испытания. Кроме того, для каждого логического сценария с набором непрерывных диапазонов может быть разработано любое количество конкретных сценариев, благодаря чему обеспечивается проведение испытаний транспортного средства в условиях воздействия широкого спектра ситуаций.

г) Примеры функциональных, логических и конкретных сценариев приводятся на рис. 1.

Рис. 1

Примеры сценариев на разных этапах их разработки (Pegasus, 2018)

Functional scenarios	Logical scenarios	Concrete scenarios
<u>Base road network:</u> three-lane motorway in a curve, 100 km/h speed limit indicated by traffic signs	<u>Base road network:</u> Lane width [2.3..3.5] m Curve radius [0.6..0.9] km Position traffic sign [0..200] m	<u>Base road network:</u> Lane width [3.2] m Curve radius [0.7] km Position traffic sign [150] m
<u>Stationary objects:</u> -	<u>Stationary objects:</u> -	<u>Stationary objects:</u> -
<u>Moveable objects:</u> Ego vehicle, traffic jam; Interaction: Ego in maneuver „approaching“ on the middle lane, traffic jam moves slowly	<u>Moveable objects:</u> End of traffic jam [10..200] m Traffic jam speed [0..30] km/h Ego distance [50..300] m Ego speed [80..130] km/h	<u>Moveable objects:</u> End of traffic jam 40 m Traffic jam speed 30 km/h Ego distance 200 m Ego speed 100 km/h
<u>Environment:</u> Summer, rain	<u>Environment:</u> Temperature [10..40] °C Droplet size [20..100] µm	<u>Environment:</u> Temperature 20 °C Droplet size 30 µm

Е. Элементы сценариев

39. Сценарии дорожного движения формируются путем комбинирования ряда соответствующих элементов, относящихся к различным слоям, которые позволяют системно описать все пространство сценариев.

40. В приложении 2 приводятся функциональные сценарии для применения в случае автомагистралей с разделительной полосой. Настоящий документ следует рассматривать как материал для обсуждения, т. е. как документ, который будет обновляться с учетом продолжающихся дискуссий и который не является окончательным вариантом.

Примечание: После функциональных сценариев естественно перейти на более низкий уровень абстрагирования, поэтому предполагается, что в приложение 2 будут также включены некоторые логические сценарии и/или некоторые возможные способы их описания, согласованные в ходе продолжающихся обсуждений.

Е. Использование сценариев и вопросы, связанные с испытаниями

41. Может быть оправдана случайная выборка среди сценариев, относящихся к конкретной АСВ и ее ДШЭ, с целью избежать переобучения. Хотя с точки зрения достоверности предпочтительным является большее количество случайно выбранных случаев, следует в разумной степени учитывать нагрузку на изготовителей и компетентные органы (например, на техническую службу).

42. Каталог сценариев необязательно должен являться исчерпывающим, и компетентным органам может потребоваться рассмотреть дополнительные сценарии, если это необходимо для валидации безопасности функции АСВ. Такое решение может быть основано на ДШЭ и поведенческих компетенциях валидируемой АСВ. Например, если функция АСВ разрабатывается в рамках ДШЭ, не охваченного каталогом сценариев, или с характеристиками, не охваченными каталогом сценариев, необходимо рассмотреть дополнительные сценарии, чтобы обеспечить соответствие сценариев тому ДШЭ и тем характеристикам, которые будут проходить испытания.

VI. Имитационное моделирование/виртуальные испытания

A. Общие термины

43. В данном разделе используются следующие термины.

a) «*Абстрагирование*» означает процесс выбора существенных аспектов исходной или эталонной системы, которые должны быть отражены в модели или учтены при имитационном моделировании, при этом несущественные аспекты игнорируются. Любое абстрагирование, связанное с моделированием, выполняется исходя из предположения о том, что оно не окажет значительного влияния на предполагаемое использование инструмента имитационного моделирования.

b) «*Испытание по схеме замкнутого контура*» означает виртуальную среду, в которой учитывается поведение элемента, включенного в контур. Моделируемые объекты реагируют на поведение системы (например, если система взаимодействует с моделью дорожного движения).

c) «*Детерминированная*» — это термин, описывающий систему, изменение состояния которой с течением времени может быть точно предсказано, при этом конкретный набор входных стимулов всегда будет давать один и тот же выход системы.

d) «*Водитель в контуре управления (DIL)*» означает режим, который обычно применяется на симуляторе вождения для испытания конструкции, связанной со взаимодействием человека и системы автоматического управления. Режим DIL содержит компоненты, позволяющие водителю осуществлять управление и взаимодействовать с виртуальной средой.

e) «*Аппаратные средства в контуре управления (HIL)*» означает режим, в котором конечное оборудование конкретной подсистемы транспортного средства, на котором функционирует конечное программное обеспечение, а также вход и выход подключены к среде моделирования для проведения виртуальных испытаний. Испытания в режиме HIL позволяют воспроизводить датчики, приводы и механические компоненты таким образом, чтобы обеспечить подключение всех входов/выходов испытываемых электронных блоков управления (ЭБУ) задолго до интеграции конечной системы.

f) «*Модель*» означает описание или представление системы, объекта, явления или процесса.

g) «*Калибровка модели*» означает процесс корректировки числовых значений или параметров моделирования для приведения модели в соответствие с исходным образцом.

h) «*Параметр модели*» означает числовое значение, позволяющее охарактеризовать работу системы. Параметр модели имеет значение, которое не поддается непосредственному наблюдению в реальных условиях, но которое может быть получено на основе собранных в реальных условиях данных (на этапе калибровки модели).

i) «*Модель в контуре управления (MIL)*» означает подход, позволяющий быстро разрабатывать алгоритмы без привлечения специального оборудования. Как правило, на данном уровне разработки используются программные фреймворки высокого уровня абстрагирования, работающие на процессорах общего назначения.

j) «*Испытание по схеме открытого контура*» означает виртуальную среду, в которой не учитывается поведение элемента, включенного в контур (например, если система взаимодействует с записанной дорожной ситуацией).

k) «*Вероятностный*» — это термин, относящийся к недетерминированным событиям, результат которых описывается с использованием степеней вероятности.

l) «*Испытательная площадка или испытательный трек*» означает место для проведения физических испытаний, закрытое для движения транспорта, где можно исследовать характеристики АСВ на реальном транспортном средстве. Участники дорожного движения могут вводиться в испытания с помощью стимулирования датчиков или с использованием устройств-макетов, размещаемых на треке.

m) «*Стимулирование датчика*» означает метод, при котором искусственно сгенерированные сигналы подаются на испытуемый элемент с целью вызвать его срабатывание и получить результат; данный метод необходим для проведения верификации в реальных условиях, для обучения, обслуживания, а также для осуществления исследований и разработок.

n) «*Имитационное моделирование*» означает имитирование реального процесса или изменения системы с течением времени.

o) «*Имитационная модель*» означает модель, входные переменные которой изменяются с течением времени.

p) «*Набор инструментов моделирования*» означает комбинацию инструментов моделирования, которые используются для поддержки валидации АСВ.

q) «*Программа в контуре управления (SIL)*» означает режим, в котором реализация разработанной модели оценивается с помощью процессоров общего назначения. На данном этапе может применяться полная реализация программного обеспечения, весьма близкая к окончательной версии. Испытания в режиме SIL используются для описания методологии испытаний, в рамках которой выполняемые программы (например, алгоритмы) или даже целые стратегии контроллеров испытываются в среде моделирования, что облегчает проведение проверки или испытаний программного обеспечения.

r) «*Стохастический*» — термин, обозначающий процесс, в котором задействована одна или несколько случайных переменных. Данный термин связан со случайностью или вероятностью.

s) «*Валидация имитационной модели*» означает процесс определения того, с какой точностью имитационная модель описывает реальную систему с точки зрения предполагаемого использования инструмента моделирования.

t) «*Транспортное средство в контуре управления (VIL)*» означает смешанный режим, включающий физическое испытуемое транспортное средство в реальных условиях и в условиях виртуальной среды. Данный режим может отражать динамические параметры транспортного средства на том же уровне, что и в реальных условиях, и может применяться на испытательном стенде или на испытательном треке.

u) «*Верификация имитационной модели*» означает процесс определения того, насколько та или иная имитационная модель или инструмент виртуальных испытаний отвечают предъявляемым к ним требованиям и спецификациям, изложенным в концептуальных, математических или других моделях.

v) «*Виртуальное испытание*» означает процесс испытания системы с использованием одной или нескольких имитационных моделей.

В. Введение

a) Имитационное моделирование является мощным инструментом для оценки характеристик АСВ в различных сложных условиях, которые невозможно воспроизвести в ходе обычных физических испытаний. Благодаря использованию имитационных моделей виртуальные испытания играют важнейшую роль в обеспечении всесторонней оценки АСВ. Таким образом, значительная роль, которую виртуальные испытания будут играть в разработке и валидации АСВ, оправдывает их включение в НМОИ в качестве одного из основных компонентов.

b) Несмотря на то что эффективные методы виртуальных испытаний уже существуют и широко используются, задача НМОИ заключается в том, чтобы

проверить наличие возможности получить надежные данные, свидетельствующие о характеристиках безопасности АСВ в реальных физических условиях. Поэтому в данном разделе Основного документа приводится описание инструментов и методов виртуальных испытаний и объясняется, каким образом этот компонент дополняет другие методы испытаний.

С. Виртуальные испытания и имитационное моделирование при разработке и валидации АСВ

44. Виртуальные испытания могут использоваться на различных этапах разработки и валидации АСВ. Виртуальные испытания могут проводиться для всестороннего и эффективного с точки зрения затрат исследования АСВ (или ее части) в широком диапазоне сценариев дорожного движения, относящихся к различным ДШЭ, и для различных дополнительных целей. Использование виртуальных испытаний, в основе которых лежит имитационное моделирование, особенно целесообразно в случае проверки АСВ в критических с точки зрения безопасности сценариях, воспроизведение которых на испытательных треках или дорогах общего пользования затруднено и/или небезопасно.

45. В ходе виртуальных испытаний один или несколько физических элементов, указанных в испытании на основе сценария, заменяются имитационной моделью. Цель такой виртуализации заключается в том, чтобы добиться достаточной степени сходства с реальными физическими элементами. В автомобильной отрасли виртуальные испытания могут использоваться для воспроизведения условий вождения и присутствующих в ней объектов, которые взаимодействуют со всей системой (например, полным автомобилем, оснащенным шинами и функциями АСВ), с отдельной подсистемой (например, приводом или контроллером оборудования) или с отдельным компонентом (например, датчиком).

46. Благодаря такому подходу эксперт может с уверенностью оценить АСВ на основе результатов виртуальных испытаний и валидации, проведенных разработчиком таким образом, чтобы обеспечить гибкость, контролируемость, предсказуемость, повторяемость и эффективность процедуры.

47. Инструментарий имитационного моделирования, используемый для виртуальных испытаний, может дать целый набор различных подходов. В частности, испытания могут проводиться следующим образом:

а) полностью в компьютерной среде (так называемые «испытания с использованием модели или программы в контуре управления», MIL/SIL), когда взаимодействие с моделью задействованных элементов (например, простое представление логической схемы управления АСВ) осуществляется в имитируемой среде; и/или

б) в условиях, когда с виртуальной средой взаимодействует датчик, подсистема или все транспортное средство (испытания в режиме «аппаратное средство в контуре управления» или в режиме «транспортное средство в контуре управления», HIL/VIL). В случае испытаний в режиме VIL транспортное средство может:

i) находиться в лаборатории, где оно будет стоять на месте или двигаться на динамометрическом стенде или на стенде для испытания силового агрегата и будет подключено к модели окружающих условий с помощью проводов или же будет оказываться непосредственное воздействие на его датчики; или

ii) находиться на испытательной площадке, где транспортное средство будет подключено к модели окружающих условий и будет взаимодействовать с виртуальными объектами, физически перемещаясь по испытательному треку;

с) в условиях, когда с подсистемой взаимодействует человек-водитель (испытание в режиме DIL).

48. Взаимодействие между испытуемой системой и окружающей средой может осуществляться по схеме открытого контура или по схеме замкнутого контура.

a) Виртуальные испытания по схеме открытого контура (известные также как «программная или аппаратная переработка», «режим тени» и т. д.) могут проводиться с помощью различных методов, например с помощью метода взаимодействия АСВ с виртуальными ситуациями, собранными на основе реального опыта. В этом случае поведение виртуальных объектов определяется только данными, и коррекция информации под влиянием обратной связи по выходу не осуществляется. Поскольку контроллер открытого контура может изменяться под действием внешних возмущений без уведомления АСВ и/или эксперта, применимость испытаний по схеме открытого контура для валидации АСВ может быть ограниченной.

b) Виртуальные испытания по схеме замкнутого контура включают в себя петлю обратной связи, по которой АСВ непрерывно получает информацию от контроллера замкнутого контура. В таких испытательных системах поведение цифровых объектов может изменяться по-разному в зависимости от поведения испытуемой системы.

49. Выбор схемы испытания — с открытым или замкнутым контуром — может зависеть от таких факторов, как цели виртуального испытания и уровень зрелости испытуемой системы. Ожидается, что для целей валидации АСВ будут в основном использоваться виртуальные испытания по схеме замкнутого контура. Примеры наборов инструментальных средств для виртуальных испытаний приведены в добавлении 1 к приложению III к настоящему документу.

D. Преимущества и недостатки компонента

50. В целом благодаря своей гибкости данный компонент является стандартным методом проведения испытаний при проектировании и валидации транспортных средств. В случае же АСВ — учитывая невозможность проверить поведение автомобиля в реальных условиях во всех возможных ситуациях и при любых изменениях логики вождения — виртуальные испытания становятся незаменимым инструментом для проверки способности автоматизированной системы функционировать в широком диапазоне сценариев дорожного движения. Кроме того, виртуальные испытания могут быть чрезвычайно полезными в качестве альтернативы испытаниям в реальных условиях и на испытательных площадках в случае критических с точки зрения безопасности сценариев дорожного движения.

51. Кроме того, в зависимости от общей стратегии валидации и точности исходных имитационных моделей виртуальные испытания, используемые для валидации АСВ, могут обеспечивать достижение различных целей, а именно:

- a) предоставлять качественную оценку степени уверенности в безопасности всей системы;
- b) напрямую повышать статистическую достоверность в отношении безопасности всей системы (с оговорками);
- c) предоставлять количественные или статистические показатели степени уверенности в отношении характеристик конкретных подсистем или компонентов;
- d) выявлять сложные сценарии для проведения испытаний в реальных условиях (например, испытаний в реальных условиях и испытаний на треке, описанных в главах 7 и 8 настоящего документа).

52. Несмотря на все потенциальные преимущества данного подхода, у него имеется недостаток, связанный с присущей ему ограниченной достоверностью. Поскольку модели способны описывать реальность лишь в общих чертах, необходимо тщательно оценивать целесообразность использования той или иной модели для удовлетворительной замены реальных условий при валидации безопасности АСВ. Поэтому для определения возможности переноса результатов и их надежности по сравнению с характеристиками работы в реальных условиях крайне важно проводить валидацию имитационных моделей, используемых в виртуальных испытаниях.

53. Один из методов оценки точности инструментов виртуальных испытаний заключается в сопоставлении характеристик АСВ в условиях виртуальных испытаний с ее характеристиками в реальных условиях при реализации одного и того же сценария. С учетом большого количества сценариев, которые могут быть реализованы в рамках виртуальных испытаний, по сравнению с испытаниями на треке валидацию, скорее всего, понадобится проводить с использованием меньшего, но все же достаточно репрезентативного подмножества соответствующих сценариев, чтобы доказать обоснованность любой экстраполяции, выходящей за пределы используемых для валидации сценариев.

54. В таблице 1 кратко описаны основные преимущества и недостатки, связанные с использованием изготовителем виртуальных испытаний для демонстрации уровня безопасности.

Таблица 1

Преимущества и недостатки компонента, связанного с виртуальными испытаниями

<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Контролируемость: виртуальные испытания дают непревзойденные возможности в плане контроля многочисленных параметров испытания. • Гибкость: виртуальные испытания позволяют сразу же производить переоценку изменений в системе. • Эффективность: виртуальные испытания в режимах MIL и SIL могут проводиться быстрее, чем в реальных условиях, благодаря чему за относительно короткий промежуток времени можно одновременно завершить несколько испытаний. • Экономическая эффективность при проведении испытаний: несмотря на инвестиции, необходимые для разработки, валидации и обслуживания инструментов для виртуальных испытаний, текущие расходы, связанные с их использованием, значительно ниже, чем текущие расходы на физические испытания. • Широкий охват сценариев: по сравнению с другими методами испытаний виртуальные испытания позволяют анализировать более широкий спектр критических с точки зрения безопасности сценариев. Правильно комбинируя параметры экспериментов, можно, например, сократить пространство известных неизвестных, а также, насколько это возможно, пространство неизвестных неизвестных (включая влияние отказов системы). • Сбор и анализ данных: виртуальные испытания обеспечивают удобную и безотказную платформу для сбора данных и анализа характеристик АСВ. После проверки эти данные могут значительно облегчать оценку риска, связанного с АСВ. • Повторяемость и воспроизводимость: имитационное моделирование позволяет повторно проводить одно и то же виртуальное испытание без отклонений, вызванных стохастическими явлениями. Таким образом, сбои в работе АСВ в любой момент времени могут быть идентичным образом воспроизведены. 	<ul style="list-style-type: none"> • Более низкая степень достоверности/надежности в отношении условий окружающей среды: в случае моделей трудно и, скорее всего, невозможно полностью воспроизвести условия окружающей среды, реакции, а также поведение транспортного средства, других участников дорожного движения и т. д. в реальных условиях. Кроме того, в процессе валидации невозможно доказать достоверность имитационной модели для всех возможных сценариев. • Риск чрезмерной уверенности в системе. Без надлежащего учета внутренних ограничений моделей возникает опасность того, что результатам виртуальных испытаний будет придаваться слишком большое значение без достаточного подтверждения их достоверности по результатам физических испытаний. • Дороговизна жизненного цикла программного обеспечения. Обеспечение готовности имитационной модели для виртуальных испытаний требует охвата нескольких аспектов жизненного цикла программного обеспечения, что может быть сопряжено с большими финансовыми и временными затратами.

Е. Зрелость компонента

55. Виртуальные испытания — постоянно развивающийся метод проведения испытаний. Несмотря на то что во многих отношениях этот метод уже демонстрирует зрелость и широко используется в процессах проектирования и разработки, надежность и достоверность каждого из вариантов осуществления этого инструмента в реальных условиях еще только предстоит определить. Хотя виртуальные испытания могут использоваться как изготовителями в процессе разработки и валидации АСВ, так и компетентными органами в процессе сертификации АСВ, о зрелости данного инструмента можно говорить только в контексте его использования изготовителями транспортных средств. Что касается использования виртуальных испытаний в процессе сертификации, то для определения соответствующих требований необходимо провести дополнительную работу. Темы, которые понадобятся рассмотреть, включают, например, требования к валидации. Необходимо продемонстрировать, что инструменты имитационного моделирования, используемые для виртуальных испытаний, обеспечивают точное описание реальной системы для целей эксперимента. По этой причине в приложении III к настоящему документу и в его соответствующих добавлениях описывается система оценки достоверности, разработанная для подтверждения технической пригодности набора инструментальных средств виртуальных испытаний для валидации требований безопасности АСВ.

56. Еще одна область исследований, касающаяся будущего применения виртуальных испытаний в процессе сертификации АСВ, связана с появлением у компетентных органов возможности создавать и поддерживать согласованную и унифицированную среду моделирования, которая позволит изготовителям «подключать» подлежащую валидации систему (либо в виде физической системы, либо в виде модели/программы) с целью продемонстрировать ее соответствие требованиям безопасности, определенным в законодательстве.

57. Поскольку в настоящее время в этой области ведутся исследования и работы по стандартизации, в краткосрочной перспективе применение виртуальных испытаний может быть разрешено только с использованием инструментов имитационного моделирования, разрабатываемых и обслуживаемых изготовителями транспортных средств или разработчиками АСВ. Ввиду того что конструкция АСВ зависит от стратегий валидации и верификации, реализуемых изготовителями, они должны быть не предметом регулирования или стандартизации, а должны описываться и документироваться изготовителями АСВ/транспортных средств, при этом используемые ими стратегии верификации и валидации должны подвергаться обзору в процессе сертификации. В этой связи предполагается, что предоставляемые изготовителями документы и данные должны быть предметом согласования.

Ф. Связь между виртуальными испытаниями и другими методами испытаний

58. Виртуальные испытания будут тесно связаны со всеми компонентами НМОИ. В частности:

а) Виртуальные испытания позволяют расширить сферу охвата физических испытаний, чтобы учесть все разнообразие дорожного движения. Преимущества виртуального испытания заключаются в том, что этот метод позволяет без лишних затрат провести оценку эксплуатационных характеристик по целому ряду переменных и наборов сценариев. Виртуальные испытания позволяют дополнить результаты ограниченных физических испытаний поддающимися верификации данными, которые охватывают различные варианты сценариев физических испытаний. Использование виртуальных испытаний позволяет охватить критические с точки зрения безопасности сценарии на уровне их логического абстрагирования и удостовериться в том, что АСВ будет функционировать согласно изначальному замыслу во всех диапазонах параметров. Эти преимущества метода позволяют уменьшить бремя, связанное с физическими испытаниями (компенсируя при этом их

недостатки), и повысить эффективность общей оценки по всем компонентам. Кроме того, виртуальные испытания можно эффективно использовать для выявления и охвата пограничных случаев и других маловероятных сценариев в целях повышения степени уверенности в эксплуатационных характеристиках.

b) Виртуальные испытания могут сыграть важную роль в разработке требований к характеристикам и сценариев дорожного движения. Виртуальные испытания позволяют также оценить пределы эксплуатационных характеристик АСВ, что дает возможность точно провести границу между предотвращением столкновения и смягчением последствий аварии. Благодаря применению методов рандомизации и комбинирования виртуальные испытания позволяют разработчикам или экспертам подвергать АСВ испытаниям в условиях неожиданных и незапланированных сценариев и тем самым способствуют повышению степени уверенности в характеристиках, которые АСВ демонстрируют в случае маловероятных событий.

c) Виртуальные испытания будут одним из ключевых элементов оценки по результатам проверки. Существенным элементом, подлежащим проверке, являются результаты виртуальных испытаний, полученные как на этапе разработки транспортного средства, так и на этапе верификации и валидации. Изготовители должны предоставить свидетельства и документы, касающиеся проведения виртуальных испытаний и утверждения инструментов для исходного имитационного моделирования.

d) Испытания в реальных условиях могут помочь в создании реалистичных имитационных моделей и в определении их точности:

i) реальные данные для валидации моделей транспортных средств и их компонентов: данные о транспортных средствах и данные, измеренные с помощью датчиков транспортных средств, являются важным источником для количественной оценки и доказательства точности моделей (например, моделей динамических параметров транспортного средства или моделей датчиков);

ii) реальные данные для моделирования дорожного движения: при создании новых сценариев необходимо обеспечить реалистичность поведения участников дорожного движения, с тем чтобы среда моделирования оставалась конструктивной и репрезентативной.

e) Виртуальные испытания могут сыграть важную роль в реагировании на проблемы, выявляемые в ходе мониторинга характеристик АСВ на этапе эксплуатации. Виртуальные испытания обеспечивают проведение быстрого и гибкого анализа реальных событий, целью которого является верификация характеристик работы АСВ в каждом из таких событий и при необходимости поддержка модификаций, направленных на улучшение характеристик. Описания сценариев можно быстро распространять по всему миру и включать в протоколы виртуальных испытаний. Различные виды виртуальных испытаний, в том числе методы на основе режима НІL, которые весьма похожи на физические испытания, обеспечивают надежное и быстрое принятие ответных мер.

G. Использование компонента для оценки требований к безопасности АСВ

59. Виртуальные испытания с использованием утвержденных инструментов имитационного моделирования можно использовать для оценки соответствия АСВ требованиям безопасности. С учетом категорий требований безопасности, которые рассматриваются в настоящее время, виртуальные испытания представляются особенно актуальными для оценки требований, связанных со следующими аспектами:

a) АСВ должны обеспечивать безопасное вождение и функционирование в критических с точки зрения безопасности ситуациях. В отношении именно этих требований виртуальные испытания могут сыграть наиболее заметную роль. Виртуальные испытания в режимах МІL/SІL, НІL и VІL могут быть использованы для

оценки соответствия этим требованиям на различных этапах верификации и валидации транспортного средства.

b) АСВ должны обеспечивать безопасное взаимодействие с пользователем. Виртуальные испытания в режиме DiL могут быть целесообразны с точки зрения поддержки оценки по данной категории требований безопасности путем анализа взаимодействия между водителем и АСВ в безопасной и контролируемой среде.

c) АСВ должны обеспечивать безопасное функционирование в режимах отказа, а также безопасное рабочее состояние. Применение виртуальных испытаний для этих двух категорий требований также представляется весьма перспективным, однако для этого, вероятно, потребуется проведение дополнительных исследований. Виртуальные испытания в режиме SiL могут включать моделирование отказов и запросов на техническое обслуживание. Виртуальные испытания в режимах HiL и ViL могут применяться для оценки того, как система будет реагировать на возникновение настоящей неисправности, вызванной в реальной системе.

VII. Испытания на треке

A. Цель

60. Испытания на треке проводятся на закрытой для доступа испытательной площадке, где реальные препятствия и их заменители (например, мишени для столкновения с транспортным средством) используются для оценки соответствия АСВ требованиям безопасности АСВ (например, в отношении человеческого фактора, системы безопасности). Данный метод позволяет проводить испытания физических транспортных средств по ограниченному набору реалистичных сценариев (основанных на геометрических параметрах испытательного трека, размерах, габаритах и ДШЭ) для оценки либо подсистем, либо полностью собранной системы. Эти входные данные и внешние условия можно контролировать или измерять во время испытания.

61. Помимо того, что данный метод испытаний обеспечивает более высокий по сравнению с имитационным моделированием уровень достоверности в отношении окружающей среды, он также дает возможность проводить испытания транспортного средства в более безопасных условиях по сравнению с тем уровнем опасности, который может быть связан с испытаниями в реальных условиях. Вместе с тем работа на испытательных треках может быть весьма ресурсоемкой, и поэтому испытания на треке проводятся на основе выборки известных критических сценариев. В таблице 2 ниже представлена более подробная информация о преимуществах и недостатках, присущих данному методу испытаний.

62. Применение испытаний на треке может быть более целесообразным для оценки возможностей АСВ с использованием дискретного числа штатных сценариев и критических сценариев. Такие же испытания могут использоваться для верификации характеристик транспортных средств, касающихся человеческого фактора или аварийных режимов при реализации таких же сценариев.

Таблица 2

Преимущества и недостатки компонента, связанного с испытаниями на треке

<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Контролируемость: испытания на треке позволяют контролировать большое число элементов испытания, включая некоторые аспекты ДШЭ. • Достоверность: в испытаниях на треке используются транспортные средства, оснащенные работающими физическими АСВ, а также реалистичные препятствия и условия окружающей среды. • Воспроизводимость: сценарии испытаний на треке могут быть воспроизведены в разных местах разными организациями, проводящими испытания. • Повторяемость: испытания на треке позволяют проводить несколько одинаковых прогонов с одними и теми же входными данными и начальными условиями. • Эффективность: по сравнению с испытаниями в реальных условиях в испытаниях на закрытом треке можно ускорить наступление известных редких событий или реализацию критических с точки зрения безопасности сценариев путем их целенаправленного выбора в рамках специально разработанных сценариев испытаний. Испытания же в условиях дорожного движения могут, наоборот, оказаться неэффективными в случае испытаний, касающихся случайных проявлений. • Испытания на треке могут использоваться для валидации качества инструментов моделирования посредством сравнения характеристик АСВ по результатам имитационных испытаний и по результатам испытаний на треке при реализации одних и тех же сценариев. 	<ul style="list-style-type: none"> • Значительные временные затраты: для проведения испытаний на треке может потребоваться значительное количество времени. • Дороговизна: для проведения испытаний на треке может потребоваться значительное число сотрудников и специализированное испытательное оборудование (в частности, объекты, представляющие собой препятствия, измерительные приборы, водитель, обеспечивающий безопасность). • Ограниченная вариативность: инфраструктуру и условия центра для проведения испытаний на треке может быть трудно изменить для отражения широкого разнообразия элементов испытаний (например, условий ДШЭ). Ограничения связаны с геометрическими параметрами испытательных центров, размерами, габаритами, а также такими обусловленными ДШЭ ограничениями, как погодные условия, время суток, количество и тип других участников дорожного движения. • Риски с точки зрения безопасности: испытания на треке с использованием физических транспортных средств и реальных препятствий представляют собой потенциально неопределенную и опасную среду для участников испытаний (например, для водителя, обеспечивающего безопасность, и наблюдателей эксперимента). • Репрезентативность, даже несмотря на большую достоверность. Хотя возможно включение в испытания таких объектов, как пешеходы, по соображениям безопасности функцию пешеходов, как правило, не могут исполнять живые люди, и воспроизвести реальную обстановку и окружающие условия оказывается невозможно.

В. Почему этот компонент следует включить в НМОИ?

63. Согласно пункту 62, а также таблице, в которой перечислены преимущества и недостатки, существует целый ряд причин, по которым испытания на треке следует включить в НМОИ. Например, испытания на треке могут использоваться для оценки характеристик АСВ в штатных и критических сценариях. Кроме того, по сравнению с имитационным моделированием испытания на треке могут обеспечивать более высокий уровень достоверности в том, что касается окружающей среды. В отличие от испытаний в реальных условиях испытания на треке позволяют ускорить наступление известных редких событий или реализацию критических с точки зрения безопасности сценариев.

С. Зрелость компонента

64. Хотя испытания на треке представляют собой зрелый процесс, который используется для оценки соответствия требованиям безопасности некоторых существующих технологий, их применение для испытания транспортных средств, оснащенных АСВ, является довольно новым направлением и может потребовать дальнейших доработок. Сложности, например, могут возникнуть в связи с проработкой конкретных элементов ДШЭ, таких как дождь, туман и снег, для проведения надежных проверок, касающихся взаимодействия АСВ с этими элементами окружающей среды. По этой причине в приложении VII изложен подход, предусмотренный для разработки основных элементов физических испытаний НМОИ, включая испытания на треке.

Д. Каким образом этот компонент взаимодействует с другими компонентами?

65. Информация, полученная в ходе испытаний на треке, может быть также использована для валидации виртуальных испытаний посредством сравнения характеристик АСВ по результатам виртуальных испытаний и испытаний на треке при реализации одних и тех же сценариев. Например, испытания на треке могут использоваться для валидации качества/надежности инструментов виртуальных испытаний посредством сравнения характеристик АСВ по результатам виртуальных испытаний и испытаний на треке при реализации одних и тех же сценариев.

VIII. Испытания в реальных условиях

А. Цель

66. Испытания в реальных условиях проводятся на дорогах общего пользования в целях проверки в условиях реального дорожного движения возможностей транспортного средства, оснащенного автоматизированной системой вождения (АСВ), и его соответствия требованиям безопасности (например, в отношении человеческого фактора, системы безопасности).

67. Данный метод позволяет подвергать АСВ испытаниям под воздействием широкого спектра реальных условий, относящихся к ДШЭ. Существуют различные подходы к проведению испытаний в реальных условиях. Например, испытания могут проводиться в рамках конкретного ДШЭ (например, движение по автомагистралям) с водителем, обеспечивающим безопасность, который контролирует/обеспечивает безопасность работы АСВ.

68. Испытания в реальных условиях могут быть использованы для оценки характеристик АСВ по таким аспектам, которые связаны с ее способностью осуществлять управление транспортным средством в условиях реального дорожного движения; например плавность движения, способность функционировать в условиях плотного потока, взаимодействие с другими участниками дорожного движения, поддержание движения в потоке, проявление уважения и вежливости по отношению к другим транспортным средствам.

69. Испытания в реальных условиях также могут использоваться для оценки характеристик АСВ в некоторых пограничных ДШЭ (в штатных и сложных сценариях): например, направляет ли система водителю запросы на передачу управления в тех случаях, когда она должна это делать (в частности, при выходе из ДШЭ или при определенных погодных условиях). Те же самые испытания можно использовать для верификации в этих условиях характеристик, связанных с человеческим фактором.

70. Наконец, испытания в условиях дорожного движения можно применять для выявления проблем, которые могут с трудом поддаваться анализу при испытаниях на

треке и моделировании, таких как ограничение качества восприятия (например, из-за условий освещения, дождя и т. д.).

71. Несмотря на то что в ходе испытаний в реальных условиях невозможно проверить все сценарии дорожного движения, вероятность охвата отдельных сложных сценариев можно повысить путем выбора определенного типа ДШЭ (например, автомагистрали) и анализа времени и места обычного наблюдения определенных элементов (например, движения с высокой или низкой плотностью потока).

72. Отдельные нарушения, выявленные в ходе испытаний в реальных условиях, позднее могут быть изучены/оценены путем анализа информации/данных с использованием виртуальных испытаний, испытаний на треке и испытаний в реальных условиях. Кроме того, данные испытаний в реальных условиях могут собираться для выявления и регистрации новых сценариев дорожного движения и дальнейшего повышения достоверности методов виртуальных испытаний и испытаний на треке в том, что касается воспроизведения условий окружающей среды.

73. В таблице 3 ниже представлена более подробная информация о преимуществах и недостатках, присущих данному методу испытаний.

Таблица 3

Преимущества и недостатки компонента, связанного с испытаниями в реальных условиях

<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
<ul style="list-style-type: none"> Высокая достоверность окружающей среды: данный компонент позволяет проводить валидацию транспортного средства в рамках предполагаемых ДШЭ и в различных условиях, которые могут в них наблюдаться. Может использоваться для испытаний с такими элементами сценария, как погода и инфраструктура (например, мосты и туннели), которые недоступны в испытаниях на треке. Испытания в реальных условиях могут использоваться для валидации результатов имитационного моделирования и испытаний на треке посредством сравнения характеристик АСВ по результатам имитационного моделирования и испытаний на треке с характеристиками АСВ в реальных условиях при реализации одних и тех же сценариев. Может использоваться для оценки характеристик АСВ по аспектам, которые связаны со взаимодействием с другими участниками дорожного движения; например поддержание движения в потоке, проявления уважения и вежливости по отношению к другим транспортным средствам. Позволяет осуществлять валидацию модели, отдельной программы и набора инструментов. 	<ul style="list-style-type: none"> Ограниченная контролируемость: в рамках сценариев для дорог общего пользования степень контроля за условиями ДШЭ ограничена. Ограниченная воспроизводимость: сценарии, связанные с дорогами общего пользования, с трудом поддаются воспроизведению в других местах. Ограниченная повторяемость: сценарии, связанные с дорогами общего пользования, с трудом поддаются точному воспроизведению в течение нескольких прогонов. Ограниченная масштабируемость: сценарии, связанные с дорогами общего пользования, не поддаются масштабированию в достаточной степени. Дороговизна (однако не до такой степени, как испытания на треке): требуется некоторый объем ресурсов, и метод сопряжен с временными затратами. Потенциальное влияние на работу органов, отвечающих за дорожное движение и безопасность. Компетентные органы могут столкнуться с необходимостью развития новых компетенций. Риски с точки зрения безопасности: испытания в условиях дорожного движения могут подвергать персонал, проводящий испытания, и других граждан воздействию значительных рисков, связанных с небезопасным поведением.

В. Почему этот компонент следует включить в НМОИ?

74. Испытания в реальных условиях дают возможность проводить валидацию безопасности АСВ в реальных условиях эксплуатации, о чем подробно говорится в пунктах 68, 69 и 70.

С. Зрелость компонента

75. Испытания в реальных условиях регулярно проводятся для оценки поведения водителей-людей. Однако применение этой методики испытаний для проверки характеристик АСВ может быть сопряжено с некоторыми новыми проблемами. В этом отношении можно опереться на опыт, накопленный в рамках других схем испытания транспортных средств в реальных условиях, таких как испытания на выбросы в реальных условиях вождения (ВРУВ) и наблюдение за рынком. По этой причине в приложении VII изложен подход, предусмотренный для разработки основных элементов физических испытаний НМОИ, включая испытания в реальных условиях.

Д. Каким образом этот компонент взаимодействует с другими компонентами?

76. Испытания в реальных условиях могут использоваться для валидации правильности моделирования части среды для виртуальных испытаний и/или испытаний на треке посредством сравнения характеристик АСВ по результатам имитационного моделирования и испытаний на треке с характеристиками АСВ в реальных условиях при реализации одних и тех же сценариев.

77. Кроме того, данный метод может быть использован для выявления новых сценариев дорожного движения для виртуальных испытаний и испытаний на треке, позволяя таким образом выявлять пограничные случаи и другие факторы уязвимости, связанные с неизвестными угрозами, которые могут представлять проблему для АСВ. Информация, полученная в ходе испытаний в реальных условиях, также может быть использована для анализа опасностей и рисков и для проектирования систем АСВ.

IX. Проверка

А. Цель

78. Цель компонента, связанного с проверкой, заключается в проведении оценки/демонстрации того, что:

а) изготовитель внедрил в производство процессы, необходимые для обеспечения эксплуатационной и функциональной безопасности в течение всего срока службы транспортного средства;

б) безопасность транспортного средства обеспечивается самой его конструкцией, и эта конструкция прошла надлежащую валидацию перед выпуском на рынок. Результаты валидации должны подтверждаться с помощью мониторинга на этапе эксплуатации.

79. От изготовителя требуется продемонстрировать следующее:

а) были внедрены надежные процессы, обеспечивающие безопасность на протяжении всего срока службы транспортного средства (на этапах разработки, производства, а также эксплуатации на дорогах и вывода из эксплуатации). Они включают в себя надлежащие меры по мониторингу транспортных средств, находящихся в эксплуатации, и осуществление по мере необходимости надлежащих действий;

b) связанные с системой опасности и угрозы были выявлены, и соответствующая концепция обеспечения безопасности благодаря конструкции была внедрена в производство для снижения соответствующих рисков; и

c) оценка рисков и концепция безопасности благодаря конструкции были валидированы изготовителем по результатам испытаний, которые еще до выпуска транспортного средства на рынок показали, что оно отвечает требованиям безопасности и, в частности, что оно не подвергает необоснованным рискам безопасность участников расширенной транспортной экосистемы, а именно водителя, пассажиров и других участников дорожного движения.

В. Почему в НМОИ следует включить компонент, связанный с проверкой?

80. На основании представленных изготовителем фактических данных и целевых испытаний компетентные органы смогут провести проверку и выяснить, являются ли процессы, оценка рисков, конструкция и валидация изготовителя достаточно надежными с точки зрения функциональной и эксплуатационной безопасности.

81. Таким образом, использование этих элементов — оценки рисков, концепции безопасности благодаря конструкции и результатов валидационных испытаний — может служить гораздо более надежной демонстрацией общей безопасности АСВ, чем ограниченное число одних только физических/виртуальных испытаний.

С. Преимущества и недостатки компонента, связанного с проверкой

82. Анализ рисков, концепция безопасности благодаря конструкции, а также методы испытаний для проведения верификации/валидации составляют стандартную методологию разработки, в течение многих лет используемую в автомобилестроении для обеспечения функциональной безопасности электронных систем (отказоустойчивости). Ожидается, что аналогичные методы будут использоваться изготовителями для систематического сведения к минимуму числа небезопасных и неизвестных сценариев для АСВ (эксплуатационная безопасность после сбоев).

83. Что касается оценки безопасности, то инструменты, относящиеся к данному компоненту, будут обеспечивать более надежную демонстрацию безопасности АСВ (охват), чем несколько испытательных прогонов. Предоставляемое изготовителем обоснование безопасности будет приобретать еще больший вес в случае его оценки независимым проверяющим экспертом и подтверждения целенаправленными физическими или виртуальными испытаниями. В ходе прогонов, в частности, необходимо будет показать наличие у транспортного средства минимальных рабочих характеристик при выполнении стандартных маневров (например, штатное удержание в полосе или смена полосы движения), при реализации ключевых критических сценариев (например, экстренное торможение) и в ситуациях, связанных с дорожным движением (например, плавное включение в транспортный поток). На данном этапе еще предстоит решить, должны ли эти испытания быть унифицированными для всех изготовителей в отношении ряда определенных ситуаций или их следует адаптировать в зависимости от результатов оценки риска/конструкции АСВ либо необходимо применять оба подхода.

Д. Зрелость компонента, связанного с проверкой

84. Компонент, связанный с проверкой, уже давно существует в Правилах ООН (например, в Правилах № 79 ООН, касающихся рулевого управления, в Правилах № 13 ООН, касающихся торможения, и в Правилах № 152 ООН, касающихся системы автоматического экстренного торможения (САЭТ)). НРГ по ВМАД также предложила обновленный компонент, связанный с проверкой, для правил, касающихся автоматизированных систем удержания в полосе, который соответствует концепциям,

описанным выше. В новых Правилах № 155 ООН, касающихся кибербезопасности и систем управления кибербезопасностью, также предусмотрено проведение проверок.

85. Анализ рисков, процедуры верификации/валидации и системы управления безопасностью — устоявшаяся практика в отрасли (см. стандарт ISO 26262, касающийся функциональной безопасности в автомобилестроении). Постоянно ведется работа по включению новых рисков, связанных с АСПВ/АСВ, которые касаются, в частности, эксплуатационной безопасности (ISO/PAS 21448, BSI PAS 1880:2020, BSI PAS 1881:2020 (URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/CAV/pas-1881/>) и UL 4600). Аналогичная работа по стандартизации ведется и в области кибербезопасности (ISO/SAE 21434).

86. Следует отметить, что в некоторых Договаривающихся сторонах (например, в Соединенных Штатах Америки и в Канаде) в настоящее время поощряется также публикация добровольных отчетов об оценке безопасности, подготовленных изготовителями.

87. Соответствующие вопросы, касающиеся оценки концепции безопасности конструкции, подробно изложены в приложении IV. Требования к проверке предусмотренной изготовителем системы управления безопасностью подробно изложены в приложении V.

X. Мониторинг и передача данных на этапе эксплуатации

A. Цель

88. В рамках компонента, связанного с мониторингом и передачей данных на этапе эксплуатации, исследуется безопасность находящихся в эксплуатации автоматизированных транспортных средств после их выхода на рынок. На практике применение остальных компонентов НМОИ позволяет оценить, является ли АСВ достаточно безопасной для выпуска на рынок, в то время как мониторинг и передача данных на этапе эксплуатации позволяют собрать на основе реального опыта дополнительные свидетельства для демонстрации того, что в условиях дорожного движения АСВ по-прежнему остается безопасной. В рамках этого компонента рассматривается динамичный характер автомобильного транспорта, с тем чтобы обеспечить уделение внимания вопросам безопасности дорожного движения и постоянное повышение безопасности дорожного движения посредством использования АСВ.

89. Применение этого компонента предусматривает сбор соответствующих данных во время эксплуатации АТС.

90. Три основные задачи мониторинга и передачи данных на этапе эксплуатации заключаются в использовании ретроспективного анализа данных, полученных от изготовителей и других соответствующих источников, для того чтобы:

а) продемонстрировать, что первоначальная оценка безопасности (остаточный риск), полученная на этапе проверки перед выпуском на рынок, подтверждается со временем на основе реального опыта («подтверждение безопасности»);

б) включить в общую базу данных новые важные сценарии, в которых автоматизированные транспортные средства могут оказаться в реальных условиях («создание сценариев»); и

в) выработать рекомендации по безопасности для всех заинтересованных сторон на основе обмена опытом, накопленным в результате основных аварий/происшествий, связанных с безопасностью, чтобы дать возможность всем заинтересованным сторонам извлечь уроки исходя из обратной связи по опыту эксплуатации, способствуя непрерывному совершенствованию как технологии, так и законодательства («рекомендации по безопасности»).

91. Обязанность изготовителей осуществлять мониторинг рабочих характеристик подсистем АСВ «в режиме реального времени» (самопроверка/бортовая диагностика) входит в требования безопасности и не является частью данного компонента. Вместе с тем некоторые механизмы передачи накопленных со временем данных о рабочих характеристиках подсистем АСВ могли бы быть частью первого подпункта, указанного выше, и содействовать мониторингу прогнозируемого ухудшения характеристик безопасности.

92. Процессы, внедренные изготовителем в целях управления безопасностью на этапе эксплуатации (например, для реагирования на изменения, касающиеся правил дорожного движения и инфраструктуры), оцениваются в рамках компонента, связанного с проверкой, и к этому компоненту не относятся. В рамках компонента основное внимание уделяется типу данных, подлежащих мониторингу и передаче.

В. Почему этот компонент следует включить в НМОИ?

93. Каким бы образом ни проводилась оценка безопасности перед выпуском на рынок, фактический уровень безопасности можно будет подтвердить только после того, как в эксплуатацию будет введено достаточное количество транспортных средств и они подвергнутся воздействию достаточно широкого диапазона дорожных условий и условий окружающей среды. Поэтому для подтверждения концепции безопасности благодаря конструкции и для подтверждения валидации, проведенной изготовителем до выпуска на рынок, крайне важно наладить обратную связь (мониторинг парка транспортных средств). Обратная связь по опыту использования, полученная в результате мониторинга на этапе эксплуатации, позволит провести ретроспективную оценку нормативных требований и методов валидации и выявить пробелы и вопросы, требующие рассмотрения.

94. В результате появления на рынке АТС могут возникнуть новые сценарии и новые риски. Поэтому компонент, связанный с мониторингом на этапе эксплуатации, может быть использован для создания новых сценариев для общей базы данных, с тем чтобы охватить эти новые риски с точки зрения безопасности.

95. Наконец, на раннем этапе выхода АСВ на рынок всем заинтересованным сторонам важно извлекать уроки из аварий с участием АТС, с тем чтобы обеспечить возможность быстрого реагирования, появления разработок в области безопасности и последующего предотвращения аварий по аналогичным сценариям с участием любых других АСВ.

С. Преимущества и недостатки компонента

96. Сбор данных на основе опыта эксплуатации представляет собой наиболее реалистичный способ оценки характеристик безопасности АСВ в широком диапазоне условий реального вождения и окружающей среды.

97. Данные, полученные в результате эксплуатации, играют также важную роль в обеспечении обновления базы данных с учетом самых последних сценариев, обусловленных, в частности, ростом использования АСВ.

98. Что касается рекомендаций по безопасности, то изучение данных, полученных на этапе эксплуатации, занимает центральное место в реализации потенциала АСВ, связанного с обеспечением безопасности. Уроки, извлеченные из аварий с участием АСВ, могут привести к появлению разработок в области безопасности и последующему предотвращению аварий по аналогичным сценариям с участием других АСВ. Получение обратной связи по опыту эксплуатации является признанным примером передовой практики в области управления безопасностью в автомобильной отрасли и в других отраслях транспорта (получение обратной связи уже налажено в таких отраслях, как воздушный, железнодорожный и морской транспорт). Собранные в результате эксплуатации данные могут также свидетельствовать о положительном влиянии АСВ на безопасность дорожного движения.

99. Вопросы, связанные с объемами данных, которые необходимо обрабатывать (избыток данных столь же проблематичен, как и их недостаток), отсутствием инструментов для автоматического создания сценариев и определением ответственных лиц, могут накладывать некоторые ограничения. Поэтому в конечном итоге необходимо будет установить пропорциональную, эффективную и единую систему.

100. Должны быть разработаны методы проверки достоверности собранных данных. Необходимо обеспечить возможность сопоставления данных, полученных от разных изготовителей. В связи с этим возникают вопросы относительно того, какие данные будут подлежать сбору и передаче и каким образом эта задача будет решаться (необходимо определить надлежащие критерии передачи данных). Что касается времени, то существует еще одна проблема, связанная со своевременной разработкой механизма мониторинга безопасности на этапе эксплуатации, которая призвана содействовать развитию рынка АТС. При этом следует также принимать во внимание вопросы конфиденциальности данных. Для передачи информации потребуется унифицированный формат, чтобы компетентные органы могли осуществлять ее стандартизованную обработку и чтобы любые результаты были легко доступны или открыты для других компетентных органов для проведения анализа. В зависимости от целей сбора данных могут понадобиться данные разных типов.

101. Автомобильной отрасли необходимо разработать процедуры получения по обратной связи эксплуатационных данных от АТС с учетом большего количества транспортных средств, подлежащих мониторингу, и событий, подлежащих регистрации.

D. Зрелость компонента

102. Мониторинг и передача данных на этапе эксплуатации являются стандартной практикой в отрасли для разработки и совершенствования систем помощи водителю (см. ISO 26262 и SOTIF¹). Такая практика была введена в рамках проверки, предусмотренной в новых Правилах № 157 ООН, касающихся автоматизированной системы удержания в полосе (АСУП). После принятия этих правил возникла необходимость в разработке дополнительных элементов для формирования более комплексного подхода к обмену информацией. Мониторинг и передача данных на этапе эксплуатации в течение уже многих лет имплементируются в рамках законодательства ЕС, касающегося выбросов. Передача данных на этапе эксплуатации была внедрена в США в 1966 году, и в 2000 году эта практика была закреплена в законодательстве США в виде комплексной системы отчетности по вопросам безопасности.

103. Изготовители уже приступили к разработке новых сценариев на основе данных о дорожном движении; для этого осуществляется последующая обработка зарегистрированных элементов данных и изображений (инструменты для полностью автоматического создания сценариев пока еще недоступны).

104. Для некоторых режимов безопасности транспортных средств устоявшейся практикой является оперативный анализ аварий/происшествий, например, на основе анализа данных из регистраторов данных о событиях (РДС), которые устанавливаются на обычных транспортных средствах и собирают необходимую информацию в определенных типах аварийных ситуаций². Стандартные элементы данных для расследования аварий/происшествий, связанных с АСВ, в настоящее время не определены: организациям, участвующим в испытаниях или разработках, рекомендуется на добровольной основе собирать данные, связанные с авариями³. Поскольку внедрение концепции мониторинга на этапе эксплуатации осуществляется

¹ Безопасность заданных функций (ISO/PAS 21448).

² См. часть 563 СФНА-49, Регистраторы данных о событиях. URL: www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2016-title49-vol6/xml/CFR-2016-title49-vol6-part563.xml.

³ NHTSA Voluntary Guidance, URL: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf.

в сфере автомобильной безопасности впервые, а автотранспортными средствами (в отличие от воздушного или железнодорожного сектора), как правило, пользуются обычные граждане, весьма важную роль будут играть практические вопросы, в частности каким образом и какие именно данные необходимо будет собирать (например, нужно ли будет включать данные в том случае, если из-за АСВ сложилась ситуация, едва не приведшая к аварии), что требует обстоятельного обсуждения.

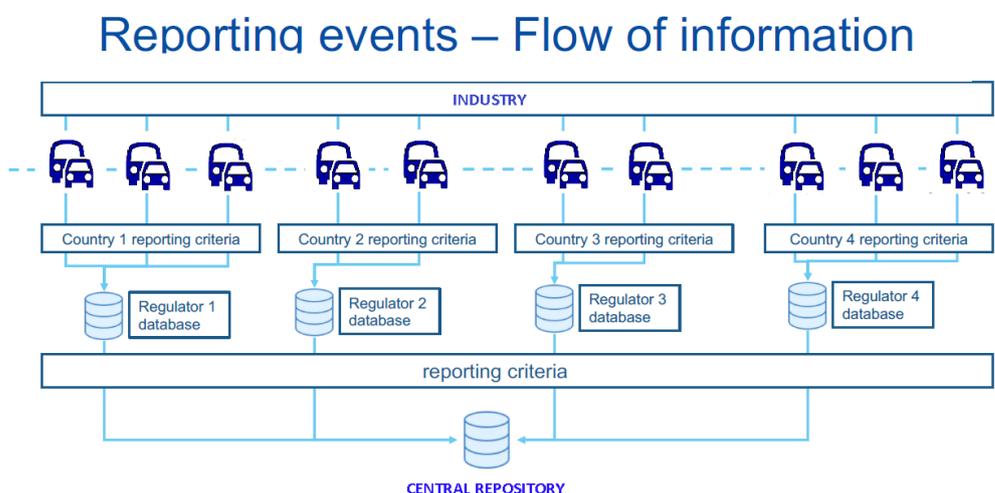
105. Механизмы получения обратной связи по эксплуатационным данным, нацеленные на повышение уровня знаний, уже десятилетиями существуют в других секторах транспорта (см. Европейский координационный центр систем информирования об авариях и инцидентах (ECCAIRS), URL: <http://eccairsportal.jrc.ec.europa.eu/>). Существующие системы информирования о проблемах, касающихся безопасности, в автомобильной отрасли тоже разрабатывались на протяжении десятилетий. Первым шагом должен стать анализ пригодности таких инструментов и для АСВ. Однако основные усилия по-прежнему должны быть направлены на определение общих критериев передачи информации и создание единого хранилища данных. В рамках уже существующих механизмов, которые действуют в других секторах (см., например, рис. 2), изготовители/операторы обрабатывают регистрируемые на этапе эксплуатации данные о событиях, связанных с безопасностью (т. е. об авариях, случаях аварийной обстановки, аномалиях в работе и т. д.), и готовят отчет об аварии (о том, что произошло), который затем передается национальным компетентным органам. После этого национальные компетентные органы проводят анализ аварии (почему это произошло), вырабатывают рекомендации по безопасности (как этого можно избежать) и проводят оценку возможных последствий для существующего законодательства. Затем информация национального уровня регистрируется в:

a) центральном хранилище данных о происшествиях; и

b) центральном хранилище рекомендаций по безопасности. Доступ к данным, размещенным в центральном хранилище, регламентируется в соответствии со строгими правилами и в основном предоставляется только компетентным органам. Рекомендации по безопасности распространяются на международном уровне в соответствии с руководящим принципом, согласно которому проблема безопасности в транспортной отрасли носит глобальный характер и повышение безопасности не должно сдерживаться географическими границами или границами организаций. На всех уровнях необходимо обеспечивать конфиденциальность данных. Другой вариант может заключаться в передаче зарегистрированных данных напрямую компетентным органам, которые затем осуществляют сбор, хранение и последующую обработку информации.

Рис. 2

Передача данных о событиях: поток информации



106. Существует определенная взаимосвязь с работой неофициальной рабочей группы, которая уже занимается разработкой требований к регистрации данных для обычных и автоматизированных транспортных средств (НРГ по СХДАВ/НРГ по РДС⁴), в частности в отношении анализа аварий. Однако мониторинг на этапе эксплуатации как часть метода оценки АСВ преследует иную цель (а именно, подтверждение оценки безопасности, пополнение базы данных сценариев, подробный анализ аварий/происшествий), чем РДС/СХДАВ (реконструкция аварии и установление ответственности в случае нарушения правил дорожного движения).

107. Подробные требования в отношении мониторинга и отчетности на этапе эксплуатации приведены в приложении VI.

XI. Взаимодействие между компонентами/элементами НМОИ

108. Цель НМОИ заключается в проведении оценки безопасности АСВ таким образом, чтобы эта процедура была в максимальной степени повторяемой, объективной и основывалась на фактических свидетельствах, оставаясь при этом технологически нейтральной и достаточно гибкой для того, чтобы стимулировать непрерывные инновации в автомобильной отрасли.

109. Глобальная задача НМОИ заключается в том, чтобы оценить, исходя из требований безопасности, способна ли АСВ справиться с ситуациями, которые могут возникнуть в реальных условиях. Эта задача решается, в частности, путем изучения сценариев, связанных с поведением участников дорожного движения/условиями окружающей среды в рамках сценариев дорожного движения, а также сценариев, связанных с поведением водителя (например, ЧМИ) и отказами АСВ.

110. Как уже отмечалось выше, многокомпонентный подход базируется на том, что безопасность АСВ не может быть предметом надежной оценки/валидации с использованием только одного из компонентов. Каждый из вышеупомянутых методов испытаний имеет свои преимущества и ограничения, которые касаются, например, различий в уровнях контроля окружающих условий, достоверности окружающей среды и масштабируемости.

111. Одного метода оценки или испытания может быть недостаточно для того, чтобы определить, способна ли АСВ справиться со всеми ситуациями, которые могут возникнуть в реальных условиях.

112. Например, несмотря на то что испытания в реальных условиях позволяют обеспечить высокую степень достоверности окружающей среды, основанная на сценариях методология, в рамках которой реализуются только испытания в реальных условиях, может оказаться затратной, времяземкой, трудно воспроизводимой и может быть сопряжена с рисками для безопасности. Поэтому использование испытаний на треке может оказаться более подходящим методом для реализации сценариев, связанных с повышенным риском, без создания потенциальной опасности для других участников дорожного движения. Кроме того, сценарии испытаний легче воспроизводить не в реальных условиях, а на закрытом треке. В то же время сценарии испытаний на треке могут представлять сложность для разработки и реализации, особенно если речь идет о многочисленных или сложных сценариях, включающих различные элементы.

113. В свою очередь имитационное моделирование/виртуальные испытания, наоборот, могут легче поддаваться масштабированию и быть более экономичными, безопасными и эффективными по сравнению с испытаниями на треке и в реальных условиях; при этом они предоставляют испытателю возможность безопасно и легко создавать самые разнообразные сценарии, включая сложные сценарии, требующие анализа большого многообразия элементов. Однако по сравнению с другими методами имитационное моделирование может отличаться более низкой степенью

⁴ НРГ по СХДАВ/РДС, URL: <https://wiki.unece.org/pages/viewpage.action?pageId=87621709>.

достоверности. Качество программного обеспечения для имитационного моделирования также может варьироваться, а сами испытания могут с трудом поддаваться воспроизведению на других платформах для имитационного моделирования.

114. Мониторинг и передача данных на этапе эксплуатации позволяют получить подтверждение оценки безопасности, произведенной перед выпуском на рынок, и заполнить пробел между валидацией безопасности, осуществляемой с помощью виртуальных/физических испытаний, и реальными условиями. Проведение оценки рабочих характеристик на этапе эксплуатации будет также использоваться для включения в базу данных сценариев новых сценариев, обусловленных внедрением все большего числа систем автоматизированного вождения. Наконец, обратная связь на основе опыта эксплуатации может оказать поддержку в проведении ретроспективной оценки нормативных требований.

115. Помимо преимуществ и недостатков, присущих каждому из компонентов испытаний, на выбор используемых компонентов будет влиять характер оцениваемых требований безопасности.

116. Например, наиболее подходящим методом для проведения оценки общей безопасности системы АСВ перед ее выпуском на рынок может стать компонент, связанный с проверкой, в рамках которого применяется систематический подход к анализу рисков. Компонент, связанный с проверкой, может включать такую информацию, как результаты валидации, подтверждающие концепцию безопасности благодаря конструкции, а также анализ данных, собранных изготовителем на этапе эксплуатации.

117. Виртуальные испытания могут быть более подходящими в том случае, когда необходимо варьировать параметры испытаний и осуществлять большое количество прогонов для получения эффективного охвата сценариев (например, для планирования траектории и управления или проведения оценки качества восприятия с помощью предварительно записанных данных от датчиков).

118. Испытания на треке могут быть наиболее подходящими в тех случаях, когда рабочие характеристики АСВ могут оцениваться в рамках дискретного числа физических испытаний, и при этом более высокий уровень достоверности позволит улучшить качество оценки (например, в случае ЧМИ или аварийных режимов, а также в случае критических дорожных ситуаций).

119. Испытания в реальных условиях могут оказаться более подходящими в том случае, когда точное воспроизведение сценария в виртуальном режиме или на испытательном треке невозможно (например, когда взаимодействие с другими участниками дорожного движения и качество восприятия могут оцениваться с помощью оценки, полученной в реальных условиях).

120. Мониторинг и передача «полевых данных» на этапе эксплуатации — это наилучший способ подтверждения на основе опыта эксплуатации характеристик безопасности АСВ в широком диапазоне условий реального вождения и окружающей среды в период после выпуска на рынок.

121. С учетом этих соображений для оценки разных требований безопасности могут использоваться различные последовательности и наборы компонентов испытаний. В некоторых случаях проведение испытаний может следовать логике последовательного перехода от имитационного моделирования к испытаниям на треке и затем к испытаниям в реальных условиях; однако бывают и отклонения от этой схемы в зависимости от конкретных требований безопасности, подлежащих проверке.

122. Поэтому для того, чтобы процесс был эффективным, комплексным и последовательным, необходимо одновременно задействовать все компоненты НМОИ, учитывая их преимущества и недостатки. Методы должны дополнять друг друга, позволяя избежать чрезмерного дублирования или избыточности в целях обеспечения эффективной и действенной стратегии валидации.

123. Как уже отмечалось выше, помимо трех вышеупомянутых методов испытаний, в число компонентов НМОИ входит также проведение сводного анализа (т. е. компонент проверки/оценки/мониторинга/передачи данных на этапе эксплуатации). В то время как методы испытаний направлены на оценку безопасности АСВ, компонент проверки/оценки используется для оценки безопасности АСВ и надежности организационных процессов/стратегий. Элементами проверки являются:

a) оценка надежности системы управления безопасностью;

b) оценка (выявленных) опасностей и рисков для системы;

c) оценка стратегии верификации (т. е. плана и матрицы верификации), описывающей стратегию валидации и комплексное использование основных компонентов для достижения надлежащего охвата;

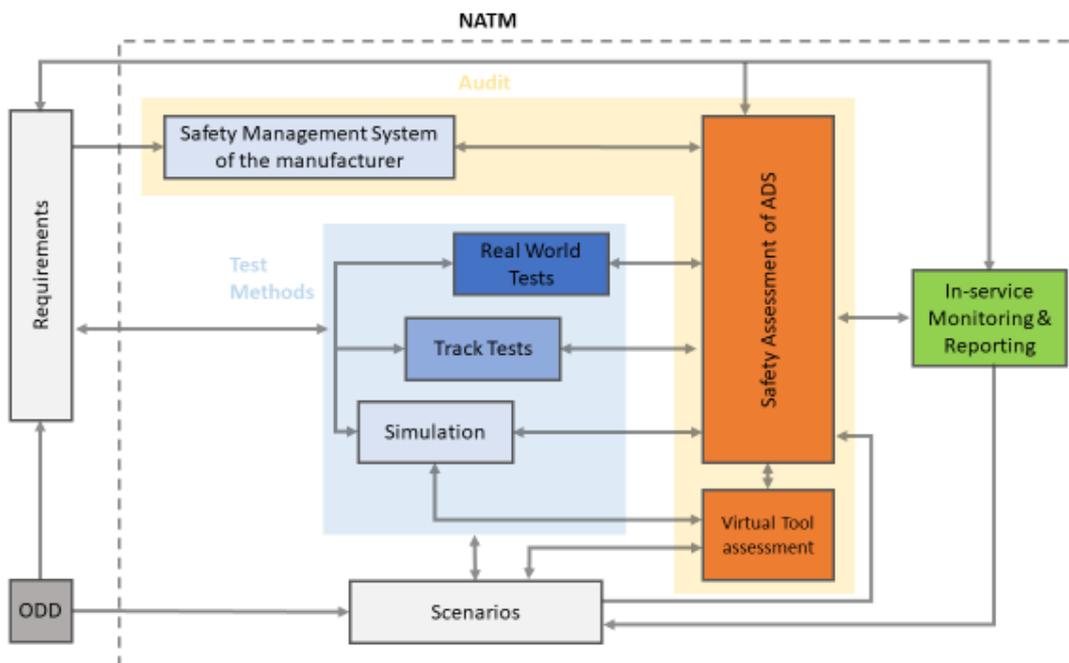
d) оценка уровня соответствия требованиям, полученная благодаря комплексному применению всех компонентов, в рамках которой обеспечивается согласованность результатов одного компонента в качестве исходных данных для другого компонента (в прямой и обратной последовательности) и надлежащее использование сценариев. Этот уровень соответствия требованиям касается как новых транспортных средств, так и транспортных средств, уже находящихся в эксплуатации;

e) на этапе проверки/оценки также используются результаты имитационных испытаний, испытаний на треке и испытаний в реальных условиях, полученные изготовителем.

124. На рис. 3 представлена диаграмма, иллюстрирующая схему взаимодействия между основными компонентами, сценариями и требованиями безопасности (разработанными НРГ по ФРАВ). Каждый из этих элементов будет рассмотрен подробнее в нижеследующих разделах настоящего документа.

Рис. 3

Взаимосвязь между компонентами, разработанными НРГ по ВМАД, сценариями и требованиями безопасности, разработанными НРГ по ФРАВ



ХII. Интеграция

125. В настоящем документе содержится описание метода общей валидации. НРГ по ФРАВ также разрабатывает общие требования к подлежащим валидации продуктам. Между этими двумя разработками существует четкая взаимосвязь: функциональные требования могут повлиять на требование относительно подробной валидации, и наоборот, требование относительно валидации может привести к появлению исходных данных для функциональных требований. На данный момент НРГ по ФРАВ подготовила перечень из 28 функциональных требований высокого уровня (ФРАВ-05). При детализации функциональных требований необходимо будет проверить возможное влияние на методы валидации. Управление этим процессом осуществляется путем включения представителей обеих неофициальных рабочих групп в состав участников проводимых ими совещаний.

126. По мере дальнейшей разработки требований безопасности и технических аспектов, касающихся отдельных компонентов, все соответствующие разделы будут обновляться с целью включения в них дополнительных деталей. Для более широкого контекста в данный раздел будут также включены примеры того, как, исходя из установленных требований безопасности, основные компоненты НМОИ можно применять в отношении некоторых функциональных возможностей АСВ (например, для движения по автомагистралям).

Приложение I

Глоссарий терминов и определений (проект)

«*Сложные сценарии*» означает сценарии дорожного движения, которые охватывают одну или несколько ситуаций, включающих большое количество других участников дорожного движения, редкие объекты дорожной инфраструктуры или аномальные географические/экологические условия.

«*Критические сценарии*» означает сценарии дорожного движения, охватывающие ситуацию, в которой АСВ необходимо выполнить экстренный маневр с целью избежать/смягчить последствия потенциального столкновения или отреагировать на отказ системы.

«*Пограничный случай*» означает редкую ситуацию, которой, тем не менее, необходимо уделить особое внимание при проектировании, чтобы АТС могла справиться с ней рациональным и безопасным образом. Понятие «редкая» является относительным, и оно обычно относится к ситуациям или условиям, которые возникают достаточно часто, чтобы стать проблемой после полноценного развертывания флота транспортных средств, но, возможно, не были учтены в процессе проектирования. Пограничными случаями могут быть отдельные неожиданные события, такие как появление на дороге уникального дорожного знака или необычного вида животного.

«*Штатные сценарии*» означает сценарии дорожного движения, охватывающие ситуации, которые соответствуют обычным и некритическим маневрам при движении.

«*Спецификация испытательного варианта*» означает подробное описание того, что должен сделать испытатель для подготовки к испытанию.

«*Методы испытаний*» означает структурированный подход к последовательному накоплению знаний об АСВ с помощью средств проведения испытаний, например виртуальных испытаний в смоделированных условиях или физических структурированных испытаний в контролируемых условиях испытательного центра или в реальных условиях дорожного движения.

«*Сценарий дорожного движения*» (или «*сценарий*» для краткости) означает последовательность или комбинацию ситуаций, используемых для оценки требований к безопасности АСВ. Сценарии включают одну динамическую задачу управления (ДЗУ) или последовательность из нескольких ДЗУ. Сценарии также могут включать широкий спектр элементов, в частности некоторые или все части ДЗУ, различные схемы проезжей части, различные типы участников дорожного движения и объекты, характеризующиеся статическими свойствами или демонстрирующие разнообразные типы динамического поведения, а также различные условия окружающей среды (среди многих других факторов).

Приложение II

Функциональные сценарии для применения в случае автомагистралей с разделительной полосой

Содержание

	<i>Стр.</i>
I. Введение	33
II. Материалы, которые легли в основу предложения.....	33
III. Структурные элементы функциональных сценариев	33
IV. Сфера охвата.....	33
V. Условные обозначения, используемые в настоящем документе	34
VI. Перечень возможных сценариев для АСВ уровня 3, предназначенных для использования на автомагистралях	34
A. Движение в штатном режиме (удержание в полосе).....	37
1. Движение в штатном режиме (удержание в полосе)	37
B. Взаимодействие с другими транспортными средствами/объектами	38
1. Смена полосы движения.....	39
2. Сценарии критического (экстренного) торможения при удержании в полосе.....	40
C. Обнаружение знаков дорожного движения и объектов инженерного оборудования дорог и реагирование на них	45
D. Геометрические параметры дорог с учетом страновых особенностей	47
E. Необычные ситуации.....	48
VII. Библиография	49

I. Введение

1. Настоящий текст представляет собой обобщение различных сценариев дорожного движения, разработанных в недавнее время с целью формирования перечня функциональных сценариев для АСВ, предназначенной для использования на автомагистрали. Предполагается, что в этот текст будут также включены некоторые логические сценарии и/или некоторые возможные способы их описания, согласованные в ходе продолжающихся обсуждений. Диапазон ДШЭ: автомагистрали, на которых разрешено движение со скоростью до 130 км/ч и осуществление маневров смены полосы.

II. Материалы, которые легли в основу приложения

2. При подготовке были приняты во внимание следующие материалы:
- a) Правила № 157 ООН (АСУП);
 - b) категории сценариев (V1.7), представленные Нидерландами (Нидерландская организация прикладных научных исследований (ТНО));
 - c) библиотека сценариев «Фортелликс» Ассоциации по обеспечению США энергией в будущем (САФЕ);
 - d) сценарии аварий, представленные Японией;
 - e) предложение Китая по функциональным сценариям (Китайский центр автомобильных технологий и исследований (КАТАРК));
 - f) собственные разработки ОИЦ;
 - g) каталог типов конфликтов, разработанный в рамках Инициативы по глобальному согласованию данных об авариях (ИГЛАД), Германия.
3. Материалы, предоставленные Японией, Нидерландами, САФЕ и Китаем, были переданы для рассмотрения и обсуждения на совещании подгруппы 1 НРГ по ВМАД, состоявшемся 10 декабря 2020 года; предложение от Германии было представлено 16 декабря 2020 года.

III. Структурные элементы функциональных сценариев

4. Функциональные сценарии могут охватывать несколько аспектов (например, геометрические параметры дороги на разных уровнях абстрагирования, поведение испытуемого транспортного средства, движущиеся/стационарные объекты).
5. Дополнительные аспекты, которые не охвачены функциональными сценариями (например, значения скорости и ускорения, расположение, условия окружающей среды, наличие отказов, сбои в передаче информации, геометрические параметры дороги на более детальном уровне), следует включить в логический сценарий.
6. Поскольку вопрос об отнесении тех или иных аспектов к функциональным и логическим сценариям (т. е. какие аспекты следует рассматривать в рамках функциональных сценариев, а какие — в рамках логических сценариев) еще не обсуждался и не согласовывался, используемая в настоящем документе классификация аспектов представляет собой первоначальную версию и будет дорабатываться по мере обсуждения.

IV. Сфера охвата

7. Поскольку столкновения всегда происходят с другими транспортными средствами/объектами (исходя из предположения, что при отсутствии других транспортных средств/объектов функционирование будет нормальным) и 24 функциональных сценария, представленные ниже на рисунке в разделе

«2. Взаимодействие с другими транспортными средствами», позволяют охватить все варианты взаимодействия между другими транспортными средствами/объектами и испытуемым транспортным средством, то эти сценарии обеспечивают надлежащий охват столкновений с другими транспортными средствами/объектами.

8. Как указано в пункте 3, факторы, не охваченные в предлагаемых функциональных сценариях (например, начальная скорость испытуемого транспортного средства, габариты, исходное положение, начальная скорость, ускорение других транспортных средств/объектов), факторы, связанные с восприятием (например, погодные условия, яркость, мертвая зона, ложное срабатывание, указатели поворотов других транспортных средств), и факторы, связанные с устойчивостью транспортного средства (например, кривизна и уклон дороги, коэффициент сцепления дорожного покрытия (μ), ветер и т. д.), могут описываться с помощью параметров в рамках логических сценариев.

9. Функциональные сценарии можно будет добавлять в любой момент по итогам обсуждения и согласования в подгруппе 1 и в НРГ по ВМАД.

V. Условные обозначения, используемые в настоящем документе

ПИКТОГРАММА	ОПИСАНИЕ
	Испытуемое транспортное средство
	Транспортное средство, движущееся впереди (ТСДВ)
	Другие транспортные средства, являющиеся элементами сценария
	Непреодолимый объект на траектории
	Преодолимый объект на траектории

VI. Перечень возможных сценариев для АСВ уровня 3, предназначенных для использования на автомагистралях

10. Матрица использованных материалов, представленных членами подгруппы 1 НРГ по ВМАД:

Семейство сценариев		Подсценарий	Сценарии аварий (Япония)	ТНО (Нидерланды)	Библиотека сценариев САФЕ	Функциональные сценарии (Китай)	Типы конфликтов
А. Движение в штатном режиме	1. Удержание в полосе	а. Движение по прямой		X	X	X	X
		б. Поворот вслед за изгибом дороги		X	X	X	X
В. Взаимодействие с другими транспортными средствами/объектами	1. Смена полосы движения	а. Испытуемое транспортное средство выполняет смену полосы с движущимся позади транспортным средством	X	X			X

Семейство сценариев		Подсценарий	Сценарии аварий (Япония)	ТНО (Нидерланды)	Библиотека сценариев САФЕ	Функциональные сценарии (Китай)	Типы конфликтов	
		b. Встраивание в поток при выезде на автомагистраль	X		X	X	X	
		c. Встраивание в поток в конце полосы движения	X		X		X	
		d. Встраивание в поток на занятой полосе движения	X	X			X	
	2. Сценарии критического (экстренного) торможения при удержании в полосе	a. Непреодолимый объект на траектории движения	X	X	X		X	
		b. Преодолимый объект на траектории движения	X	X		X	X	
		c. Торможение движущегося впереди транспортного средства	X	X	X	X	X	
		d. Приближение к движущемуся с меньшей скоростью/остановившемуся ТСДВ	X	X	X	X	X	
		e. Внезапное перестроение в полосу перед испытуемым транспортным средством	X	X	X	X	X	
		f. Внезапный выезд из полосы перед испытуемым транспортным средством	X	X	X	X	X	
		g. Обнаружение транспортного средства, которое резко сворачивает в сторону, и реагирование на этот маневр	X	X	X		X	
	С. Обнаружение знаков дорожного движения и объектов инженерного оборудования дорог и реагирование на них	a. Знак ограничения скорости				X	X	
		b. Реверсивные светофоры					X	X
		c. Движение в туннеле					X	
d. Пункт взимания платы за проезд						X		
e. Обычные препятствия						X	X	

<i>Семейство сценариев</i>	<i>Подсценарий</i>	<i>Сценарии аварий (Япония)</i>	<i>ТНО (Нидерланды)</i>	<i>Библиотека сценариев САФЕ</i>	<i>Функциональные сценарии (Китай)</i>	<i>Типы конфликтов</i>
D. Геометрические параметры дорог с учетом страновых особенностей	а. Внезапно въезжающее на перекресток транспортное средство			X		
E. Необычные ситуации	а. Транспортное средство, движущееся в противоположном направлении (навстречу)			X		X

11. Примечания к материалам, представленным членами подгруппы 1 НРГ по ВМАД:

- Китай (КАТАРК): представленный перечень является частью общего каталога, описывающего различные ДШЭ, такие как «Обычная дорога», «Городская скоростная магистраль» или «Автомаргистраль», и их испытательные элементы, такие как «Знак ограничения скорости», «Линия полосы движения», «Пункт взимания платы за проезд» и т. д. Функциональные сценарии, предлагаемые ниже в настоящем документе, носят гораздо более общий характер, нежели сценарии, предложенные Китаем, поэтому они составляют подкатегорию данного перечня. Например, предложенные Китаем сценарии «Пункт взимания платы за проезд» или «Обычные препятствия» могут соответствовать сценарию «Непреодолимый объект на трактории» из этого перечня.
- Нидерланды (ТНО): весьма подробный каталог, содержащий гораздо больше сценариев, чем необходимо для варианта использования на автомагистралях. Терминология и описания проработаны полностью. Сценарии могут создаваться на основе комбинации признаков, относящихся к различным слоям.
- Япония: сценарии аварий содержат только сценарии, касающиеся взаимодействия с другими транспортными средствами. В этих сценариях описываются различные геометрические параметры дорог и возможные положения других транспортных средств вблизи испытуемого транспортного средства. Все остальные параметры рассматриваются как частные особенности (ускорение — замедление, смена полосы движения — удержание в полосе и т. д.).
- САФЕ: некоторые примеры из перечня сценариев носят весьма конкретный характер, в то время как другие примеры демонстрируют более общий подход. Так, сценарий опережения транспортных средств, движущихся с меньшей скоростью по соседней полосе, отличается от сценария проезда мимо неподвижных транспортных средств, однако с движением за впереди идущим транспортным средством связан только один сценарий.
- Типы конфликтов: перечень типов конфликтов, используемых, в частности, специалистами по расследованию происшествий для выделения различных групп сценариев, приводящих к дорожно-транспортным происшествиям. Среди типов конфликтов можно выделить конфликты, связанные и не связанные с влиянием других участников дорожного движения. Для описания сценариев или ситуаций используются символы, отличные от символов, содержащихся в других документах (в основном используются другие типы стрелок). Проводится различие между левосторонним и правосторонним движением. Перечень содержит 251 тип сценариев, которые объединены в семь крупных групп по типам конфликтов (например, «движение в продольном направлении» или «пешеход, переходящий дорогу»).

12. Примечание: в данном разделе рубрики «выделенные параметры сценария» и «проверяемые параметры» содержат некоторые примеры. В случае валидационных испытаний важное значение могут приобретать другие параметры.

А. Движение в штатном режиме (удержание в полосе)

1. Движение в штатном режиме (удержание в полосе)

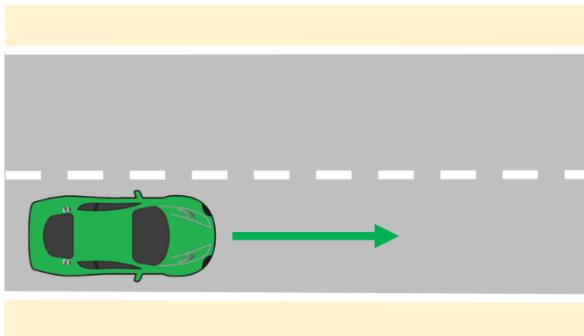
13. Примечание: в существующих Правилах № 157 ООН (АСУП) речь идет об удержании в полосе при скорости движения до 60 км/ч. Как функциональный сценарий удержание в полосе можно разбить на две категории, определяемые геометрическими параметрами дороги. Кроме того, можно выделить еще больше категорий в зависимости от того, на какой полосе находится транспортное средство: на центральной, боковой, средней и т. д.

a) Движение по прямой

- a) без ТСДВ;
- b) с ТСДВ;
- c) с другими транспортными средствами на соседних полосах (движущимися или остановившимися).

Рис. 1

Схематическое изображение сценария с движением по прямой



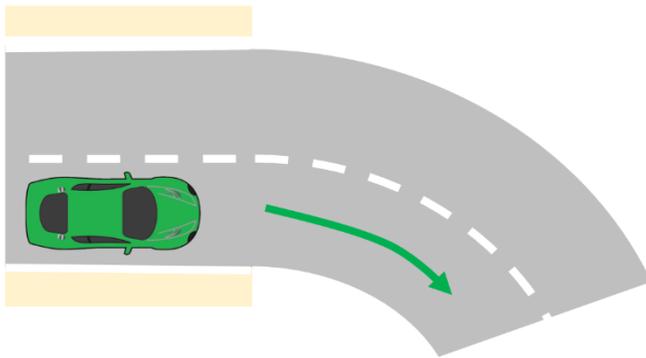
14. Общее описание:

- Испытуемое транспортное средство движется по прямой дороге. Цель данного сценария заключается в проверке способности удерживать транспортное средство в полосе при нормальных или сложных условиях и параметрах [1, 2, 4].
- Выделенные параметры сценария: требуемая скорость испытуемого транспортного средства (правила дорожного движения), ширина полосы, профиль скорости ТСДВ (если таковое присутствует), расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).
- Проверяемые параметры: отклонение от центра полосы (номинальное значение и распределение), отклонение от желаемой скорости, соблюдение требований, касающихся изменения скоростного режима, временные изменения, расстояние между испытуемым транспортным средством и ТСДВ (если таковое присутствует), реагирование на другие транспортные средства и т. д.

b) Движение по изгибу дороги (изгиб дороги вправо и изгиб дороги влево)

- a) без ТСДВ;
- b) с ТСДВ;
- c) с другими транспортными средствами на соседних полосах (движущимися или остановившимися).

Рис. 2
Схематическое изображение сценария движения по изгибу дороги



15. Общее описание:

- Испытуемое транспортное средство движется по извилистой дороге. Цель данного сценария заключается в проверке способности транспортного средства справляться с кривизной дороги, указанной как часть ДШЭ [1], [2], [4].
- Выделенные параметры сценария: требуемая скорость испытуемого транспортного средства (правила дорожного движения), ширина полосы, профиль скорости ТСДВ (если таковое присутствует), расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).
- Проверяемые параметры: отклонение от центра полосы (номинальное значение и распределение), отклонение от желаемой скорости, соблюдение требований, касающихся изменения скоростного режима, временные изменения, расстояние между испытуемым транспортным средством и ТСДВ (если таковое присутствует), расстояние до других транспортных средств и т. д.

В. Взаимодействие с другими транспортными средствами/объектами

16. Приведенные ниже 24 сценария могут охватывать взаимодействие с другими транспортными средствами, движущимися в одном направлении с испытуемым транспортным средством и по той же самой полосе или по соседним полосам.

		Surrounding Traffic Participants' Position and Behavior				
		Cut in	Cut out	Acceleration	Deceleration (Stop)	
Road Geometry and Ego-vehicle behavior	Main roadway	Lane keep	No.1	No.2	No.3	No.4
		Lane change	No.5	No.6	No.7	No.8
	Merge	Lane keep	No.9	No.10	No.11	No.12
		Lane change	No.13	No.14	No.15	No.16
	Branch	Lane keep	No.17	No.18	No.19	No.20
		Lane change	No.21	No.22	No.23	No.24

17. Во всех 12 сценариях, предполагающих выполнение смены полосы движения испытуемым транспортным средством, транспортное средство, ближайшее к испытуемому транспортному средству, необязательно должно находиться на той же полосе движения или на соседней полосе движения с испытуемым транспортным средством. Оно может находиться в двух полосах движения от испытуемого транспортного средства, и даже в таком случае это транспортное средство должно быть обнаружено испытуемым транспортным средством, поскольку они могут взаимодействовать друг с другом, если оба меняют полосу движения. Для того чтобы правильно описать эти случаи во всех 12 сценариях, необходимо включить некоторые параметры, такие как «количество полос движения», «полоса движения испытуемого транспортного средства» и «относительное положение между испытуемым транспортным средством и другим транспортным средством». Примеры «случая главной дороги» приводятся ниже. Следует рассмотреть и другие случаи: «слияние дорог» и «разветвление дорог».

1. Смена полосы движения

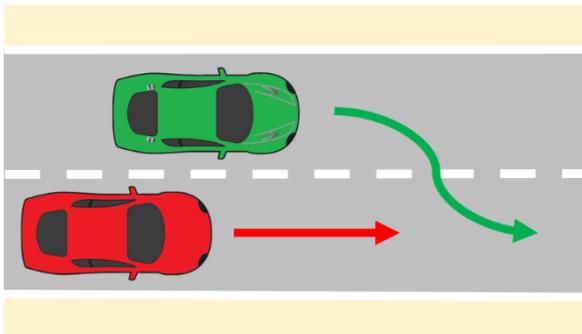
Примечание: Сценарии, связанные со сменой полосы, осложняются отсутствием возможности заставить АСВ произвести смену полосы движения. Помимо этого, функциональность и принципы смены полосы движения (в частности, технические требования, определения, критерии срабатывания, индикация смены полосы движения и т. д.) будут определены на более позднем этапе.

18. В зависимости от количества транспортных средств на целевой полосе можно выделить разные типы смены полосы движения. Если имеется достаточно места для выполнения маневра смены полосы движения, то необходимость во взаимодействии с другими транспортными средствами отсутствует. Если же целевая полоса занята другими участниками дорожного движения, то испытуемое транспортное средство должно выполнить встраивание в поток с учетом других участников дорожного движения.

- a) *Испытуемое транспортное средство выполняет смену полосы с движущимся позади транспортным средством*

Рис. 3

Схематическое изображение сценария со сменой полосы движения



19. Общее описание:

- По соседней полосе в том же направлении, что и испытуемое транспортное средство, движется другое транспортное средство. Испытуемое транспортное средство пытается осуществить перестроение на полосу, по которой движется другое транспортное средство [1], [3].
- Выделенные параметры сценария: время смены полосы движения, требуемая скорость испытуемого транспортного средства (правила дорожного движения), ширина полосы движения, профиль скорости ТСДВ (если таковое присутствует), расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).

- Проверяемые параметры: отклонение от центра полосы движения (номинальное значение, превышение), время смены полосы движения (боковая скорость испытуемого транспортного средства), расстояние между испытуемым транспортным средством и ТСДВ (если таковое присутствует), расстояние до других транспортных средств и т. д.

b) *Встраивание в поток при выезде на автомагистраль*

Описание не представлено.

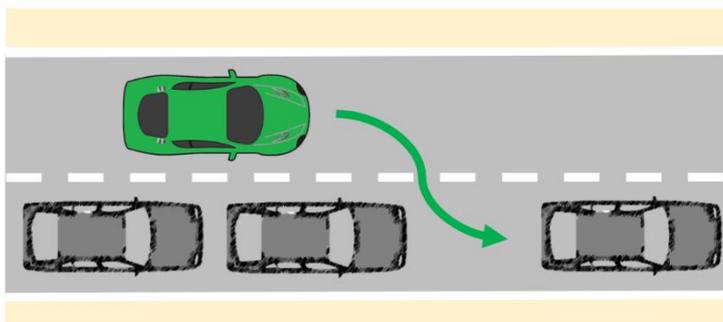
c) *Встраивание в поток в конце полосы движения*

Описание не представлено.

d) *Встраивание в поток на занятой полосе движения*

Рис. 4

Схематическое изображение сценария со встраиванием в поток



20. **Общее описание:**

Другие транспортные средства занимают полосу, прилегающую к полосе движения испытуемого транспортного средства. Испытуемое транспортное средство пытается осуществить перестроение на полосу, по которой движутся другие транспортные средства [1], [2], [3], [4]. Сложность сценария варьируется в зависимости от геометрических параметров дороги, скорости, количества и расположения других транспортных средств.

Выделенные параметры сценария: схема проезжей части, расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют), скорость испытуемого транспортного средства (правила дорожного движения), ширина полосы и т. д.

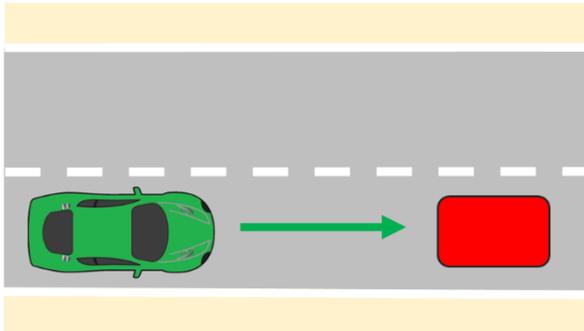
Проверяемые параметры: расстояние до других транспортных средств, время смены полосы движения (боковая скорость испытуемого транспортного средства) и т. д.

2. Сценарии критического (экстренного) торможения при удержании в полосе

Примечание: Данное семейство сценариев включает в себя несколько критических функциональных сценариев. Как видно из матрицы материалов, представленных членами подгруппы 1 НРГ по ВМАД, почти все участники в своих материалах выделили эти сценарии.

- a) *Непреодолимый объект на траектории (включая другие транспортные средства и уязвимых участников дорожного движения (УУДД))*

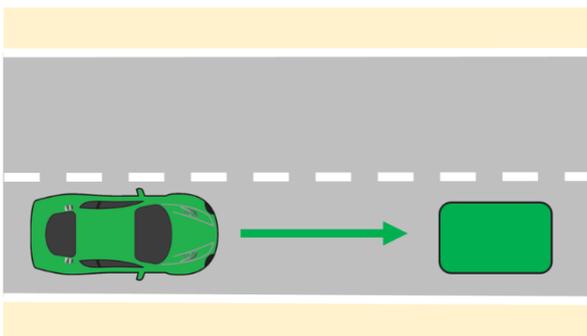
Рис. 5

Схематическое изображение сценария с непреодолимым объектом21. **Общее описание:**

- По дороге движется испытуемое транспортное средство, на полосе движения которого находится непреодолимый объект. Задача испытуемого транспортного средства — продолжить движение по прямой. Испытуемое транспортное средство должно среагировать [1],[2]. Сложность сценария варьируется в зависимости от скорости движения испытуемого транспортного средства.
- Выделенные параметры сценария: схема проезжей части (видимость объекта на траектории), расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют), скорость испытуемого транспортного средства.
- Проверяемые параметры: реакция испытуемого транспортного средства (смена полосы движения/торможение), расстояние до объекта, боковая скорость испытуемого транспортного средства (в случае смены полосы движения) и т. д.

- b) *Преодолимый объект на траектории (например, крышка люка)*

Рис. 6

Схематическое изображение сценария с преодолимым объектом22. **Общее описание:**

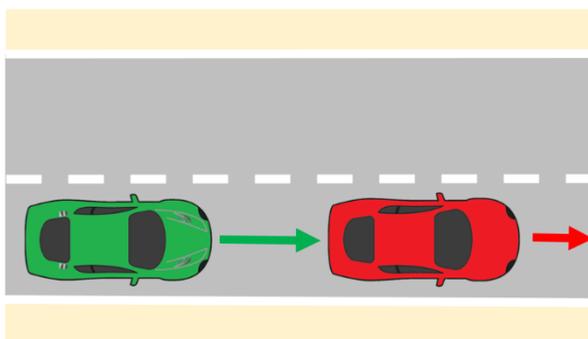
- По дороге движется испытуемое транспортное средство, на полосе которого находится преодолимый объект (например, крышка люка или небольшая ветка дерева). Задача испытуемого транспортного средства — продолжить движение по прямой. Испытуемое транспортное средство должно среагировать [1,4]. Сложность сценария варьируется в зависимости от скорости движения испытуемого транспортного средства.

- Выделенные параметры сценария: схема проезжей части (видимость объекта на траектории), расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют), скорость испытуемого транспортного средства.
- Проверяемые параметры: реакция испытуемого транспортного средства (ложное срабатывание, смена полосы/торможение), расстояние до объекта, боковая скорость испытуемого транспортного средства (в случае смены полосы движения) и т. д.

c) *Торможение ТСДВ*

Рис. 7

Схематическое изображение сценария с торможением ТСДВ



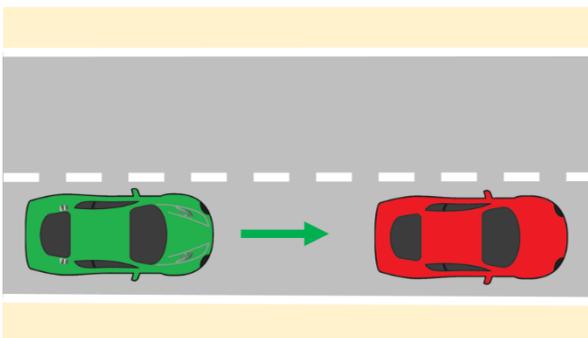
23. **Общее описание:**

- Испытуемое транспортное средство движется позади ТСДВ. ТСДВ тормозит, и испытуемое транспортное средство должно адаптировать свою скорость, чтобы оставаться на безопасном расстоянии от ТСДВ [1], [2], [3], [4].
- Выделенные параметры сценария: скорость испытуемого транспортного средства (правила дорожного движения), профиль скорости ТСДВ (замедление), расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).
- Проверяемые параметры: расстояние между испытуемым транспортным средством и ТСДВ, реакция на другие транспортные средства, занимающие соседние полосы движения, и т. д.

d) *Приближение к движущемуся с меньшей скоростью/остановившемуся ТСДВ*

Рис. 8

Схематическое изображение сценария с приближением к остановившемуся транспортному средству, которое двигалось впереди

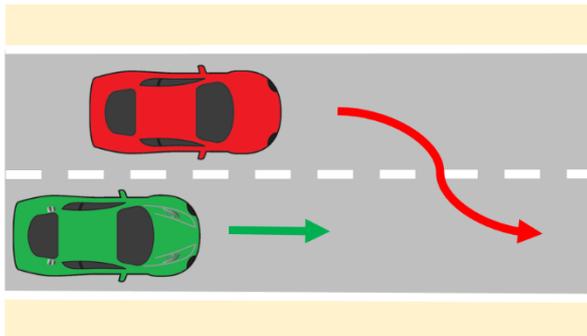


24. Общее описание:

- ТСДВ движется с меньшей скоростью перед испытуемым транспортным средством. Чтобы избежать столкновения испытуемое транспортное средство может затормозить или сменить полосу движения [1], [2], [3], [4]. Сложность данного сценария можно оценивать в зависимости от скоростей движения ТСДВ и испытуемого транспортного средства.
- Выделенные параметры сценария: скорость испытуемого транспортного средства (правила дорожного движения), профиль скорости ТСДВ (замедление), расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).
- Проверяемые параметры: расстояние между испытуемым транспортным средством и ТСДВ, реакция на другие транспортные средства, занимающие соседние полосы движения, и т. д.

e) *Внезапное перестроение в полосу перед испытуемым транспортным средством*

Рис. 9

Схематическое изображение сценария с внезапным перестроением в полосу

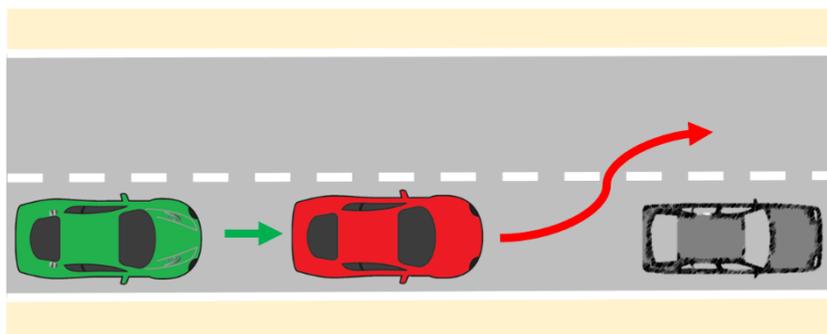
25. Общее описание:

- По соседней полосе в том же направлении, что и испытуемое транспортное средство, движется другое транспортное средство. Другое транспортное средство меняет полосу движения таким образом, что оказывается перед испытуемым транспортным средством [1–4]. Сложность маневра, связанного с внезапным перестроением в полосу, варьируется в зависимости от дистанции и боковой скорости ТСДВ.
- Выделенные параметры сценария: боковая скорость ТСДВ, расстояние до ТСДВ, скорость испытуемого транспортного средства, ширина полосы движения, расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).
- Проверяемые параметры: расстояние между испытуемым транспортным средством и ТСДВ, расстояние до других транспортных средств и т. д.

f) *Внезапный выезд из полосы перед испытуемым транспортным средством*

- a) внезапный выезд из полосы в сторону съезда с автомагистрали;
- b) внезапный выезд из полосы с перестроением на другую полосу.

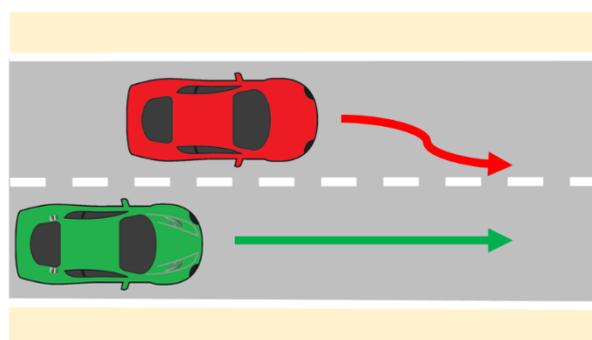
Рис. 10

Схематическое изображение сценария с внезапным выездом из полосы26. **Общее описание:**

- Перед испытуемым транспортным средством в одном с ним направлении движется ТСДВ. ТСДВ меняет полосу движения таким образом, что оно перестает находиться перед испытуемым транспортным средством [1], [2], [3], [4]. В целях проверки поведения испытуемого транспортного средства, перед испытуемым транспортным средством на его полосе движения устанавливается препятствие. Сложность данного сценария варьируется в зависимости от скорости испытуемого транспортного средства и боковой скорости ТСДВ.
- Выделенные параметры сценария: боковая скорость ТСДВ, расстояние до ТСДВ, скорость испытуемого транспортного средства, ширина полосы движения, расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).
- Проверяемые параметры: расстояние между испытуемым транспортным средством и препятствием, расстояние до других транспортных средств и т. д.

- g) *Обнаружение транспортного средства, которое резко сворачивает в сторону, и реагирование на этот маневр*

Рис. 11

Схематическое изображение транспортного средства, которое резко сворачивает в сторону27. **Общее описание:**

- По соседней полосе в том же направлении, что и испытуемое транспортное средство, движется другое транспортное средство, которое резко сворачивает в сторону полосы движения испытуемого транспортного средства [1], [2], [3].
- Выделенные параметры сценария: боковая скорость другого транспортного средства, скорость испытуемого транспортного средства, ширина полосы движения, расположение на проезжей части и профили скоростей других транспортных средств (если таковые присутствуют).

- Проверяемые параметры: расстояние между испытуемым транспортным средством и транспортным средством, которое резко сворачивает в сторону, расстояние до других транспортных средств и т. д.

С. Обнаружение знаков дорожного движения и объектов инженерного оборудования дорог и реагирование на них

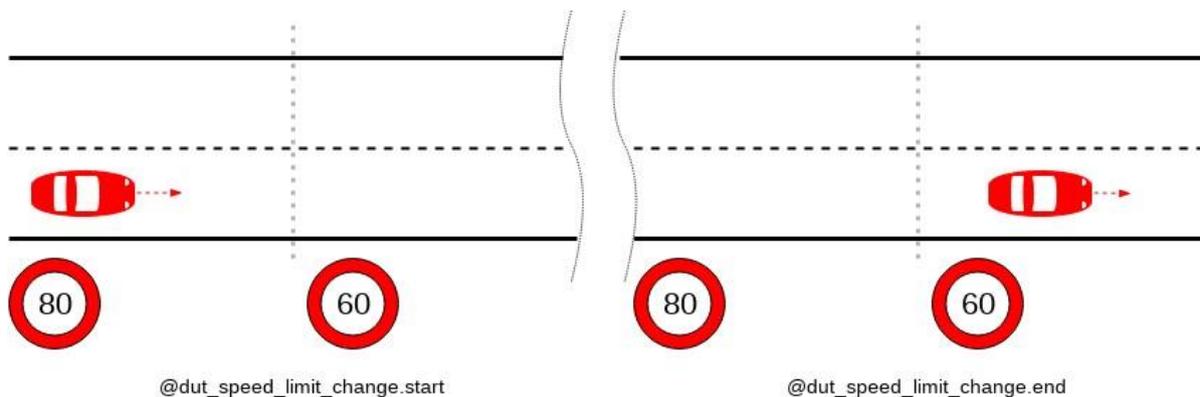
Примечание: В неявном виде эти сценарии присутствуют почти в каждом документе, однако в некоторых случаях они рассматриваются как сценарии, связанные с объектами инженерного оборудования дорог. Следует учитывать, что эти сценарии могут реализовываться одновременно с другими сценариями. Следует также отметить, что в разных странах и регионах действуют разные правила дорожного движения.

a) Знак ограничения скорости

28. В рамках данного сценария необходимо, чтобы испытуемое транспортное средство надлежащим образом реагировало на изменения скоростного режима: замедление при въезде в зону с более низким ограничением скорости и ускорение при въезде в зону с более высоким ограничением скорости. В примере, представленном ниже, максимальная разрешенная скорость снижается с 80 км/ч до 60 км/ч.

Рис. 12

Схематическое изображение сценария с изменением ограничения скорости испытуемого транспортного средства



29. Требования к окружающим условиям: дорога, на которой как минимум один раз меняется скоростной режим.

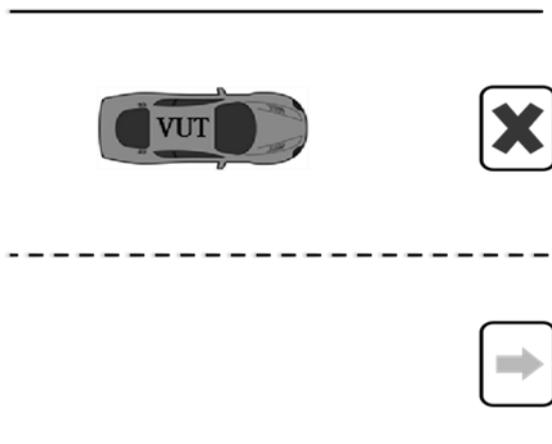
30. Поведение испытуемого транспортного средства: испытуемое транспортное средство движется по дороге; предполагается, что его скорость адаптируется с учетом меняющихся ограничений скорости.

31. В конце полосы движения испытуемое транспортное средство встраивается в поток.

b) Реверсивные светофоры

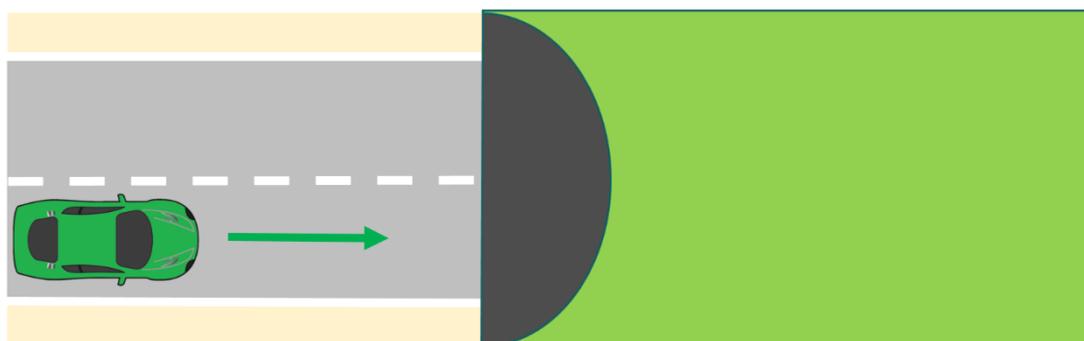
32. На дороге для проведения испытания имеется как минимум две полосы движения. Реверсивные светофоры расположены над дорогой, и в светофорах, относящихся к соседним полосам, непрерывно активирован зеленый сигнал.

Рис. 13
Схематическое изображение сценария с реверсивным светофором для скоростных автомагистралей



с) *Движение в туннеле*

Рис. 14
Схематическое изображение сценария с движением в туннеле



33. Общее описание:

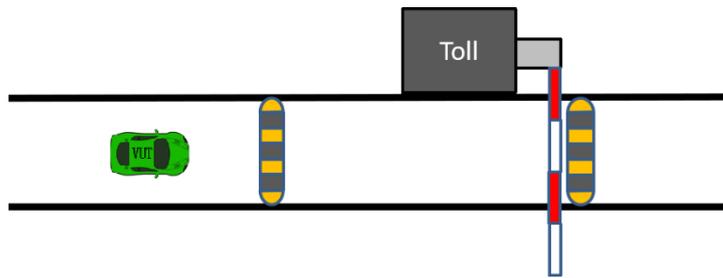
- Испытуемое транспортное средство движется в туннеле (сигналы глобальной системы позиционирования и естественное освещение отсутствуют) [4]. Необходимо, чтобы движение транспортного средства адаптировалось с учетом быстро меняющихся параметров освещения и отсутствия сигнала глобальной системы позиционирования. Сложность сценария варьируется в зависимости от скорости движения испытуемого транспортного средства, разницы между условиями освещенности снаружи и внутри туннеля, а также от протяженности туннеля.
- Выделенные параметры сценария: скорость испытуемого транспортного средства, условия освещенности.
- Проверяемые параметры: боковая и продольная скорость испытуемого транспортного средства, отклонение от центра полосы и т. д.

d) *Пункт взимания платы за проезд*

34. Испытание проводится на протяженном прямом участке дороги как минимум с одной полосой движения. На этом участке расположен пункт взимания платы за проезд, и на подъезде к нему установлены соответствующие предупреждающие знаки, знаки ограничения скорости и ограничители скорости. Схематическое изображение испытания представлено на рис. 15.

Рис. 15

Схематическое изображение сценария испытания с въездом в пункт взимания платы за проезд и выездом из него



е) *Обычные препятствия*

35. Испытание проводится на протяженном прямом участке дороги как минимум с двумя полосами движения, разделенными между собой белой пунктирной линией. В соответствии с требованиями, касающимися регулирования дорожного движения во время дорожно-ремонтных работ, на полосах движения установлены дорожные знаки в форме конусов и нанесена дорожная разметка. Схема испытания представлена на рис. 16.

Рис. 16

Схематическое изображение сценария с обычными препятствиями



D. Геометрические параметры дорог с учетом страновых особенностей

Примечание: Данный сценарий применим только для ограниченного числа стран или регионов. Поэтому целесообразность использования этого сценария зависит от целевого рынка АСВ.

а) *Внезапно въезжающее на перекресток транспортное средство*

36. Перекрестки представляют особую сложность для испытуемых транспортных средств ввиду повышенной вероятности возникновения конфликтов с другими участниками дорожного движения.

37. В рамках данного сценария испытуемое транспортное средство проезжает перекресток в тот момент, когда на него внезапно въезжает другое транспортное средство. В этом сценарии проверяется поведение испытуемого транспортного средства при движении по траектории, ведущей к столкновению с другим транспортным средством на перекрестке, который может быть оборудован знаками, сигналами или светофорами. Необходимо, чтобы испытуемое транспортное средство было способно безопасным образом проехать через перекресток и избежать столкновения или смягчить его последствия.

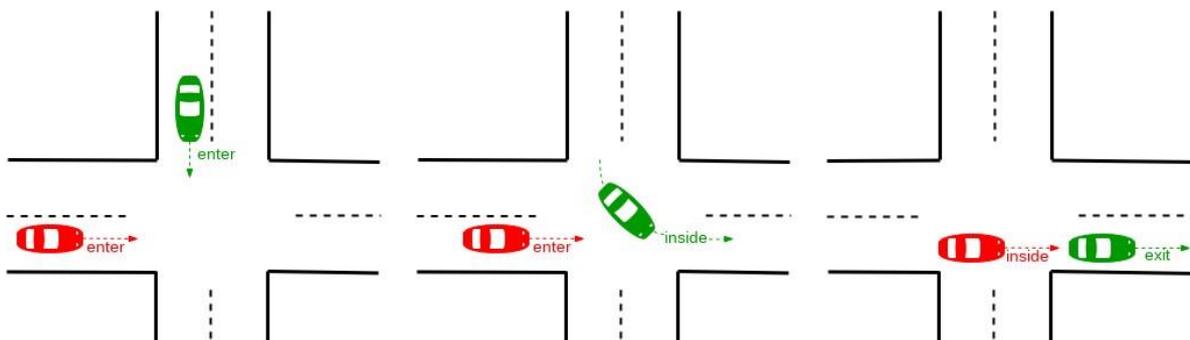
38. Требования к окружающим условиям: перекресток, на котором пересекаются не менее трех дорог. Перекресток может быть регулируемым или нерегулируемым (т. е. он может быть оборудован знаком «Уступи дорогу», светофором и т. д.).

39. Поведение испытуемого транспортного средства: испытуемое транспортное средство движется через перекресток в любом из направлений (налево, направо или прямо).

40. Поведение других участников дорожного движения: другое транспортное средство приближается к этому же перекрестку по другой дороге и движется через перекресток таким образом, что его траектория пересекает траекторию испытуемого транспортного средства.

Рис. 17

Схематическое изображение сценария с внезапным въездом на перекресток другого транспортного средства



Е. Необычные ситуации

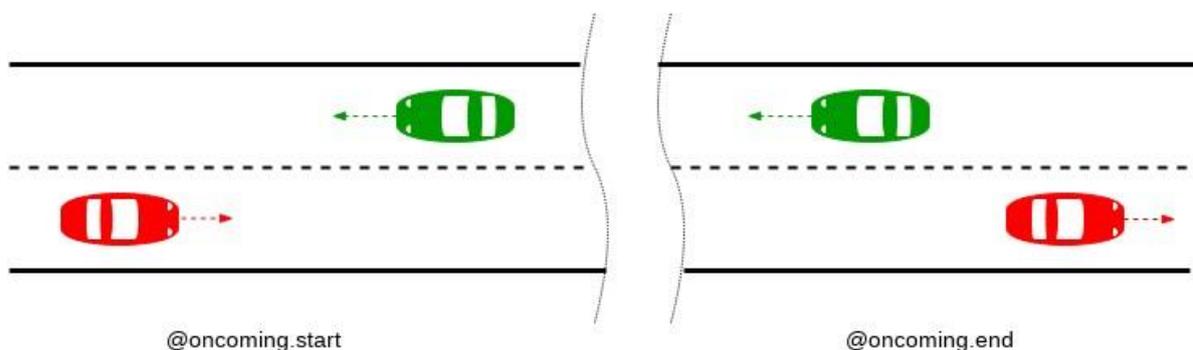
Примечание: Данный сценарий может произойти в реальных условиях. Однако вопрос о том, следует ли включать сценарии такого рода, необходимо будет обсудить в рамках соответствующей группы.

a) *Транспортное средство, движущееся в противоположном направлении (навстречу)*

41. В рамках сценария с движением навстречу другое транспортное средство приближается к испытуемому транспортному средству с противоположного направления и проезжает мимо испытуемого транспортного средства.

Рис. 18

Схематическое изображение сценария с движением навстречу



42. Требования к окружающим условиям: двухполосная дорога, движение по которой осуществляется в противоположных направлениях.

43. Поведение испытуемого транспортного средства: испытуемое транспортное средство движется по своей полосе, как предполагается, с постоянной скоростью.

44. Поведение других участников: в начале сценария другое транспортное средство движется навстречу испытуемому транспортному средству по встречной полосе. В конце сценария другое транспортное средство, проехав мимо испытуемого транспортного средства, продолжает свое движение по встречной полосе.

VII. Библиография

1. Правила № 157 ООН (автоматизированная система удержания в полосе), URL: <https://undocs.org/ru/ECE/TRANS/WP.29/2020/81> (первоначальный вариант) или <https://unece.org/transport/documents/2021/03/standards/un-regulation-no-157-automated-lane-keeping-systems-alks>
2. E. de Gelder, O. Op den Camp, N. de Boer, (The Netherlands): Scenario Categories for the Assessment of Automated Vehicles, Version 1.7, January 21, 2020.
3. SAFE (Foretellix) Highway and ADAS Traffic Scenario Library, Scenario Definitions at the functional Level, Version 1.0, November 2020.
4. Japan: Proposal of Traffic Scenarios for Highway Driving (Supplemental version for presentation), December 2020.
5. China (CATARC): Proposal about functional scenario from CATARC, December 2020.
6. European Commission - Joint Research Center. Speed profile for car-following tests. URL: https://wiki.unece.org/download/attachments/92013066/ACSF-25-13%20%28EC%29%2020190121_TestSpecification_ALKS_JRC.pdf?api=v2.
7. IGLAD 2019 Codebook, Conflict Types, 2019.

Приложение III

Оценка достоверности результатов при использовании набора инструментальных средств виртуальных испытаний для валидации АСВ

I. Введение, мотивировка и сфера применения

1. Использование имитационного моделирования (ИМ) становится широко распространенным благодаря растущим вычислительным возможностям, точности, удобству использования и доступности программных пакетов ИМ. ИМ может быть полезно для валидации безопасности АСВ, поскольку позволяет преодолеть некоторые ограничения испытаний в реальных условиях и увеличить количество сценариев испытаний. Тем не менее ИМ может также привести к ошибочным/кажущимся правильными результатам, особенно в отношении комплексного моделирования, не подкрепленного адекватной практикой, учитывающей все аспекты ИМ, помимо чистой валидации. Поэтому для применения виртуальных испытаний вместо других компонентов/в сочетании с другими компонентами НМОИ необходима более высокая уверенность в достоверности ИМ. Другими словами, ИМ можно использовать для виртуальных испытаний, если эксперт способен считать результаты моделирования достаточно *достоверными* для принятия обоснованных решений с учетом потенциальных погрешностей ИМ.

2. Валидацию ИМ можно считать отличительной чертой достоверности моделирования. Однако валидация имеет некоторые ограничения, в числе которых ограниченная сфера охвата валидационных испытаний и трудности с получением данных, подтверждающих процедуры валидации. Использование ИМ требует уделять больше внимания всем факторам, влияющим на качество и достоверность ИМ, с тем чтобы:

а) установить общую систему для определения, обоснования и оценки общей достоверности ИМ и для представления соответствующей отчетности;

б) указать уровни достоверности результатов, полученных на этапе валидации.

3. В то же время эта система должна быть достаточно общей, чтобы ее можно было использовать для различных типов и приложений ИМ. Однако достижение этой цели осложняется широкими различиями в функциях АСВ и разнообразием типов и видов приложений ИМ. Эти соображения ведут к внедрению (основанной на риске/на полной информации) системы оценки достоверности, актуальной и подходящей для всех приложений ИМ.

4. В предлагаемой системе оценки достоверности содержатся общее описание основных аспектов, учитываемых при оценке достоверности того или иного решения ИМ, а также рекомендации относительно роли, которую в процессе валидации должны играть сторонние эксперты по оценке⁵ с точки зрения установления достоверности. Что касается этой роли, то эксперту по оценке следует изучить подготовленную документацию, подтверждающую достоверность, на этапе проверки, в то время как фактические валидационные испытания проводятся после того, как изготовитель АСВ разработает встроенные имитирующие системы.

5. В конечном итоге результат текущей оценки достоверности должен определить, в каком диапазоне можно использовать виртуальный инструмент для поддержки оценки АСВ.

⁵ Для официального утверждения типа изготовитель заранее предоставляет всю документацию, а компетентный орган должен изучить ее и дать свою оценку. При самосертификации эти действия могут быть выполнены экспертом по оценке в ходе надзора за рынком.

A. Управление имитационным моделированием

8. Жизненный цикл ИМ — это динамичный процесс, подразумевающий регулярный выпуск обновлений, которые необходимо отслеживать и документировать. Для поддержки ИМ в рамках управления результатами работы должна быть предусмотрена управленческая деятельность. В данный раздел следует включить соответствующую информацию по следующим аспектам.

1. Процесс управления ИМ

9. В этой части следует:

- a) описать изменения в выпускаемых версиях;
- b) указать соответствующее программное обеспечение (например, конкретный программный продукт и версию) и аппаратное обеспечение (например, конфигурацию интерфейса XiL);
- c) задокументировать процессы внутренней проверки, в ходе которых были приняты новые выпускаемые версии;
- d) получать поддержку в течение всего срока использования виртуальной модели.

2. Управление выпускаемыми версиями

10. Следует сохранять любую версию набора инструментальных средств ИМ, используемую для выпуска данных для целей сертификации. Виртуальные модели, составляющие набор инструментальных средств испытаний, следует документировать с точки зрения соответствующих методов валидации и порогов приемки в целях поддержки общей достоверности набора инструментальных средств. Разработчику следует внедрить метод отслеживания происхождения сгенерированных данных вплоть до соответствующей версии ИМ.

11. Проверка качества виртуальных данных: в целях поддержки процедур верификации и валидации полноту, точность и корректность данных следует обеспечивать во всех выпускаемых версиях и всего срока службы набора инструментальных средств ИМ.

3. Опыт и знания группы

12. Несмотря на то что опыт и знания (ОЗ) уже охвачены в общем смысле в рамках организации, важно создать основу для уверенности в конкретном опыте и знаниях для деятельности в области ИМ.

13. По сути, достоверность ИМ зависит не только от качества имитационных моделей, но и от ОЗ сотрудников, участвующих в валидации и использовании ИМ. В частности, правильное понимание ограничений и области валидации предотвратит возможное неправильное использование ИМ или неверную трактовку его результатов.

14. С этой точки зрения важно заложить основу для уверенности изготовителя АСВ в опыте и знаниях:

- a) испытательных групп, которые будут проводить валидацию наборов инструментальных средств моделирования; и
- b) испытательных групп, которые будут использовать валидированное моделирование для проведения виртуальных испытаний с целью валидации АСВ.

15. Таким образом, ОЗ проводящих испытания групп повышают уровень достоверности ИМ и его результатов путем учета человеческих факторов, лежащих в основе ИМ, и контроля любого возможного риска, связанного с человеческим фактором, как и ожидается в любой подходящей системе управления.

16. Если набор инструментальных средств изготовителя АСВ включает в себя входные параметры, полученные от организаций или продуктов, не входящих в

собственную испытательную группу изготовителя, или основывается на них, то изготовитель АСВ должен предоставить разъяснение в отношении мер, принятых им для поддержки своей уверенности в качестве и полноте этих входных параметров.

17. Опыт и знания проводящей испытания группы включают в себя два уровня.

a) Уровень организации

18. Достоверность устанавливается путем создания процессов и процедур, предназначенных для выявления и поддержания навыков, знаний и опыта в области деятельности по ИМ. Следует устанавливать, поддерживать и документировать следующие процессы:

- a) процесс определения и оценки компетентности и навыков того или иного лица;
- b) процесс подготовки компетентных сотрудников для выполнения обязанностей, связанных с ИМ.

b) Уровень группы

19. После завершения разработки ИМ его достоверность в основном определяется навыками и знаниями лица/группы, которые будут валидировать набор инструментальных средств ИМ и использовать ИМ для валидации АСВ. Достоверность устанавливается путем документального подтверждения того, что эти группы прошли соответствующую профессиональную подготовку для выполнения своих обязанностей.

20. Затем изготовителю АСВ следует:

- a) обеспечить основу для уверенности изготовителя АСВ в опыте и знаниях лица/группы, которые валидируют набор инструментальных средств ИМ; и
- b) обеспечить основу для уверенности изготовителя АСВ в опыте и знаниях лица/группы, которые используют моделирование для проведения виртуальных испытаний в целях валидации АСВ.

21. Необходимую основу для такого определения обеспечит демонстрация изготовителем АСВ того, как он применяет принципы ISO 9001 или аналогичную передовую практику или стандарт в отношении компетентности своей организации ИМ и отдельных сотрудников этой организации. Эксперт по оценке не может заменять своим суждением суждение изготовителя АСВ в отношении опыта и знаний организации или ее сотрудников.

4. Источник происхождения данных/входных параметров

22. В источнике происхождения данных/входных параметров содержится запись о прослеживаемости данных, использованных при валидации ИМ, от изготовителя АСВ.

a) Описание данных, используемых для ИМ

- a) Изготовителю АСВ следует документировать данные, используемые для валидации модели, и отмечать важные качественные характеристики;
- b) изготовителю АСВ следует предоставить документацию, подтверждающую, что данные, используемые для валидации моделей, охватывают предполагаемые функциональные возможности, для виртуализации которых предназначен набор инструментальных средств;
- c) изготовителю АСВ следует документировать процедуры калибровки, используемые для подгонки параметров виртуальных моделей к собранным входным данным.

- b) *Влияние качества данных (включая охват данных, соотношение сигнал/шум и погрешность/смещение/частоту дискретизации датчиков) на погрешность параметров модели*

23. Качество данных, используемых для разработки модели, будет влиять на предварительный расчет и калибровку параметров модели. Погрешность в параметрах модели будет еще одним важным аспектом при окончательном анализе погрешности.

5. Источник происхождения данных/выходных параметров

24. В источнике происхождения данных/выходных параметров содержится запись о выходных данных ИМ, которые используются для валидации АСВ.

- a) *Описание данных, генерируемых ИМ*

a) Изготовителю АСВ следует предоставить информацию о любых соответствующих данных и сценариях, использованных для валидации набора инструментальных средств виртуальных испытаний;

b) изготовителю АСВ следует документировать экспортированные данные и отмечать важные качественные характеристики, например путем использования методик корреляции в соответствии с приложением II;

c) изготовителю АСВ следует проследивать выходные данные ИМ вплоть до соответствующей конфигурации имитационного процесса.

- i) *Влияние качества данных на достоверность ИМ*

a) Спектр выходных данных ИМ должен быть достаточно широким, чтобы обеспечить правильное выполнение валидационного расчета. Эти данные должны в достаточной степени отражать ДШЭ, относящийся к виртуальной оценке АСВ;

b) выходные данные должны позволять проверять корректность/исправность виртуальных моделей посредством возможного использования избыточной информации.

- ii) *Управление стохастическими моделями*

a) Стохастические модели следует характеризовать с точки зрения их несоответствия;

b) должна быть обеспечена возможность детерминированного повторного выполнения стохастических моделей.

В. Анализ и описание ИМ

25. Анализ и описание ИМ направлены на определение всего процесса ИМ и выявление массива параметров, которые могут быть оценены с помощью виртуальных испытаний. Они определяют сферу применения и ограничения моделей и набора инструментальных средств, а также источники погрешности, которые могут повлиять на результаты ИМ.

1. Общее описание

a) Изготовителю АСВ следует предоставить описание полного набора инструментальных средств, а также информацию о том, как данные моделирования будут использоваться для поддержки стратегии валидации АСВ;

b) изготовителю АСВ следует предоставить четкое описание цели испытания.

2. Допущения, известные ограничения и источники погрешности

- a) Изготовителю АСВ следует обосновать допущения моделирования, на основе которых был разработан набор инструментальных средств ИМ;
- b) изготовителю АСВ следует предоставить фактические данные, касающиеся:
 - i) роли допущений, определенных изготовителем, в определении ограничений набора инструментальных средств;
 - ii) уровня достоверности, требуемого для имитационных моделей;
- c) изготовителю АСВ следует предоставить обоснование того, что допуск на корреляцию «имитация — реальность» является приемлемым для цели испытания;
- d) наконец, в этом разделе должна содержаться информация об источниках погрешности в модели. Эта информация станет важным вкладом в окончательный анализ погрешности, на основании которого будет определено, как различные источники погрешности используемой модели могут повлиять на выходные данные модели.

3. Сфера применения (для чего нужна модель?). Она определяет, как ИМ используется при валидации АСВ

- a) Доверие к виртуальному инструменту должно подкрепляться четко определенной сферой использования разработанных моделей;
- b) усовершенствованный процесс ИМ должен позволять виртуализировать физические явления со степенью точности, соответствующей требуемому для сертификации уровню достоверности. Таким образом, ИМ будет действовать как «виртуальная испытательная площадка» для испытаний АСВ;
- c) имитационные модели нуждаются в специальных сценариях и показателях для валидации. Выбор сценариев, используемых для валидации, должен быть достаточным для получения уверенности в том, что набор инструментальных средств будет действовать таким же образом и в сценариях, не входящих в сферу охвата валидации;
- d) изготовителям АСВ следует предоставить перечень сценариев валидации вместе с указанием ограничений соответствующих параметров;
- e) анализ ДШЭ является важнейшим компонентом для определения требований, сферы применения и видов влияния, которые должны учитываться в процессе ИМ для поддержки валидации АСВ;
- f) параметры, созданные для сценариев, будут определять внешние и внутренние типы данных для набора инструментальных средств и имитационных моделей.

4. Оценка критичности

26. Имитационные модели и средства имитационного моделирования, используемые в общем наборе инструментальных средств, следует изучать с точки зрения возложения на них ответственности за ошибку безопасности в конечном продукте. Предлагаемый подход к анализу критичности заимствован из стандарта ISO 26262, который требует проведения квалификационного испытания некоторых инструментальных средств, используемых в процессе разработки. Для того чтобы определить, насколько критичны смоделированные данные, при оценке критичности учитываются следующие параметры:

- a) последствия для безопасности персонала, например классы опасности в ISO 26262;
- b) степень влияния результатов моделирования на АСВ.

27. В нижеследующей таблице приведен образец матрицы оценки критичности для демонстрации этого анализа. Изготовители АСВ могут скорректировать матрицу в соответствии со своим конкретным случаем использования.

Таблица 1
Матрица оценки критичности

Влияние на АСВ	Значительное	Н/П	Работа в режиме ограниченной функциональности в рамках уменьшенных системных ограничений	Разработка плана вождения, исключая столкновения и соответствующего закону	Правильное выполнение и инициирование плана вождения
	Умеренное		Определение местоположения	Прогнозирование будущего поведения других субъектов	Восприятие соответствующих статических и динамических объектов в непосредственной близости от АСВ
	Незначительное	Стратегический контроль АСВ со стороны пользователя	Поддержание связи и взаимодействие с другими участниками дорожного движения	Безопасное управление передачей функции управления	Определение недостижения заданных номинальных характеристик
	Ничтожное	Взаимодействие пользователя с ЧМИ	Информирование пользователя о рабочем состоянии	Н/П	
		Ничтожное	Незначительное	Умеренное	Значительное
		Последствие решения			

28. С точки зрения оценки критичности ниже описаны три возможных случая для оценки:

- а) модели или инструментальные средства, находящиеся в красных ячейках, являются явными кандидатами на полное прохождение оценки достоверности;
- б) модели или инструментальные средства, находящиеся в желтых ячейках, могут быть или не быть кандидатами на полное прохождение оценки достоверности по усмотрению эксперта;
- в) модели или инструментальные средства, которые находятся в зеленых ячейках, не обязаны проходить оценку достоверности.

С. Верификация

29. Верификация ИМ связана с анализом правильности реализации концептуальных/математических моделей, составляющих набор инструментальных средств ИМ. Верификация способствует повышению достоверности ИМ, обеспечивая уверенность в том, что ИМ не будет демонстрировать нереалистичное поведение для набора входных данных, которые не могут быть проверены. Процедура основана на

многоэтапном подходе, который включает в себя верификацию кода, верификацию расчетов и анализ чувствительности.

1. Верификация кода

30. Верификация кода связана с выполнением теста, демонстрирующего, что на виртуальные модели не влияют никакие численные/логические недостатки:

a) изготовителю АСВ следует документировать выполнение верификации кода с использованием надлежащих методов, например статическую/динамическую верификацию кода, анализ конвергенции и сравнение с точными решениями, если это применимо⁶;

b) изготовителю АСВ следует предоставить документацию, демонстрирующую, что спектр исследования области входных параметров был достаточно широким для выявления комбинаций параметров, в отношении которых ИМ демонстрирует неустойчивое или нереалистичное поведение. Для демонстрации необходимого исследования поведения моделей можно использовать показатели охвата комбинаций параметров;

c) изготовителю АСВ следует применять процедуры проверки на исправность/корректность, если это позволяют данные.

2. Верификация расчетов

31. Верификация расчетов связана с оценкой численных ошибок, влияющих на ИМ:

a) изготовителю АСВ следует документировать предварительные оценки численных ошибок (например, ошибок дискретизации, ошибок округления, конвергенции итеративных процессов);

b) численные ошибки должны быть достаточно ограниченными, чтобы не влиять на валидацию.

3. Анализ чувствительности

32. Цель анализа чувствительности — количественная оценка воздействия изменений входных значений модели на выходные значения модели, а также, соответственно, определение параметров, оказывающих наибольшее влияние на результаты имитационного моделирования. Исследование чувствительности также позволяет определить, в какой степени имитационная модель соответствует пороговым значениям валидации при небольших изменениях параметров, поэтому оно играет основополагающую роль в поддержании достоверности результатов моделирования:

a) изготовителю АСВ следует предоставить подтверждающую документацию, демонстрирующую, что наиболее критические параметры, влияющие на результаты моделирования, были определены с помощью методов анализа чувствительности, например путем применения возмущения параметров модели;

b) изготовителю АСВ следует продемонстрировать, что при выявлении и калибровке наиболее важных параметров были приняты надежные процедуры калибровки с целью повышения достоверности разработанного набора инструментальных средств;

c) наконец, результаты анализа чувствительности также помогут определить входные данные и параметры, характеристика погрешности которых требует особого внимания, чтобы правильно определить погрешность результатов моделирования.

⁶ Roy, C. J. (2005). Review of code and solution verification procedures for computational simulation. *Journal of Computational Physics*, 205(1), 131-156.

4. Валидация

33. Количественный процесс определения того, с какой степенью точности модель или имитация описывает реальную систему с точки зрения предполагаемого использования ИМ. Примеры валидации набора инструментальных средств виртуальных испытаний приведены в добавлении 3 к приложению 3 к настоящему документу.

a) *Критерии эффективности (показатели)*

a) Критерии эффективности — это показатели, которые используются для сравнения результатов работы инструментального средства виртуальных испытаний с реальными показателями эффективности. Критерии эффективности определяются в ходе анализа ИМ;

b) показатели для валидации могут включать:

i) анализ дискретных значений, например коэффициента обнаружения, скорости срабатывания;

ii) изменение во времени, например положения, скорости, ускорения;

iii) анализ на основе потока действий, например расчетов расстояния/ скорости, расчета ВДС, начала торможения.

b) *Критерии точности приближения*

a) Рамки анализа, используемые для сравнения показателей реальной системы и показателей моделирования. Как правило, это ключевые показатели эффективности (КПЭ), указывающие на статистическую сопоставимость двух наборов данных. Примеры критериев точности приближения и корреляционных методик, которые могут быть использованы в процессе валидации, приведены в добавлении 2 к приложению 3 к настоящему документу;

b) валидация должна продемонстрировать, что эти КПЭ достигнуты.

c) *Методология валидации*

a) Изготовителю АСВ следует определить логические сценарии, используемые для валидации набора инструментальных средств виртуальных испытаний. Сценарии следует разработать таким образом, чтобы они максимально охватывали ДШЭ виртуальных испытаний для валидации АСВ;

b) точная методика зависит от структуры и назначения набора инструментальных средств. Валидация может включать один или несколько нижеперечисленных элементов:

i) валидацию моделей подсистем, например моделей окружающих условий (дорожная сеть, погодные условия, взаимодействие с участниками дорожного движения), моделей датчиков (радиолокатор (радар), лазерный локатор (лидар), камера), модели транспортного средства (рулевое управление, торможение, трансмиссия);

ii) валидацию системы транспортного средства (модель динамики транспортного средства вместе с моделью окружающих условий);

iii) валидацию системы обнаружения (модель датчика вместе с моделью окружающих условий);

iv) валидацию интегрированной системы (модель датчика + модель окружающих условий с влиянием модели транспортного средства).

d) *Требование к точности*

34. Требование к пороговому значению корреляции определяется в ходе анализа ИМ. Валидация должна продемонстрировать, что эти КПЭ достигнуты, например путем использования методик корреляции, определенных в приложении 2.

- e) *Область валидации (какая часть набора инструментальных средств подлежит валидации)*

35. Набор инструментальных средств состоит из нескольких инструментальных средств, причем каждое из них использует несколько моделей. В область валидации входят все инструментальные средства и их соответствующие модели.

- f) *Результаты внутренней валидации*

a) Документация должна не только служить доказательством валидации имитационной модели, но и использоваться для получения достаточной информации, которая связана с процессами и продукцией и обеспечивает общую достоверность используемого набора инструментальных средств;

b) документы/результаты могут переноситься из предыдущих оценок достоверности.

- g) *Независимая валидация результатов*

36. Эксперту по оценке следует проверить документацию, предоставленную изготовителем; он может также провести физические испытания всего интегрированного инструментального средства. Если результаты виртуальных испытаний недостаточно точно повторяют результаты физических испытаний, то изготовитель или эксперт могут потребовать повторного проведения виртуальных и/или физических испытаний. Результаты испытаний будут рассмотрены экспертом, причем производителю следует объяснить любые отклонения в результатах. Для обоснования отклонения в результатах, вызванных конфигурацией испытания, требуется достаточно убедительное объяснение.

- h) *Характеристика погрешности*

37. Этот раздел посвящен характеристике ожидаемой изменчивости результатов набора инструментальных средств виртуальных испытаний. Оценка должна состоять из двух этапов. На первом этапе информация, собранная в разделах «Анализ и описание ИМ» и «Источник происхождения данных/входных параметров», используется для характеристики погрешности во входных данных, параметрах модели и структуре моделирования. Затем, путем распространения всех погрешностей через набор инструментальных средств виртуальных испытаний, количественно оценивается погрешность результатов моделирования. В зависимости от погрешности в результатах моделирования изготовителю АСВ необходимо будет ввести соответствующие пределы безопасности при проведении виртуальных испытаний для валидации АСВ.

- i) *Характеристика погрешности во входных данных*

38. Изготовителю АСВ следует продемонстрировать, что он своевременно оценил ключевые входные данные модели с помощью надежных методов, таких как обеспечение многократных повторений оценки количества.

- ii) *Характеристика погрешности в параметрах модели (после калибровки)*

39. Изготовителю АСВ следует продемонстрировать, что ключевые параметры модели, которые не могут быть оценены однозначно, характеризуются посредством распределения и/или доверительных интервалов.

- iii) *Характеристика погрешности в структуре ИМ*

40. Изготовителю АСВ следует предоставить доказательства того, что допущения, принимаемым при моделировании, дана количественная характеристика с точки зрения полученной погрешности (например, путем сравнения результатов различных подходов к моделированию, когда это возможно).

- iv) Характеристика случайной погрешности в сравнении с эпистемологической погрешностью

41. Изготовителю АСВ следует стремиться различать случайную составляющую погрешности (которую можно только оценить, но не уменьшить) и эпистемологическую погрешность, возникающую из-за отсутствия знаний при виртуализации процесса.

III. Структура документации

42. В настоящем разделе будет определено, как вышеупомянутая информация будет собираться и организовываться в виде документации, предоставляемой изготовителем АСВ соответствующему органу:

a) изготовителю АСВ следует подготовить документ («руководство по моделированию»), структурированный в соответствии с настоящим планом и содержащий фактические данные, касающиеся представленных тем;

b) документацию следует предоставлять вместе с соответствующим выпуском системы ИМ и связанных с ним полученных данных;

c) изготовителю АСВ следует указать четкую ссылку, позволяющую проследить документацию до соответствующего ИМ/соответствующих данных;

d) документацию следует вести на протяжении всего жизненного цикла использования ИМ. Эксперт по оценке может провести проверку изготовителя АСВ путем оценки его документации и/или путем проведения физических испытаний.

IV. Взаимозависимость с подгруппами 1 и 3 НРГ по ВМАД

43. Сценарии, разработанные подгруппой НРГ по ВМАД, являются исходными данными для набора инструментальных средств ИМ.

44. Для поддержки процедур отраслевого аудита, установленных в подгруппе 3 НРГ по ВМАД, может быть использован анализ достоверности.

Приложение III — Добавление 1

Пример набора инструментальных средств виртуальных испытаний

Виртуальные испытания вводятся для снижения нагрузки на физические испытания и эффективного предоставления доказательств функционирования АСВ в домене эксплуатации. Однако ни одно инструментальное средство моделирования не может использоваться для проверки всех аспектов программного обеспечения АСВ, поэтому изготовители используют атрибуты различных инструментальных средств моделирования для развития уверенности в безопасности всей системы.

Каждое инструментальное средство виртуальных испытаний имеет свои сильные и слабые стороны в зависимости от скорости и стоимости выполнения, а также достигнутого уровня достоверности. Как правило, инструментальные средства с более низким уровнем достоверности используются для охвата большого количества сценариев, чтобы получить общее представление об эффективности работы системы. Затем можно повысить уровень достоверности в подмножестве сценариев для валидации характеристик АСВ в статистически значимом количестве реалистичных сценариев. Набор инструментальных средств изготовителя для проведения виртуальных испытаний может состоять из следующих инструментальных средств.

I. Моделирование восприятия

1. Моделирование восприятия может использоваться для обучения и валидации алгоритмов восприятия программного обеспечения АСВ с физически точными моделями датчиков в сочетании с данными подспутниковых наблюдений. Его можно выполнять в разомкнутом контуре, поскольку алгоритмы планирования и управления игнорируются.

Рис. 1

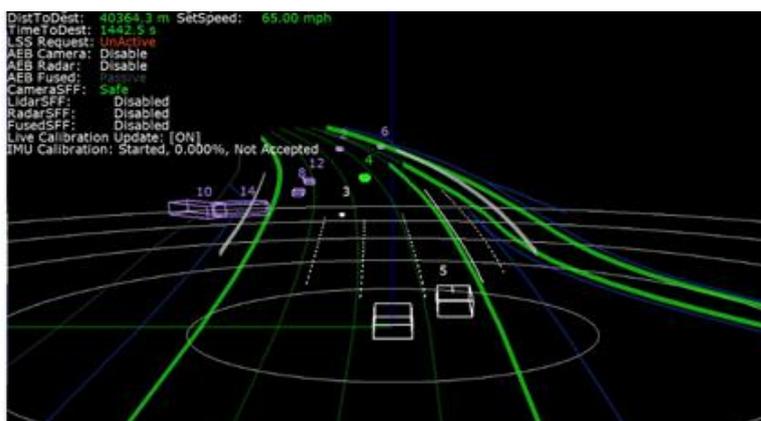
Пример моделирования восприятия



II. Моделирование планирования и контроля (ПК)

2. Моделирование ПК может использоваться для валидации алгоритмов управления программного обеспечения АСВ с использованием базовых моделей датчиков. Его можно выполнить быстрее, чем в реальном времени, т.е. это эффективный способ протестировать систему управления на большом количестве сценариев.

Рис. 2
Пример моделирования планирования и контроля



III. Полностекловое моделирование АТС (MIL, SIL или NIL)

3. Полностекловое моделирование АТС может точно отображать потоки данных от датчиков, которые представляют широкий спектр сред и сценариев. Программное обеспечение АСВ обрабатывает смоделированные данные, как если бы они поступали от датчиков транспортного средства, фактически движущегося по дороге, и отправляет команды срабатывания обратно на имитатор. Это позволяет инженерам тестировать редкие условия, такие как ливень, снежная буря или резкий блик в разное время дня и ночи. Каждый сценарий можно тестировать многократно, регулируя множество переменных, таких как поверхность дороги и ее окружение, погодные условия, движение других транспортных средств и время суток.

4. NIL можно использовать для испытаний всего аппаратного компонента или ЭБУ до появления реального транспортного средства, а также для испытаний взаимодействия/сетей компонентов в рамках виртуального прототипа, например для проведения испытаний на отказ электрических или электронных элементов аппаратных компонентов.

Рис. 3
Пример полностеклового моделирования АТС



IV. Транспортное средство в контуре управления (VIL)

5. VIL обеспечивает валидационные условия для готовых к эксплуатации транспортных средств в сочетании с моделированием виртуальной среды. Это позволяет выполнять сложные и критичные для безопасности сценарии на уровне транспортного средства.

A. VII на испытательных стендах

6. VII на испытательных стендах сочетает вышеприведенные преимущества с преимуществами лаборатории, обеспечивая гибкость в создании сценариев и воспроизводимость их выполнения. Это позволяет дополнительно тестировать реальные датчики и восприятие в контуре.

Рис. 4

Пример испытания VII на испытательном стенде



7. VII на испытательном стенде может состоять из следующих элементов:

a) динамика продольного движения: динамика продольного движения имитируется испытательным стендом. Это может быть либо динамометрический стенд, либо стенд для испытания ступиц колес/трансмиссии. Высокодинамичные динамометры в сочетании с имитацией динамики транспортного средства позволяют выполнять различные маневры и сценарии, включая высокодинамичное маневрирование в предельных условиях (реалистичное проскальзывание колес и т. д.);

b) динамика поперечного движения: если требуется динамика поперечного движения, включая рулевое управление, испытательные стенды могут быть расширены дополнительными устройствами для обеспечения возможности рулевого управления. В идеале следует не только разрешать рулевое управление, но и должным образом имитировать результирующие силы реакции, чтобы избежать состояний ошибки и обеспечить правильную работу вместе с функцией АТС;

c) моделирование виртуальной среды интерфейса: в зависимости от варианта использования и требований существуют различные возможности: ввод списка объектов (без датчика, без восприятия в контуре), ввод необработанных данных (без датчика, но с восприятием в контуре), беспроводная стимуляция датчика (датчик и восприятие в контуре). При использовании беспроводной стимуляции никакой модификации транспортного средства не требуется. Кроме того, возможна работа в смешанном режиме.

B. VII на испытательных площадках

8. При VII на испытательных площадках больше внимания уделяется взаимодействию между водителем/пассажем и транспортным средством. В этой конфигурации водитель/пассажир может испытать реальное ускорение (продольное и поперечное) транспортного средства (в отличие от транспортного средства в контуре управления на испытательных стендах). Возможен учет мнений и оценок реального водителя.

9. VIL на испытательном стенде может состоять из следующих элементов:
- a) динамика продольного движения: доступна реальная динамика продольного движения;
 - b) динамика поперечного движения: доступна реальная динамика поперечного движения;
 - c) моделирование виртуальной среды интерфейса: как правило, интерфейс между транспортным средством и виртуальной средой осуществляется через ввод списка объектов. Также возможен ввод необработанных данных. Реальные датчики не рассматриваются (за некоторыми исключениями для очень простых датчиков, таких как ультразвуковые).

V. Водитель в контуре управления (DIL)

10. Виртуальные испытания DIL могут быть полезны для поддержки оценки этой категории функциональных требований путем анализа взаимодействия между водителем и АСВ в безопасной и контролируемой среде.

Рис. 5

Пример испытания «Водитель в контуре управления»

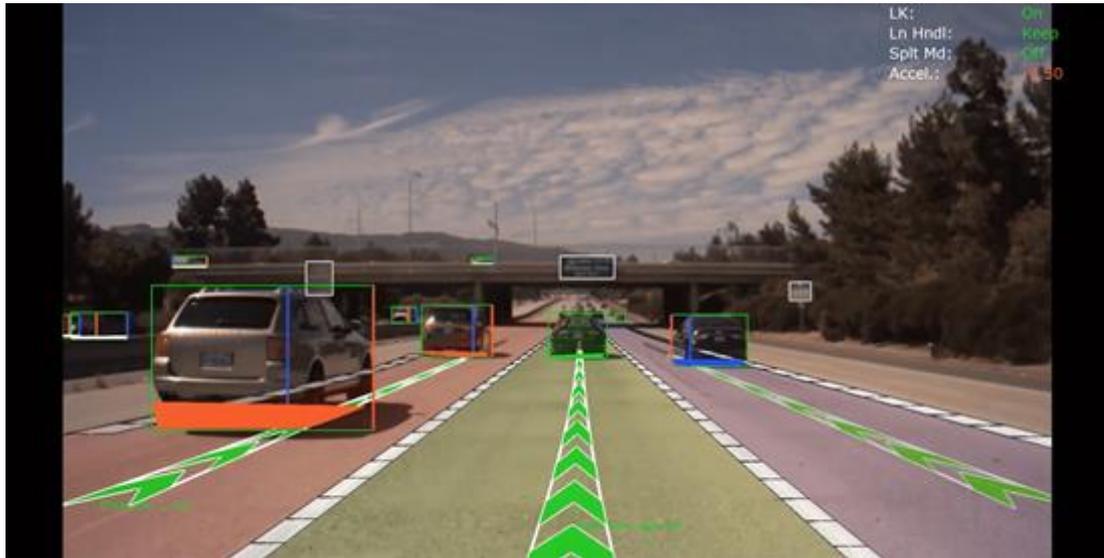


VI. Повторная обработка программным обеспечением (SwR)

11. SwR предполагает воспроизведение в программном обеспечении АСВ не синтетических данных, а ранее записанных данных датчиков для точной оценки достоверности восприятия в системе с разомкнутым контуром.

Рис. 6

Пример испытания, основанного на повторной обработке программным обеспечением



12. С учетом категорий функциональных требований, которые рассматриваются в настоящее время, виртуальные испытания представляются особенно актуальными для оценки требований, связанных со следующими аспектами:

a) АСВ должна обеспечивать безопасное вождение и функционирование в критических с точки зрения безопасности ситуациях. Для выполнения именно этих требований виртуальные испытания могут сыграть наиболее заметную роль. Виртуальные испытания в режимах MIL/SIL, HIL и VIL могут быть использованы для оценки соответствия этим требованиям на различных этапах верификации и валидации транспортного средства.

b) АСВ должна обеспечивать безопасное взаимодействие с пользователем. Виртуальные испытания в режиме DIL могут быть целесообразны с точки зрения поддержки оценки по данной категории функциональных требований путем анализа взаимодействия между водителем и АСВ в безопасной и контролируемой среде.

c) АСВ должна обеспечивать безопасное функционирование в режимах отказа, а также безопасное рабочее состояние. Применение виртуальных испытаний для этих двух категорий требований также представляется весьма перспективным, однако для него, вероятно, потребуются проведение дополнительных исследований. Виртуальные испытания в режиме SIL могут включать моделирование отказов и запросов на техническое обслуживание. Виртуальные испытания в режимах HIL и VIL могут применяться для оценки того, как система будет реагировать на возникновение настоящей неисправности, вызванной в реальной системе.

Таблица 1

Виртуальные испытания для оценки соответствия функциональным требованиям

Функциональное требование	SIL	HIL	VIL	DIL	SwR
АСВ должна обеспечивать безопасное вождение	Да	Да	Да	–	Да
АСВ должна обеспечивать безопасное взаимодействие с пользователем	Да	Да	Да	Да	–

<i>Функциональное требование</i>	<i>SIL</i>	<i>HIL</i>	<i>VIL</i>	<i>DIL</i>	<i>SwR</i>
АСВ должна обеспечивать функционирование в критических с точки зрения безопасности ситуациях	Да	Да	Да	–	Да
АСВ должна обеспечивать безопасное функционирование в режимах отказа	Да	Да	Да	–	–

13. В нижеследующей таблице описаны все доступные испытательные среды. Основное различие между этими испытательными средами заключается в применении виртуальных и реальных стимулов и в испытываемых элементах.

Таблица 2

Инструментальные средства виртуальных испытаний и доступные испытательные среды

<i>Инструментальное средство виртуальных испытаний</i>	<i>Программное обеспечение</i>	<i>Аппаратное обеспечение</i>	<i>Транспортное средство</i>	<i>Водитель</i>	<i>Внешние факторы</i>
Восприятие	Реальное	Виртуальное	Виртуальное	Виртуальный	Виртуальные
Планирование и контроль	Реальное	Виртуальное	Виртуальное	Виртуальный	Виртуальные
Полностековое моделирование АТС (SIL)	Реальное	Виртуальное	Виртуальное	Виртуальный	Виртуальные
Полностековое моделирование АТС (HIL)	Реальное	Реальное	Виртуальное	Виртуальный	Виртуальные
Транспортное средство в контуре управления	Реальное	Реальное	Реальное	Виртуальный	Виртуальные
Водитель в контуре управления	Виртуальное	Виртуальное	Виртуальное	Реальный	Виртуальные
Повторная обработка программным обеспечением	Реальное	Виртуальное	Нет	Нет	Реальные
Испытательная площадка	Реальное	Реальное	Реальное	Реальный	Нет
Испытание в реальных условиях	Реальное	Реальное	Реальное	Реальный	Реальные

Приложение III — Добавление 2

Пример корреляционных методик

Валидация набора инструментальных средств виртуальных испытаний должна основываться на количественной оценке набора КПЭ по отношению к реальным данным. В результате оценки получают показатель корреляции, который должен проверяться на соответствие предписанному пороговому значению корреляции. Признано, что ни один метод корреляции данных «имитация — реальность» не подходит для всех инструментальных средств виртуальных испытаний, поэтому ответственность за обоснование выбранных методик корреляции лежит на изготовителе АСВ.

Вычисление корреляции осуществляется путем сравнения временных рядов или вероятностных распределений в зависимости от наличия данных и виртуальной испытательной установки. Детерминированные виртуальные испытательные среды, такие как MIL и SIL, будут выдавать детерминированные результаты без возможности оценки доверительных интервалов. Точно так же не позволяет оценить доверительные интервалы реальное испытание, в рамках которого проводится одно выполнение для каждого теста. Таким образом, когда испытательная среда MIL сравнивается с единичным выполнением для целей валидации, возможен только анализ сравнения временных рядов.

С другой стороны, испытательная среда NIL или VIL подвержена определенной степени стохастичности, что подразумевает, что многократные повторения приведут к статистическому распределению результатов. Аналогичный результат будет достигнут при выполнении нескольких повторений для заданного сценария испытательной площадки. Этот способ позволяет проводить статистическое тестирование распределений собранных данных.

I. Графическое сравнение

1. Графические сравнения обеспечивают первый этап валидации, который показывает качество имитационной модели. Тем не менее субъективность, присущая качественному характеру оценки, подразумевает, что графические сравнения подходят только для подтверждения достоверности разработанного набора инструментальных средств. Надлежащая методология валидации должна основываться на количественных методах, описываемых ниже.

II. Сравнение скалярных данных

2. Сравнения скалярных данных являются полезными инструментами для сравнения значимых величин сигнала. Когда для валидации важны только пиковые значения сигнала (например, максимальная скорость рысканья во время экстренного маневра объезда препятствий), подходящим параметром является критерий относительной ошибки (КОО) [1] критерий разности амплитуд:

$$\frac{|peak_{real} - peak_{sim}|}{peak_{real}} * 100.$$

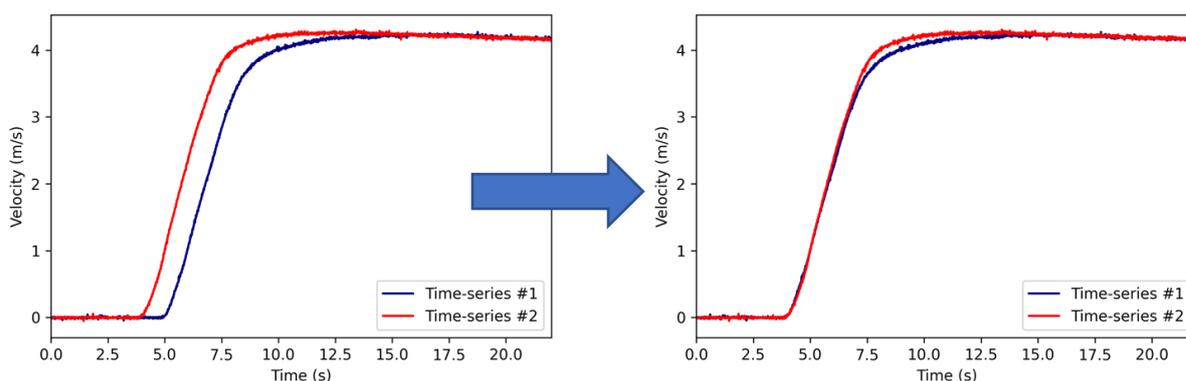
III. Сравнение временных рядов

3. Несмотря на то что скалярные данные являются первым шагом к количественной оценке, они дают ограниченную информацию о согласованности сигналов. Изучение временных рядов позволяет в большей степени исследовать корреляцию данных, полученных в результате моделирования, с реальными данными.

4. Существует несколько инструментальных средств для количественной оценки расстояния между временными рядами. Прежде чем предпринимать какие-либо попытки сравнения, временные ряды должны быть синхронизированы и повторно дискретизированы на основе самой низкой частоты между реальными и смоделированными данными. Широко распространенным решением для синхронизации является использование критерия времени прибытия (ВП). Этот критерий подразумевает определение эталонного времени начала сигналов, которое определяется по первому моменту достижения сигналом заранее определенной амплитуды.

Рис. 1

Пример процесса синхронизации и повторной дискретизации временных рядов



5. После соответствующей синхронизации и повторной дискретизации временной ряд может быть проанализирован в соответствии с функцией расстояния. Оценка расстояния обычно выполняется путем применения некоторой нормы к вектору остатков. Например, норма L_2 (евклидово расстояние) имеет следующий вид:

$$\sqrt{\sum_i^N (y_{sim,i} - y_{real,i})^2},$$

где N — общее число выборок. Нормализация нормы L_2 по общему числу выборок дает среднеквадратичную погрешность (СКП):

$$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^N (y_{sim,i} - y_{real,i})^2}.$$

6. Для количественной оценки расхождений между временными рядами можно использовать альтернативные нормы, которые чувствительны к различным особенностям или сигналам погрешности. Например, норма L_∞ выдает в качестве результата максимальное абсолютное значение погрешности:

$$\max_i (|y_{sim,i} - y_{real,i}|).$$

7. Недавно разработанные показатели позволяют разделить вклад фазовой погрешности (а значит, и форму временного ряда) и вклад амплитудной погрешности между сигналами, что позволяет получить больше информации о возможных несоответствиях, влияющих на модель. Такие методы исследуются в недавнем докладе, опубликованном Национальной лабораторией «Сандия» [2]. В частности, в нем представлена система измерения Спрейга — Джерса [3]. Этот же критерий принят для валидации виртуальных моделей кресел в области авиации [4]. Данная система измерения основана на определении интегрального расстояния между сигналами:

$$d_M = \sqrt{\frac{\sum_i y_{sim,i}^2}{\sum_i y_{real,i}^2} - 1},$$

и разности фаз:

$$d_P = \frac{1}{\pi} \cos^{-1} \left(\frac{\sum_i y_{sim,i} * y_{pg,i}}{\sqrt{\sum_i y_{sim,i}^2 * \sum_i y_{real,i}^2}} \right),$$

объединенных в общую погрешность.

$$d_{SG} = \sqrt{d_M^2 + d_P^2}.$$

8. Альтернативный анализ, который можно провести, — это установление корреляции между сигналами. В литературе было предложено несколько инструментальных средств для расчета корреляции [5]. Среди них часто используемым инструментом является корреляция Пирсона:

$$r_{sim,real} = \frac{|\sum_{i=1}^N (y_{sim,i} - \bar{y}_{sim})(y_{real,i} - \bar{y}_{real})|}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{sim,i} - \bar{y}_{sim})^2 \sum_{i=1}^m (y_{real,i} - \bar{y}_{real})^2}}.$$

Значения $r_{sim,real}$, близкие к 1, свидетельствуют о хорошей согласованности сигналов, в то время как при приближении к 0 корреляция ухудшается.

IV. Статистическое тестирование

9. Статистическое тестирование направлено на проверку того, не может ли нулевая гипотеза, т. е. гипотеза о том, что имитационная модель точно описывает реальную систему, быть опровергнута с учетом данных, полученных в результате моделирования. Статистическое тестирование особенно полезно при работе с недетерминированными виртуальными испытательными средами или при многократном повторении одного и того же сценария вождения на испытательной площадке.

10. Распространенным статистическим тестом является хорошо известный тест Хотеллинга, который позволяет установить, имеют ли два распределения значительно различающиеся средние значения. Тест Хотеллинга можно проводить как на одновыборочных, так и на двухвыборочных наборах данных. Одновыборочное исследование включает определение того, отличается ли статистически среднее значение данной совокупности (\bar{x}) от заданного исходного среднего значения μ_0 . Значение t можно рассчитать следующим образом:

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu_0)\sqrt{N}}{S},$$

где S — стандартное отклонение выборки. Нулевую гипотезу можно опровергнуть, если значение t превышает критическое значение, вытекающее из объема выборки N и уровня значимости.

11. Типичным примером одновыборочного теста Хотеллинга является исследование того, отличается ли экспериментальное среднее значение данной величины от распределения той же величины, полученного в результате многократных повторений на установке HIL/VIL. Точно так же сравнение многократных повторений на испытательной площадке с данными, полученными в детерминированной среде, представляет собой одновыборочный тест. И наоборот, двухвыборочный тест Хотеллинга имеет место при сравнении двух распределений. Сравнение более чем двух распределений может быть выполнено с помощью дисперсионного анализа.

12. Хотя тест Хотеллинга предназначен в основном для изучения среднего значения распределений, существуют альтернативные тесты, исключающие предположения о нормальности распределения входных данных. Так, тест Колмогорова — Смирнова позволяет оценить максимальное вертикальное расстояние в интегральных функциях распределения (ИФР) входных распределений.

Приложение III — Добавление 3

Примеры валидации

В настоящем разделе представлены подходы к моделированию и валидации для трех классов моделей: полосы движения и камеры, радиолокаторов и лазерных локаторов, динамических моделей транспортных средств. Первые два пункта посвящены описанию реализации виртуальных модулей восприятия, которые вместе с виртуальными моделями транспортных средств, описываемыми в последнем пункте, обеспечивают взаимодействие АСВ со средой моделирования. В представленном материале приводятся примеры показателей и соответствующих КПЭ, которые позволяют определить уровень достоверности, обеспечиваемый виртуальным решением.

В центре внимания данного исследования находятся имитационные модели как таковые (их собственные свойства). Тем не менее полная оценка уровня достоверности, обеспечиваемого интегрированными инструментальными средствами виртуальных испытаний, может также включать исследование реалистичности воспроизведения данных от датчиков, обеспечиваемого виртуальной средой. Речь идет о том, чтобы установить, насколько точно устройство моделирования способно передать характеристики реального мира, которые важны для систем восприятия, но которые необязательно должны соответствовать особенностям человеческого зрения.

I. Валидация модели полосы движения

1. Валидация модели полосы движения рассматривается в качестве практического примера того, как проводится валидация, являющаяся частью оценки достоверности. Точное моделирование полосы движения требуется для алгоритма восприятия, используемого в большинстве систем боковой поддержки, например для помощи движению по полосе, выведения в центр полосы движения, помощи при смене полосы движения и т. д. Для того чтобы продемонстрировать, что модели полосы движения соответствуют целевому назначению, мы использовали процессы, определенные в оценке достоверности. Динамика транспортного средства в ходе такой валидации не учитывается, поскольку динамика шасси будет оказывать незначительное влияние на способность обнаруживать разметку полосы движения. Процесс состоит из следующих элементов:

- a) подсистема — модель камеры;
- b) система обнаружения — модель камеры с разметкой виртуальной полосы движения;
- c) интегрированная система — алгоритмы обнаружения полосы движения.

A. Валидация модели камеры

2. Моделирование должно обеспечивать точное изображение (собственное свойство) той или иной сцены из правильного положения (привнесенное свойство) для всех камер. Конкретные внутренние явления, которые связаны с камерами и которые следует учитывать во время валидации, включают:

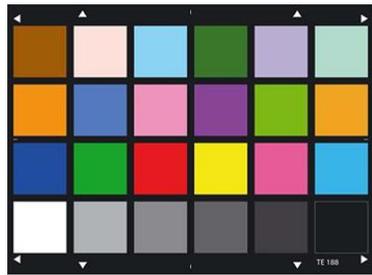
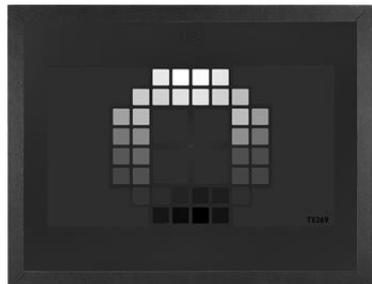
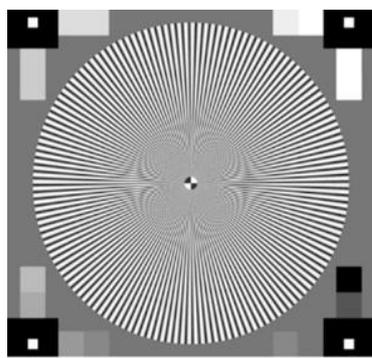
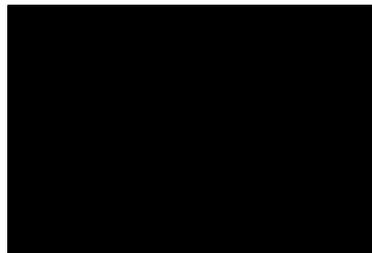
- a) дисторсию объектива: оптическую аберрацию из-за проекции;
- b) виньетирование: затемнение границы экрана;
- c) зерновое дрожание: введение белого шума;
- d) ореол: наличие интерференционных полос вокруг светлых участков;
- e) автоэкспозицию: адаптацию гаммы изображения к более темным или более светлым участкам;

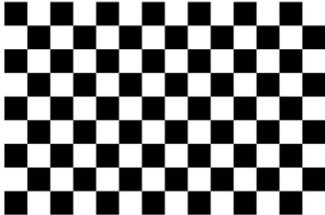
- f) блики в объективе: отражение ярких объектов на объективе;
- g) глубину резкости: размытие объектов, расположенных близко или очень далеко от камеры;
- h) время экспозиции: длительность открытия затвора.

3. Ниже приведен неполный перечень инструментальных средств, которые можно использовать для поддержки валидации модели камеры.

Таблица 1

Примеры инструментальных средств для поддержки валидации модели камеры

<i>Инструментальное средство</i>	<i>Изображение</i>	<i>Назначение</i>
Цветная испытательная таблица Макбета		<ul style="list-style-type: none"> • Определение цветового пространства камеры • Определение параметров моделирования шума камеры • Определение экспозиционных характеристик
Диаграмма теста на функцию электронно-оптического преобразования		<ul style="list-style-type: none"> • Оценка функции электронно-оптического преобразования камеры
Диаграмма SFR		<ul style="list-style-type: none"> • Измерение резкости, контрастности и эффектов линзы
Характеристика бликов в объективе		<ul style="list-style-type: none"> • Разделение статических и динамических компонентов (темный дробовой шум) с перекодированием видео • Определение характеристик объектива на предмет бликов и призрачных артефактов

<i>Инструментальное средство</i>	<i>Изображение</i>	<i>Назначение</i>
Калибровка объектива F-Theta		<ul style="list-style-type: none"> • В каждом положении наклон шашечной мишени как по горизонтали, так и по вертикали до 45 градусов • Определение полинома F-Theta и его сравнение с более точным измерением объектива

4. AprilTags («апрельские теги») — это визуальная маркерная система и полезное инструментальное средство, предназначенное для поддержки валидации внешних свойств, связанных с камерой. Маркеры обеспечивают возможность идентификации и трехмерного позиционирования даже в условиях плохой видимости. Маркеры действуют как штрих-коды, сохраняя небольшой объем информации (идентификатор маркера), а также позволяя просто и точно оценить положение маркера по шести параметрам (x, y, z, крен, тангаж, рыскание).

Таблица 2

Широкоугольная камера переднего вида с углом обзора 120 градусов

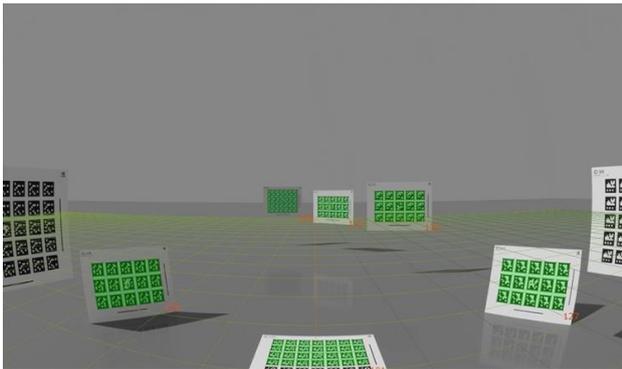
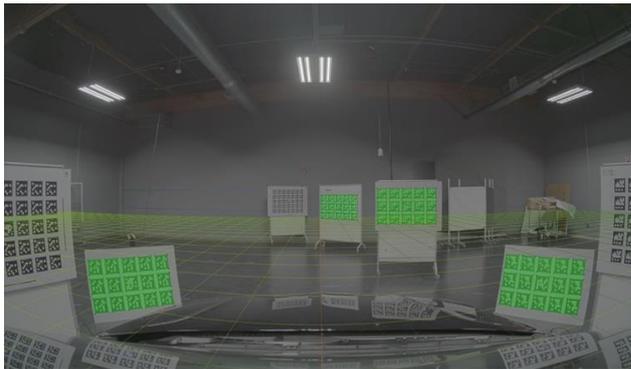
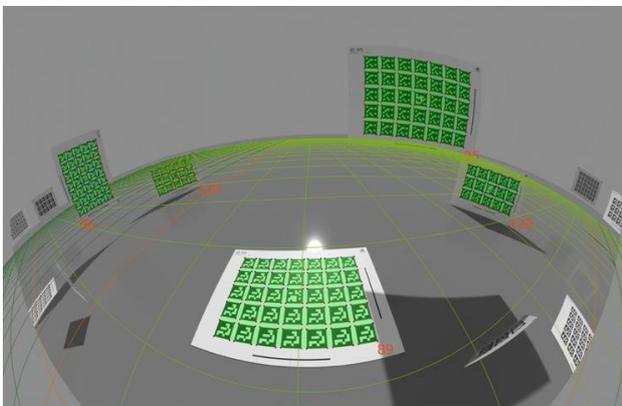
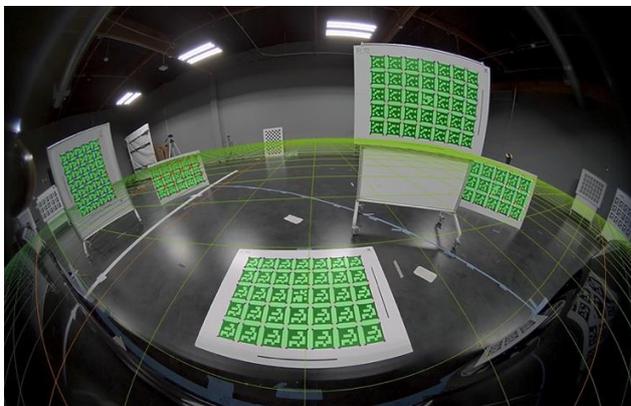
<i>Моделирование</i>	<i>Реальные условия</i>
	

Таблица 3

Левая камера типа «рыбий глаз» с углом обзора 200 градусов

<i>Моделирование</i>	<i>Реальные условия</i>
	

5. Положения и ориентации диаграмм «апрельских тегов» хорошо ограничены в сцене, поскольку они видны с нескольких камер. Пороговые значения могут быть установлены с учетом погрешности, обусловленной различием в абсолютной позиции/угле «апрельских тегов».

Рис. 1
 Пример абсолютной погрешности положения на основе калибровки

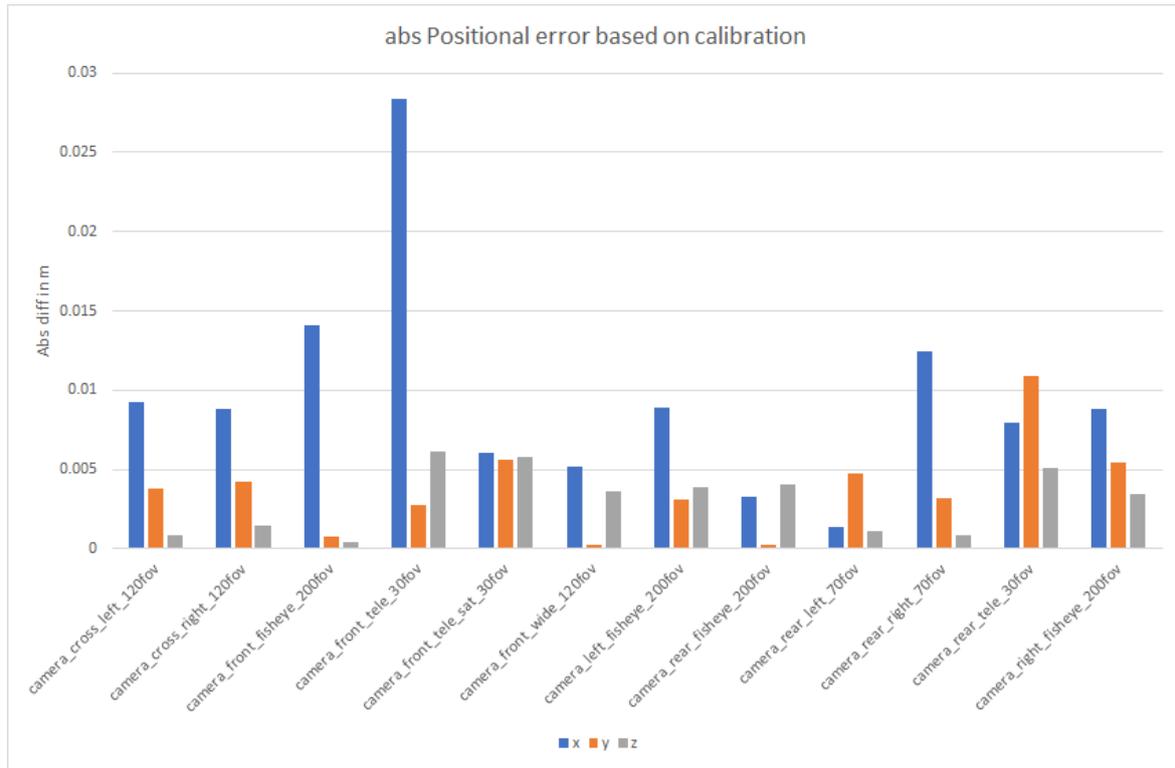
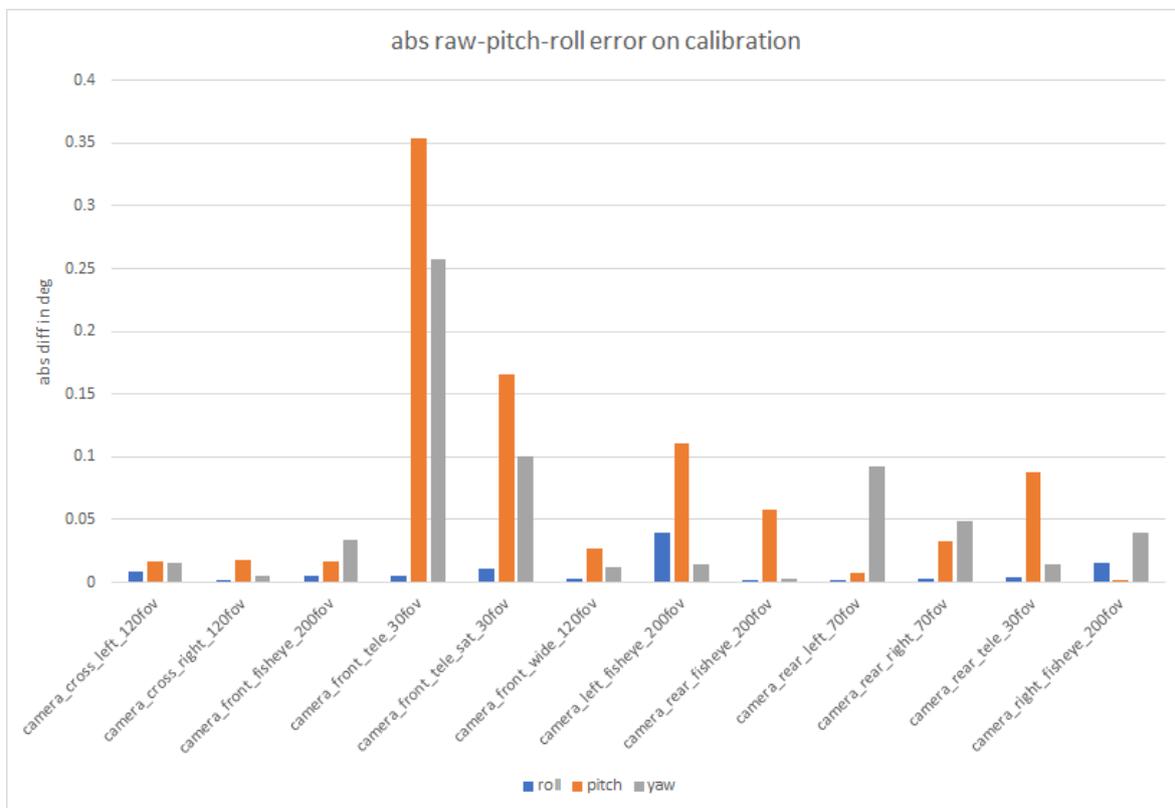


Рис. 2
 Пример абсолютной погрешности рыскания, тангажа и крена на основе калибровки



В. Валидация системы обнаружения

6. Цель валидации системы обнаружения состоит в том, чтобы продемонстрировать, что модели камер обеспечивают точные результаты в виртуальной среде, в которой будет работать тестируемая система. Для определения эффективности виртуальной системы обнаружения можно использовать заранее определенные КПЭ. Для моделей полос движения используется коэффициент контрастности между разметкой полосы движения и поверхностью дороги, чтобы продемонстрировать производительность системы обнаружения как в физической, так и в виртуальной среде.

7. Здесь в качестве примера приведена простая схема разделения характеристик датчика на несколько классов эквивалентности. Данный метод основан на эффективном разделении классов эквивалентности условий, оказывающих значительное влияние на показатели производительности датчика, в данном случае на коэффициент контрастности между разметкой полосы движения и поверхностью дороги. Может быть сформирован шаблон требований, объединяющий достижение производительности с определенными условиями окружающей обстановки или сценария.

8. Типовой шаблон требований можно представить следующим образом:

Показатель {КПЭ} должен быть {больше, чем} {пороговое значение КПЭ},
если {существуют условия}.

9. При необходимости шаблон требований можно повторять с различными условиями, чтобы 1) полностью охватить все внешние условия, включая предельные точки, и 2) определить граничные значения, при которых требования к производительности могут меняться в зависимости от условий, например снижение коэффициента ложноположительного обнаружения границы полосы движения, если идет снег. Если этот шаблон требований хорошо определен для всех возможных условий и независимо проверен и если разработчики обязуются выполнять требования, то проблема «функциональной недостаточности» в работе датчиков будет, вероятно, уменьшена или полностью устранена.

10. В качестве примера можно привести метод разделения на условные классы в рамках следующей простой структуры:

a) Класс 1. Расчетные условия: это идеальные, наилучшие условия.

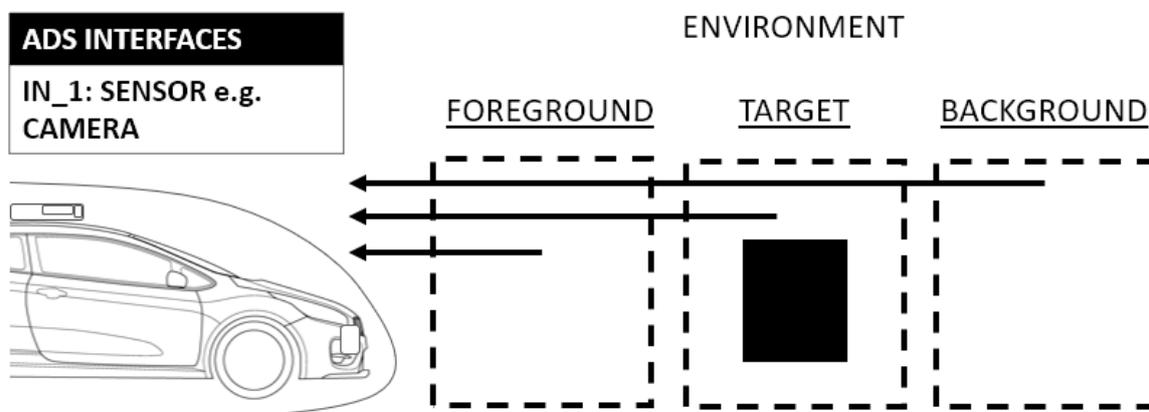
b) Класс 2. Средние условия: это ожидаемые реальные условия, которые, вероятно, потребуют значительных усилий по разработке по сравнению с условиями класса 1, например внутреннего квартильного диапазона.

c) Класс 3. Наихудшие из приемлемых условий: это наихудшие условия, при которых будет гарантироваться определенный уровень производительности, например диапазон значений 95-й перцентили. Скорее всего, это потребует компромисса между минимально необходимым уровнем производительности и завершением разработок. За пределами этого класса никаких требований к производительности не предъявляется. (Примечание: при необходимости это можно скорректировать).

11. Наконец, может возникнуть необходимость в разделении самих условий на параметры в соответствии с их зависимостью или независимостью друг от друга и в их выделении в минимальный набор параметров, адекватно отражающий условия окружающей обстановки и конкретных сценариев. Для каждого способа обнаружения, который рассматривался до сих пор, включая камеру (видимая область спектра), радиолокатор, лазерный локатор, ультразвуковые и инфракрасные камеры, нижеследующая типовая модель датчика показала, что она повторяема и полезна для анализа всех условий окружающей обстановки при всех способах обнаружения. Она разделена на три отдельных параметра: передний план, целевой объект и задний план.

Рис. 3

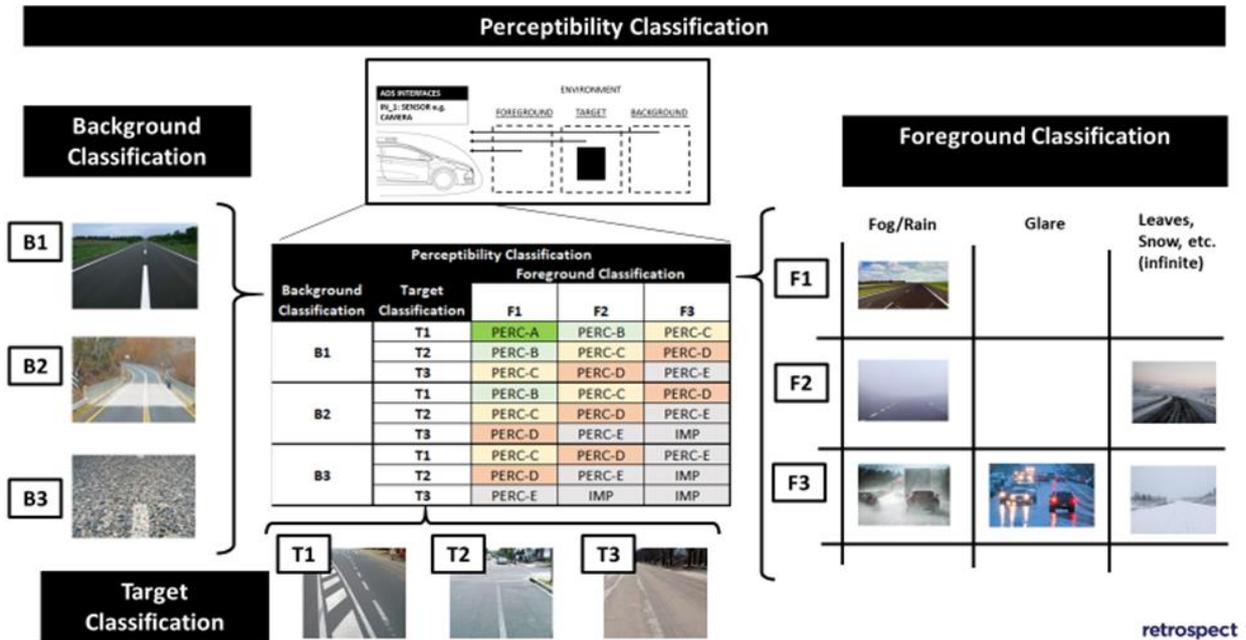
Типовая модель датчика для анализа всех условий окружающей обстановки во всех режимах обнаружения



12. В примере системы видекамеры, выполняющей обнаружение полосы движения, «целевым объектом» будет сама полоса движения. Для полной фиксации всех необходимых атрибутов целевого объекта, таких как цвет, положение, кривизна, тип штрихов, резкость (или размытость) и т. д., может потребоваться разработка многочисленных атрибутов. В данном случае атрибутом, представляющим интерес, является коэффициент контрастности полосы движения по отношению к поверхности дороги. «Задним планом» в модели обнаружения будет поверхность дороги. «Передним планом» может быть все, что находится между датчиком и целевым объектом, например туман, дождь или чистый воздух, а также мусор, предметы, накопившийся снег и т. д.

13. На нижеследующем рисунке образец изображения из демонстрации дополненной реальности на уровне датчиков используется для того, чтобы показать, как передний план, в данном случае снег, может изменить контрастность полосы движения (целевой объект) по отношению к дороге (задний план). Это подчеркивает пользу условной классификации, поскольку она может предоставить точку согласованного интерфейса между бесконечными вариациями и комбинациями условий окружающей обстановки и конечным набором требований к производительности, которые должны обеспечить разработчики.

Рис. 5
Классификации пригодности для восприятия

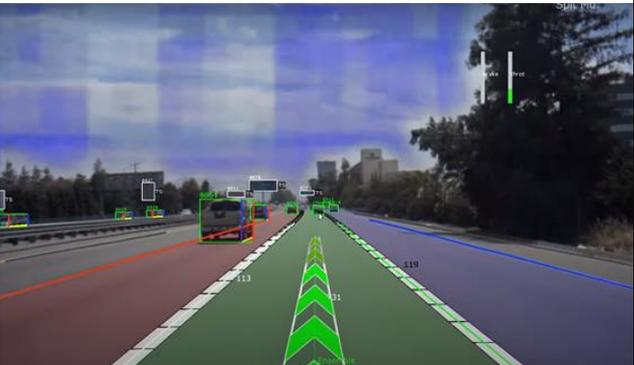


16. Разработчики должны сами определить, что полезно для общих целей системы и заданных технических возможностей, однако цель подхода к валидации системы обнаружения состоит в том, чтобы показать, как разработчики и испытатели могут полностью указывать требования к производительности и безопасности в своих контрактах на разработку и предъявлять доказательства выполнения этих контрактов. В этом случае довольно низок риск обнаружить на поздних этапах разработки, что они не могут обеспечить ожидаемую производительность. Даже если это произойдет, проще всего будет, вероятно, пересмотреть уровни производительности и сообщить об этом всем заинтересованным сторонам. Наибольший риск может возникнуть, если не составить требования с самого начала и запланировать в отношении производительности датчиков выжидательный подход.

С. Валидация интегрированной системы

17. Наконец, проводится тестирование всей интегрированной системы. В нее входит система обнаружения с интегрированными алгоритмами восприятия. Смоделированные и реальные данные собираются из одной и той же среды и синхронизируются. Затем можно сравнить алгоритмы восприятия изменения состояния, чтобы проверить, соответствуют ли смоделированные результаты реальным показателям. Пороговое значение корреляции позволит определить, используются ли алгоритмы обнаружения полосы движения для поддержки системы предупреждения о выходе за пределы полосы движения (СПВП), системы удержания в полосе движения (АСУП) или АСВ.

Таблица 3
Сбор и синхронизация смоделированных и реальных данных

Моделирование	Реальные условия
	

18. После демонстрации того, что модель полосы движения достаточно точна, инструментальное средство виртуальных испытаний можно использовать для поддержки оценки алгоритмов обнаружения полосы движения. Виртуальные испытания можно проводить для значительного ускорения процесса валидации и предоставления достаточных доказательств того, что система работает ожидаемым образом в рамках ДШЭ. После достижения базовой корреляции моделей и набора инструментальных средств инструментальное средство виртуальных испытаний можно использовать для валидации большого диапазона типов поведения и подтверждения безопасных реакций на неожиданные ситуации. Путем применения вариаций и рандомизации различных входных данных реакция системы проверяется на широком диапазоне сценариев и стимулов и достигается бóльшая уверенность в ее эффективности. Эта уверенность может быть отражена показателями охвата (измеренными с использованием входных данных и/или диапазонов ДШЭ): более высокий измеренный показатель охвата коррелирует с большей уверенностью в эффективности системы, поскольку она была испытана на более широком наборе ситуаций.

Рис. 6
Виртуальное испытание поведения систем и их реагирования в рамках различных тестовых сценариев



II. Валидация модели лазерного локатора/радиолокатора

A. Подходы к моделированию

19. Подходы к моделированию лазерного локатора/радиолокатора можно неофициально разделить на уровни достоверности в зависимости от целевого применения ИМ. В частности, можно выделить три эталонных класса [6]:

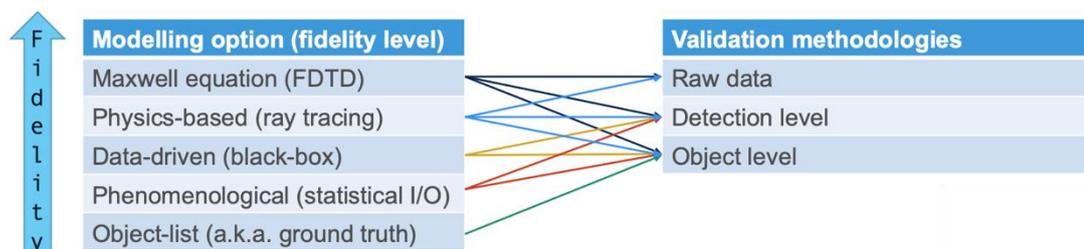
a) модели «низкой» достоверности: получение списка и статуса дорожных объектов непосредственно из контрольной виртуальной среды. Эта парадигма моделирования не позволяет использовать статистические аспекты, связанные с восприятием, такие как уровень ложноположительных/ложноотрицательных срабатываний. Однако модели низкой достоверности могут включать базовое моделирование датчиков, например учет поля зрения датчика и окклюзий для фильтрации всего списка объектов;

b) модель «средней» достоверности: как и модели низкой достоверности, модели средней достоверности получают статус объектов из ядра виртуальной среды. Тем не менее датчики средней достоверности вводят параметры вероятности обнаружения (ложноположительное срабатывание и ложноотрицательное срабатывание), влияния формы и материала объектов на обнаружение, а также эффектов окружающей обстановки, такие как деградация атмосферы;

c) модель «высокой» достоверности: использование преимуществ передовых и вычислительно затратных методов исполнения для моделирования физических процессов, происходящих в реальном датчике. Датчики высокой достоверности принимают в качестве входных данных смоделированную трехмерную среду после трассировки лучей/растеризации. Затем этим моделям датчиков разрешается работать с входными данными, схожими с их физическими аналогами.

Рис. 7

Уровни достоверности вариантов моделирования лазерных локаторов/радиолокаторов и соответствующие методики валидации



20. Каждый уровень достоверности может быть ассоциирован с соответствующей процедурой валидации. Например, только «высокий» и «средний» уровни достоверности предоставляют смоделированные необработанные данные, которые можно сравнить с реальной записью. И наоборот, модель «низкой» достоверности может предоставить только информацию, связанную с объектом/уровнем обнаружения. Следовательно, в этом случае не может быть принята никакая процедура валидации, требующая в качестве входных данных необработанные данные.

B. Показатели и КПЭ для явной валидации моделей лазерного локатора/радиолокатора

21. Валидация модели датчика связана с установлением того, является ли разработанная модель датчика жизнеспособным решением для целей проведения сертификации АСВ посредством виртуальных испытаний. Методы «явной» валидации позволяют напрямую сравнивать выходные данные, полученные непосредственно от

виртуальной модели, с реальным аналогом для того же набора входных данных, когда это применимо.

22. Валидация АСВ должна основываться на подходах к моделированию с максимальной достоверностью виртуальных испытаний, при которых решающую роль играет система восприятия. Таким образом, настоящее приложение в основном касается валидации моделей лазерного лоатора/радиолоатора «средней» и «высокой» достоверности. Такие модели обычно валидируются путем использования созданных «облаков точек» (ОТ) или на уровне «сетчатой карты занятости» (СКЗ).

23. СКЗ получают из ОТ, где ячейка (c_i) считается свободной ($c_i = 0$) или занятой ($c_i = 1$), если вероятность обнаружения препятствия в ячейке больше 0,5.

24. СКЗ, полученные в результате имитационных испытаний и испытаний в реальных условиях, можно сравнить, используя один из следующих методов:

a) пиксельные потери СКЗ:

$$\frac{\sum_{x_c=0}^{\text{Width}} \sum_{y_c=0}^{\text{height}} |\text{sim}_{\text{grid}}(x_c, y_c) - \text{real}_{\text{grid}}(x_c, y_c)|}{\sum_{x_c=0}^{\text{Width}} \sum_{y_c=0}^{\text{height}} |\text{sim}_{\text{grid}}(x_c, y_c) - \text{real}_{\text{grid}}(x_c, y_c)|};$$

b) корреляция Пирсона по СКЗ:

$$\frac{|\sum_{i=1}^{n_c} (c_{i,\text{sim}} - \bar{c}_{\text{sim}})(c_{i,\text{real}} - \bar{c}_{\text{real}})|}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_c} (c_{i,\text{sim}} - \bar{c}_{\text{sim}})^2 \sum_{i=1}^m (c_{i,\text{real}} - \bar{c}_{\text{real}})^2}} \frac{|\sum_{i=1}^{n_c} (c_{i,\text{sim}} - \bar{c}_{\text{sim}})(c_{i,\text{real}} - \bar{c}_{\text{real}})|}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_c} (c_{i,\text{sim}} - \bar{c}_{\text{sim}})^2 \sum_{i=1}^m (c_{i,\text{real}} - \bar{c}_{\text{real}})^2}};$$

c) соотношение СКЗ:

$$\frac{\sum_i^N \text{cell sim } c_j}{\sum_j^N \text{cell real } c_i} \frac{\sum_i^N \text{cell sim } c_j}{\sum_j^N \text{cell real } c_i}.$$

25. В качестве альтернативной процедуры валидации виртуальные и реальные облака точек (ОТ) могут быть охарактеризованы с помощью функции расстояния, например:

a) евклидово расстояние ОТ:

$$D'_{pp} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \min_{1 \leq n \leq N} \|p_{\text{sim}} - p_{\text{real}}\|; D'_{pp} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \min_{1 \leq n \leq N} \|p_{\text{sim}} - p_{\text{real}}\|;$$

b) корреляция Пирсона по ОТ:

$$\frac{|\sum_{i=1}^m (x_{i,j} - \bar{x}_j)(y_i - \bar{y})|}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{i,j} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}} \frac{|\sum_{i=1}^m (x_{i,j} - \bar{x}_j)(y_i - \bar{y})|}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{i,j} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}}.$$

26. На основании данных, представленных в [7], [8], в литературе описаны следующие пороговые значения корреляции:

Таблица 4

Пороговые значения корреляции из литературы

Показатель	Корреляция, описанная в литературе	Оптимальный уровень
Корреляция Пирсона по СКЗ	0,59–0,76	1
Соотношение СКЗ	0,2–0,5	1
Корреляция Пирсона по ОТ	0,57–0,59	1

С. Неявная валидация модели лазерного локатора/радиолокатора

27. Система восприятия АСВ — это элемент, который действует как интерфейс между средой моделирования и реальной АСВ. Соответственно, любая информация, полученная датчиками, направляется в АСВ. При валидации модели датчика не следует игнорировать влияние, которое могут оказать на такую сложную систему, как АСВ, даже небольшие расхождения между реальной и виртуальной моделью.

28. Методы «неявной» валидации позволяют установить достоверность модели датчика путем включения алгоритмов восприятия [9] в цепочку валидации. Затем проводится сравнение путем установления разницы между объектами, полученными в результате моделирования, и реальными объектами, обнаруженными/отслеженными в ходе дорожного движения.

29. Оценка неявных показателей может быть выполнена путем прямого сравнения расстояния между координатами $(x, y)_{obj, sim}$ и $(x, y)_{obj, real}$ отслеживаемых препятствий в течение всего эксперимента с помощью методов, описанных в приложении II. В качестве альтернативы можно вычислить коэффициент Жаккара

$$J(bb_{sim}, bb_{real}) = \frac{|bb_{sim} \cap bb_{real}|}{|bb_{sim} \cup bb_{real}|}$$

в случае, если слой обнаружения выдаст в качестве результата ограничивающие прямоугольники.

III. Валидация модели динамики транспортного средства

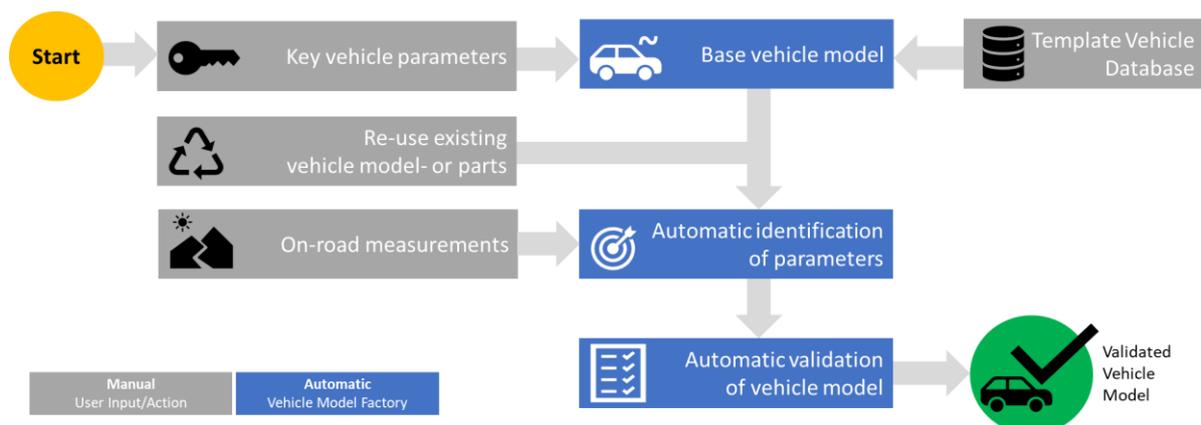
30. Помимо моделирования окружающей обстановки и датчиков, описанного в предыдущих разделах, важное место в наборе инструментальных средств виртуальных испытаний для сертификации и официального утверждения типа занимает моделирование динамики транспортного средства. Создание динамических моделей транспортных средств с высокой достоверностью воспроизведения является трудоемким и дорогостоящим процессом, поскольку для достижения требуемого качества точности на уровне транспортного средства необходимы точные измерения компонентов (например, проскальзывания шин).

А. Подход «завод по выпуску моделей транспортных средств» (ЗМТС) [10]

31. Для того чтобы сократить время, усилия и объем ранее полученных знаний, необходимых для создания и валидации модели транспортного средства, можно использовать программные инструментальные средства, помогающие создавать модели высокой достоверности. Так, подход «завод по выпуску моделей транспортных средств» требует наличия трех типов основных входных данных. Во-первых, требуется минимальное количество ключевых параметров транспортного средства, которые можно получить из таблиц технических характеристик транспортного средства или измерений, выполненных в мастерской (например, угловой вес транспортного средства, колесная база, ширина колеи, размеры шин и т. д.) Во-вторых, испытательный автомобиль должен быть оснащен минимальным набором измерительного и записывающего оборудования (CAN-доступ, инерциальный измерительный блок, акселерометр и GPS). Необходимая аппаратура не требует внесения изменений в конструкцию транспортного средства. Наконец, на испытательном треке должен быть выполнен набор заранее определенных маневров.

Рис. 8

Подход «завод по выпуску моделей транспортных средств» (ЗМТС)

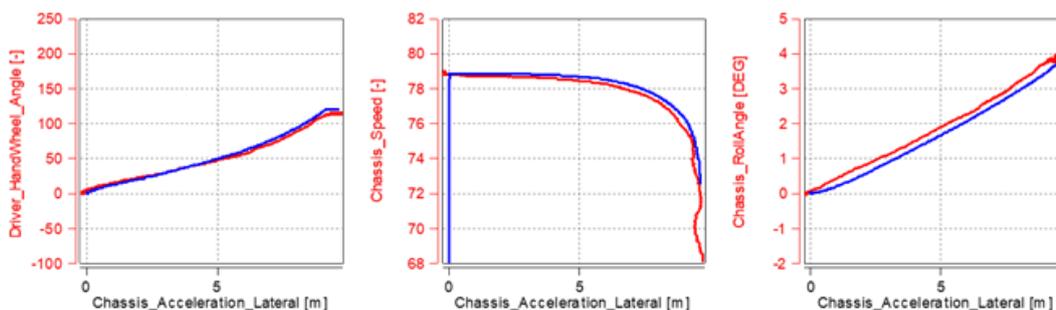


32. Для решения задачи идентификации параметров определяются группы. Например:

- сопротивление движению (коэффициенты сопротивления движению);
- распределение массы (положение центра тяжести по вертикали и горизонтали);
- подвеска (поведение в движении крена и тангажа);
- трансмиссия (схемы распределения крутящего момента от двигателя/ двигателя и педалей, передаточные числа коробки передач и общее передаточное число).

Рис. 9

Сравнение измерений в условиях дорожного движения и результатов применения модели динамики транспортного средства



Slowly Increased Steer (80kph)	Max. lateral acceleration [m/s ²]	Roll Angle Gradient [deg/(m/s ²)]	Pitch Angle Gradient [deg/(m/s ²)]	
			Acceleration	Braking
Road measurements	9.801	0.348	8.33	8.12
AVL VSM™	9.6	0.332	8.32	8.25
Accuracy	97.9%	95.4%	98.8%	98.3%

33. Программное инструментальное средство позволяет автоматически определять параметры на основе набора собранных данных и выбранной шаблонной модели. После определения параметров они вводятся в модель транспортного средства, и автоматически выполняется имитация для валидации.

В. Пример моделирования АСЭТ

34. Для виртуальной сертификации функций автоматической системы помощи водителю (АСПВ)/АВ решающее значение в плане достижения максимальной корреляции между виртуальным и реальным поведением системы имеют валидированные динамические модели транспортного средства. Так, точные модели шин и тормозов позволяют проводить реалистичные испытания автоматической системы экстренного торможения (АСЭТ) с точки зрения результатов замедления и тормозного пути. Валидированные модели подвески будут реалистично влиять на выходные данные виртуальных датчиков, таких как радиолокатор, лазерный локатор или камера, включая, например, продольное и поперечное движение шасси. В целом корреляционный анализ в рамках создания цифрового двойника транспортного средства для виртуальных испытаний АСПВ должен проводиться на нескольких уровнях, таких как:

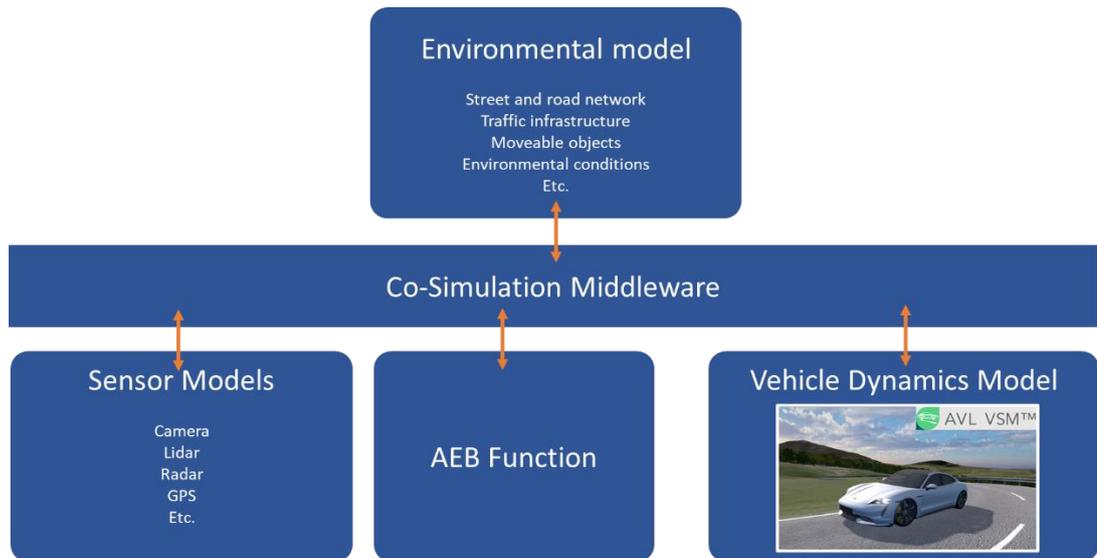
- a) динамическое поведение транспортного средства;
- b) геометрические характеристики транспортного средства (трехмерный цифровой двойник);
- c) выходные данные датчика окружающей среды (необработанные данные);
- d) выходные данные восприятия (обнаруженные и классифицированные объекты);
- e) поведение контроллера АСПВ/АВ.

35. Для того чтобы продемонстрировать важность точных моделей динамики транспортного средства для испытаний АСПВ, было проведено моделирование функции АСЭТ и проанализированы результаты двух различных виртуальных конфигураций легкового лимузина. При этом в конфигурации 1 использовались летние шины, а в конфигурации 2 — зимние.

36. В рамках Регламента по общей безопасности (GSR), снабженного более масштабной базой данных о сценариях, был смоделирован простой сценарий АСЭТ, в котором испытуемое транспортное средство приближается к целевому объекту на переднем плане на различных скоростях, а именно: 20, 40 и 60 км/ч. Работа контроллера АСЭТ основана на пороговых значениях времени до столкновения (ВДС), которые инициируют различные режимы торможения. Экстренное торможение срабатывает, как только ВДС превышает критический порог.

37. Всего было проведено шесть имитаций. Три — для конфигурации с летними шинами, и три — с зимними шинами, имеющими уменьшенное продольное сцепление с дорогой. Результаты показывают, что зимние шины значительно увеличивают тормозной путь. При скорости 60 км/ч тормозной путь увеличивается с 14,77 до 17,51 м. При скорости 20 км/ч тормозной путь после замены шин увеличился на 2,2 м.

Рис. 10
Пример валидации функции АСЭТ



38. С другой стороны, максимальное продольное замедление снижается при переходе с летних шин на зимние. В разных случаях наблюдается снижение в диапазоне от 0,6 (при 20 км/ч) до 1,8 м/с² (при 60 км/ч). Хотя эти результаты не удивительны и их можно ожидать в реальных испытаниях, моделирование демонстрирует влияние незначительных вариаций модели на производительность АСЭТ. В имитациях с низкоточными динамическими моделями этот эффект может быть упущен из виду, а критические сценарии или столкновения могут остаться необнаруженными.

IV. Библиография

1. “proposed_cm-s-014_modelling_simulation_-_for_consultation.pdf.” Accessed: Jul. 30, 2021. [Online]. Available: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/proposed_cm-s-014_modelling_simulation_-_for_consultation.pdf.
2. K. A. Maupin and L. P. Swiler, “Validation Metrics for Deterministic and Probabilistic Data,” p. 52.
3. M. A. Sprague and T. L. Geers, “A spectral-element method for modelling cavitation in transient fluid–structure interaction,” *Int. J. Numer. Methods Eng.*, vol. 60, no. 15, pp. 2467–2499, Aug. 2004, doi: 10.1002/nme.1054.
4. “ARP5765B: Analytical Methods for Aircraft Seat Design and Evaluation - SAE International.” <https://www.sae.org/standards/content/arp5765b/> (accessed Jul. 29, 2021).
5. J. P. C. Kleijnen, “1999: VALIDATION OF MODELS: STATISTICAL TECHNIQUES AND DATA AVAILABILITY,” p. 8.
6. B. Schlager et al., “State-of-the-Art Sensor Models for Virtual Testing of Advanced Driver Assistance Systems/ Autonomous Driving Functions,” vol. 3, no. 3, p. 30, 2020.
7. A. Schaermann, A. Rauch, N. Hirsenkorn, T. Hanke, R. Rasshofer, and E. Biebl, “Validation of vehicle environment sensor models,” in *2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Los Angeles, CA, USA, Jun. 2017, pp. 405–411. doi: 10.1109/IVS.2017.7995752.
8. T. Hanke et al., “Generation and validation of virtual point cloud data for automated driving systems,” in *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Yokohama, Oct. 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/ITSC.2017.8317864.
9. A. Ngo, M. P. Bauer, and M. Resch, “A Multi-Layered Approach for Measuring the Simulation-to-Reality Gap of Radar Perception for Autonomous Driving,” *ArXiv210608372 Cs Eess*, Jun. 2021, Accessed: Jun. 25, 2021. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2106.08372>.
10. M. Oswald, “Vehicle Model Factory - Automatic Generation of Validated Virtual Prototypes,” presented at the *Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik*, Wiesbaden, Nov. 2021.

Приложение IV

Требования к проверке безопасности конструктивного решения автоматизированной системы вождения (АСВ)

Общие положения

Цель проверки безопасности конструктивного решения АСВ состоит в том, чтобы продемонстрировать, что опасность и риски, связанные с АСВ, были выявлены изготовителем и что в производство была внедрена соответствующая концепция обеспечения безопасности благодаря конструкции для снижения этих рисков. Кроме того, проверка должна продемонстрировать, что оценка рисков и концепция обеспечения безопасности благодаря конструкции были валидированы изготовителем по результатам испытаний, которые еще до выпуска транспортного средства на рынок показали, что оно отвечает требованиям безопасности и, в частности, не подвергает необоснованным рискам безопасность участников расширенной транспортной экосистемы, а именно водителя, пассажиров и других участников дорожного движения.

I. Общее описание АСВ

1. Предоставляется описание с упрощенным разъяснением эксплуатационных характеристик и функции АСВ:

- a) домена штатной эксплуатации (скорость, тип дороги, страна, факторы окружающей среды, дорожные условия и т. д.)/пределных условий;
- b) базовых функций (например, обнаружение и реагирование на объекты и ситуации (ОРОС) и т. д.);
- c) взаимодействия с другими участниками дорожного движения;
- d) основных условий для маневрирования с минимальным риском;
- e) концепции взаимодействия с водителем (если это применимо);
- f) центра контроля (если это применимо);
- g) средств активации, отключения или деактивации АСВ водителем (если это применимо) или центром физического контроля (если это применимо), пассажирами (если это применимо) или другими участниками дорожного движения (если это применимо).

II. Описание функций АСВ

2. Предоставляется описание с четким разъяснением всех функций АСВ, включая принципы управления, и методов, используемых для выполнения динамических задач управления в пределах ДШЭ, а также границ, для работы в которых предназначена АСВ, в том числе описание механизма(ов), с помощью которого(ых) осуществляется управление.

3. Предоставляется перечень всех вводимых и воспринимаемых переменных и определяется диапазон их работы, наряду с описанием воздействия каждой переменной на поведение системы.

4. Предоставляется перечень всех выходных переменных, контролируемых АСВ, и в каждом случае дается пояснение, осуществляется ли управление напрямую или через другую систему транспортного средства. Определяется диапазон управления (пункт 2.7) применительно к каждой из таких переменных.

III. Компонировка и схематическое описание АСВ

A. Перечень компонентов

5. Предоставляется перечень, в котором перечисляются все блоки АСВ с указанием других систем транспортного средства, необходимых для обеспечения данной функции управления.

Предоставляется краткое схематическое описание этих блоков с указанием их сочетания и с четким освещением аспектов установки и взаимного подсоединения оборудования.

6. Это краткое описание включает следующее:

- a) восприятие и обнаружение объектов, включая картирование и позиционирование;
- b) определение характера принятия решений;
- c) дистанционный контроль и удаленный мониторинг с помощью центра удаленного контроля (если это применимо);
- d) информационный экран/пользовательский интерфейс;
- e) система хранения данных (СХДАВ).

B. Функции блоков

7. Следует кратко охарактеризовать функции каждого блока АСВ и указать сигналы, обеспечивающие его соединение с другими блоками или с другими системами транспортного средства. Это может быть сделано при помощи блок-схемы с соответствующей маркировкой или иного схематического описания либо при помощи текста, сопровождающего такую схему.

8. Соединения в рамках АСВ обозначаются при помощи принципиальной схемы электрических линий передачи, схемы пневматического или гидравлического передающего оборудования и упрощенной диаграммной схемы механических соединений. Обозначаются также линии передачи к другим системам и от них.

9. Обеспечивается четкое соответствие между линиями передачи и сигналами, передаваемыми между блоками. В каждом случае, когда на эксплуатационные качества или безопасность может повлиять фактор очередности, указывается очередность сигналов на мультиплексных информационных каналах.

C. Идентификация блоков

10. Каждый блок четко и однозначно идентифицируется (например, посредством маркировки аппаратных средств и посредством маркировки либо указания выходных данных программного обеспечения — для содержания программных средств) в целях обеспечения надлежащего соответствия между программными средствами и документацией. Если версия программного обеспечения может быть изменена без необходимости замены маркировки или компонента, идентификация программного обеспечения должна осуществляться только по выходным данным программного обеспечения.

11. Если функции объединены в едином блоке или же в едином компьютере, но указываются на нескольких элементах блок-схемы для обеспечения ясности и легкости их понимания, то используется единая идентификационная маркировка аппаратных средств. При помощи этой идентификации изготовитель подтверждает, что поставляемое оборудование соответствует требованиям соответствующего документа.

12. Идентификация позволяет определить версию аппаратного и программного обеспечения, причем в случае ее изменения с изменением функций блока, предусмотренных настоящими Правилами, идентификация также изменяется.

D. Установка компонентов системы обнаружения

13. Изготовитель предоставляет информацию о вариантах установки, которые будут использоваться для отдельных компонентов, составляющих систему обнаружения. Эти варианты включают, в частности, расположение компонента в транспортном средстве/на транспортном средстве, материал(ы), окружающий(ие) компонент, размеры и геометрию материала, окружающего компонент, а также шероховатость поверхности материалов, окружающих компонент, после его установки в транспортном средстве. Информация должна также включать технические требования к установке, которые имеют решающее значение для работы АСВ, например допуски на угол установки.

14. Изменения в отдельных компонентах системы обнаружения или вариантах установки следует отразить в документации.

E. Технические характеристики АСВ

15. Описание технических характеристик АСВ в нормальных и аварийных условиях, критерии приемлемости и подтверждение соответствия этим критериям.

16. Перечень применяемых правил, кодексов и стандартов.

F. Концепция безопасности и валидация концепции безопасности изготовителем

17. Изготовитель предоставляет заявление, в котором подтверждается, что АСВ не создает неоправданных рисков для водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения.

18. Что касается программного обеспечения, используемого в АСВ, то разъясняются элементы его конфигурации и определяются использованные методы и средства проектирования (см. 3.5.1). Изготовитель предоставляет фактические данные в отношении использования средств, при помощи которых была реализована логическая схема АСВ в процессе проектирования и разработки.

19. Изготовитель разъясняет проектные условия, которым соответствует АСВ, с целью обеспечения функциональной и эксплуатационной безопасности. Возможными проектными условиями АСВ могут служить, например, следующие требования:

- a) переход к функционированию с использованием подсистемы;
- b) дублирование с помощью отдельной системы;
- c) удаление функции(й) автоматического вождения.

20. Если в соответствии с обозначенным требованием выбирается частичный режим работы при определенных условиях неисправности (например, в случае критических отказов), то эти условия указываются (например, тип критического отказа) и определяются соответствующие пределы эффективности (например, немедленное начало маневрирования с минимальным риском), а также принцип предупреждения водителя/центра удаленного контроля (если применимо).

21. Если в соответствии с обозначенным требованием выбирается второй вариант (резервная система), позволяющий обеспечить выполнение динамической задачи управления транспортным средством, то должны быть разъяснены принципы работы механизма переключения, логика и уровень дублирования, а также любые функции проверки резерва и определены соответствующие пределы резервной эффективности.

22. Если в соответствии с обозначенным требованием выбирается удаление функции автоматического вождения, то оно должно производиться согласно соответствующим положениям настоящих Правил. Все соответствующие выходные сигналы управления, связанные с этой функцией, подавляются.

23. Указанная документация должна быть дополнена аналитическими данными, в целом демонстрирующими возможности реагирования АСВ в целях смягчения или недопущения угроз, которые могут повлиять на безопасность водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения. В ней должно быть показано, как изготовитель будет управлять неизвестными опасными сценариями, чтобы держать остаточный уровень или риск под контролем.

24. Выбранный(ые) аналитический(ие) подход(ы) устанавливается(ются) изготовителем и предоставляется(ются) компетентному органу до внедрения на рынок.

25. Проверяющий эксперт проводит оценку применения этого(их) аналитического(их) подхода(ов):

a) проверку подхода к безопасности на уровне концепции (транспортного средства). Этот подход опирается на анализ факторов опасностей/рисков, пригодных для оценки безопасности системы;

b) проверку подхода к безопасности на уровне АСВ, включая подход «сверху вниз» (от возможной опасности к проектированию) и подход «снизу вверх» (от проектирования к возможной опасности). Подход к обеспечению безопасности может основываться на анализе режима отказа и последствий неисправностей (АРПО), анализе дерева неисправностей (АДН) и системно-теоретическом анализе процессов (СТАП) или любом другом аналогичном процессе, необходимом для обеспечения функциональной и эксплуатационной безопасности системы;

c) подтверждение в документации планов и результатов валидации/контроля, включая соответствующие критерии приемлемости. Оно может, в частности, включать подтверждение процедуры испытаний на валидацию, например аппаратно-программного моделирования (НП), эксплуатационные испытания транспортных средств в дорожных условиях, испытания с привлечением реальных конечных пользователей или любые другие аналогичные испытания, приемлемые для целей валидации/контроля.

26. Результаты валидации и контроля могут быть оценены путем анализа охвата различных испытаний и установления минимальных пороговых значений охвата для различных показателей.

27. Документация должна подтвердить охват по крайней мере всех нижеследующих пунктов, когда это применимо, в соответствии с подпунктами a)–c):

- i) вопросы, связанные с взаимодействием с другими системами транспортного средства (например, торможения или рулевого управления);
- ii) отказы автоматизированной системы вождения и реакция системы в целях снижения риска;
- iii) ситуации в рамках ДШЭ, когда система может создавать необоснованные риски для безопасности водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения из-за эксплуатационных помех (таких как невосприятие или неправильное восприятие обстановки, в которой находится транспортное средство, непонимание реакции водителя (если применимо), пассажиров или других участников дорожного движения, недостаточный контроль, сложные сценарии);
- iv) определение соответствующих сценариев в предельных условиях, метода управления, используемого для выбора сценариев, и отобранного инструментального средства валидации;

- v) процесс принятия решений, приводящий к выполнению динамических задач управления (например, экстренного маневрирования), для взаимодействия с другими участниками дорожного движения и соблюдения правил дорожного движения;
- vi) кибератаки, оказывающие воздействие на безопасность транспортного средства;
- vii) обоснованно прогнозируемое неправомерное использование водителем (если применимо) (например, применительно к системе распознавания готовности водителя, объяснение того, каким образом были установлены критерии готовности), ошибки или недопонимание со стороны водителя (если применимо) (например, непреднамеренное отключение) и преднамеренный взлом АСВ.

28. Документация должна обеспечивать понимание того, что концепция безопасности опирается на ясную и логичную аргументацию и реализована в различных функциях АСВ.

29. Документация должна также продемонстрировать, что планы валидации достаточно надежны для демонстрации безопасности (например, в плане достаточного охвата выбранным инструментальным средством валидации отобранных испытуемых сценариев) и выполнены.

30. Документация должна продемонстрировать, что транспортное средство не подвергается неоправданному риску с точки зрения водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения в рамках домена штатной эксплуатации и метода, т. е. на основе:

a) общего целевого показателя валидации (т. е. критериев приемлемости проверки), подкрепленного результатами валидации, которые демонстрируют, что введение в эксплуатацию автоматизированной системы вождения в целом не приведет к повышению уровня риска для водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения по сравнению с транспортными средствами, управляемыми вручную; и

b) подхода на основе различных сценариев, показывающего, что АСВ в целом не повысит уровень риска для водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения по сравнению с транспортными средствами, управляемыми вручную, для каждого из сценариев, имеющего отношение к безопасности.

31. Документация должна позволить сертификационному органу проверить концепцию безопасности.

32. В этой документации для каждого типа отказа, определенного в подпункте 3.4.4 настоящего приложения, содержится перечень контролируемых параметров и указывается предупредительный сигнал, подаваемый водителю (если применимо)/пассажирам/другим участникам дорожного движения и/или сотрудникам станции обслуживания/службы, проводящей технический осмотр.

33. Эта документация должна также включать описание мер, принимаемых для обеспечения того, чтобы АСВ не создавала необоснованные риски для водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения в тех случаях, когда на ее функционирование влияют такие факторы окружающей среды, как погодные явления, температурные условия, попадание пыли, проникновение воды или лед на поверхности дороги.

Г. Система хранения данных

34. В документации должно содержаться описание:
- a) места хранения и сохранности после аварии;
 - b) данных, регистрируемых во время эксплуатации транспортного средства и происшествий;
 - c) безопасности данных и защиты от несанкционированного доступа или использования;
 - d) средств и инструментов для осуществления санкционированного доступа к данным.

Н. Кибербезопасность

35. В документации должно содержаться описание:
- a) управления кибербезопасностью и обновлением программного обеспечения;
 - b) идентификации рисков, мер по смягчению последствий;
 - c) вторичных рисков и оценки остаточных рисков;
 - d) процедуры обновления программного обеспечения и управления им в соответствии с требованиями законодательства.

И. Предоставление информации пользователям

36. В документации должно содержаться описание:
- a) образца информации, предоставляемой пользователям (включая ожидаемые задачи водителя в рамках ДШЭ и при выходе из него);
 - b) выдержки из соответствующей части руководства пользователя.

Ж. Система управления безопасностью

37. Изготовитель должен иметь адекватную систему управления безопасностью, соответствующую данной АСВ, и информировать о любых изменениях, которые повлияют на соответствие системы управления безопасностью данной АСВ.

К. Тип предоставляемой документации

38. Изготовитель предоставляет комплект документов, описывающих основную конструкцию АСВ и средства ее соединения с другими системами транспортного средства либо возможности осуществления ею непосредственного контроля за выходными параметрами.

39. Должны быть разъяснены функция(и) АСВ, включая принципы управления, и концепция безопасности, предусмотренные изготовителем.

40. Документация должна быть краткой, но при этом свидетельствовать о том, что при проектировании и разработке были использованы специальные знания из всех областей, имеющих отношение к работе АСВ.

41. В целях проведения периодических технических осмотров в документации должно быть указано, каким образом может быть проверено текущее рабочее состояние АСВ.

42. Должна быть включена информация о том, как версия(и) программного обеспечения и состояние сигнала предупреждения о неисправности могут быть считаны по стандартной процедуре через электронно-коммуникационный интерфейс, по крайней мере через штатный интерфейс (БД-порт).
43. В комплекте документации должно быть подтверждено, что АСВ:
- a) спроектирована и разработана таким образом, чтобы не подвергать водителя (если применимо), пассажиров и других участников дорожного движения неоправданному риску в пределах заявленного ДШЭ и границ;
 - b) обеспечивает соблюдение требований к рабочим характеристикам, указанным НРГ по ФРАВ в других разделах;
 - c) была разработана в соответствии с процессом/методом разработки, указанным изготовителем.
44. Документация должна предоставляться в трех частях, а именно:
- a) информационный документ, предоставляемый компетентному органу и содержащий краткую информацию по пунктам;
 - b) прилагаемый к информационному документу пакет официальной документации, предоставляемый сертификационному органу для проведения оценки безопасности;
 - c) дополнительные конфиденциальные материалы и данные анализа (представляющие собой интеллектуальную собственность), которые остаются у изготовителя, но должны предоставляться для проверки (например, на местах, в производственных помещениях изготовителя) в момент оценки продукта/проверки процесса. Изготовителю следует обеспечить доступность этих материалов и аналитических данных в течение 10 лет начиная с момента окончательного прекращения производства АСВ.
45. О любых изменениях в конструкции системы безопасности АСВ следует должным образом сообщать компетентному органу.

Приложение V

Требования к проверке предусмотренной изготовителем системы управления безопасностью автоматизированных систем вождения (АСВ)

Общие положения

Цель проверки предусмотренной изготовителем системы управления безопасностью состоит в том, чтобы продемонстрировать, что изготовителем внедрены надежные процессы для управления рисками нарушения безопасности и обеспечения безопасности на протяжении всего срока службы АСВ (на этапах разработки, производства, а также эксплуатации на дорогах и вывода из эксплуатации). В эти процессы входят надлежащие меры по мониторингу транспортных средств, находящихся в эксплуатации, и осуществление по мере необходимости надлежащих действий.

I. Система управления безопасностью

1. Предоставляемая изготовителем документация должна продемонстрировать, что в рамках организации внедрена, обновляется и применяется система управления безопасностью, обеспечивающая наличие эффективных процессов, методик и инструментальных средств в целях управления безопасностью и постоянного соблюдения требований на протяжении всего жизненного цикла продукции (проектирование, разработка, производство, эксплуатация, включая соблюдение правил дорожного движения, и вывод из эксплуатации).

2. Руководящие принципы:

Примечание. Управление рисками нарушения безопасности является одним из основных видов деятельности, которая поддерживает систему управления безопасностью, а также способствует повышению эффективности других организационных процессов. Термин «управление рисками нарушения безопасности», в отличие от более общего термина «управление рисками», означает управление исключительно рисками нарушения безопасности (т. е. без учета финансовых рисков, правовых рисков, экономических рисков и т. д.).

3. Управление рисками может быть достигнуто с помощью трех важнейших факторов:

a) человеческого (люди, обладающие соответствующими навыками, подготовкой и мотивацией);

b) организационного (процедуры и методы, определяющие взаимосвязь задач); и

c) технического (использование соответствующих инструментальных средств и оборудования).

4. Внедрение надлежащей системы управления безопасностью (СУБ) обеспечивает мониторинг и улучшение всех трех факторов и управление соответствующими рисками. Оценка СУБ основана на стандартах проектирования автомобильной техники, руководствах и документах по передовой практике, относящихся к безопасности.

5. Эксплуатационные риски продукта должны быть отдельно рассмотрены в главе «Проектирование и разработка» и учтены в оценке продукта. Таким образом, в этом разделе должна быть продемонстрирована связь между общим процессом управления рисками (согласно данной главе) и эксплуатационными рисками продукта.

6. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию:
- a) идентификация рисков (в соответствии с разделом 6.4.2 стандарта ISO 3100 или эквивалентным стандартом);
 - b) анализ рисков (в соответствии с разделом 6.4.3 стандарта ISO 3100 или эквивалентным стандартом);
 - c) оценка рисков (в соответствии с разделом 6.4.4 стандарта ISO 3100 или эквивалентным стандартом);
 - d) обработка рисков (в соответствии с разделом 6.4.5 стандарта ISO 3100 или эквивалентным стандартом), включая:
 - e) процессы, используемые для поддержания максимально актуальной оценки рисков;
 - f) эффективность работы организации в области обеспечения безопасности и эффективность управления рисками нарушения безопасности.
7. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию:
- a) управление безопасностью:
 - i) политика и принципы обеспечения безопасности (в соответствии с концепцией, изложенной в разделе 5.4.1 стандарта ISO 21434 и в главе 5.2 стандарта ISO 9001, посвященных автомобильным устройствам и системам, но с точки зрения безопасности);
 - ii) приверженность руководства (в соответствии с концепцией, изложенной в разделе 5.4.1 стандарта ISO 21434 и в главе 5.1 стандарта ISO 9001, посвященных автомобильным устройствам и системам, но с точки зрения безопасности);
 - iii) роли и обязанности (раздел 6.4.2 стандарта ISO 26262-2, относящийся как к организационной, так и к проектной деятельности);
 - b) культура безопасности (раздел 5.4.2 стандарта ISO 26262-2);
 - c) (периодическая) внутренняя и внешняя проверка, проводимая с целью обеспечения последовательного выполнения всех процессов СУБ (раздел 3.5.5 Правил № 157 ООН, раздел 6.4.11 стандарта ISO 26262-2);
 - d) эффективные методы коммуникации в организации (подраздел 5.4.2.3 стандарта ISO 26262-2);
 - e) обмен информацией за пределами организации (в соответствии с концепцией, изложенной в разделе 5.4.5 стандарта ISO 21434 и стандарте ISO 9001, но с точки зрения безопасности);
 - f) система управления качеством (например, стандарт IATF 16949) для поддержки техники безопасности, включая управление изменениями, управление конфигурацией, управление требованиями, управление инструментами и т. д.
8. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию для обеспечения надежности этапа изготовления продукции:
- a) аттестация системы управления качеством (например, в соответствии со стандартом IATF 16949 или ISO 9001 или эквивалентным стандартом);
 - b) общее описание того, как организация выполняет все производственные функции, включая управление условиями труда и окружающей средой, а также оборудованием и инструментами.
9. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию для обеспечения надежности распределенного производства:
- a) связь между изготовителем транспортного средства и всеми другими организациями (партнерами или субподрядчиками), участвующими в производстве системы/транспортного средства;

b) критерии годности подсистемы/компонентов, изготовленных другими партнерами или субподрядчиками (т. е. распространение требований по обеспечению качества продукции на цепочку поставок).

10. Должен быть налажен и задокументирован процесс проектирования и разработки, включающий управление рисками, управление требованиями, выполнение требований, испытания, отслеживание отказов, их устранение и выдачу разрешений.

11. Руководящие принципы:

12. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию для обеспечения надежности этапа проектирования и разработки:

a) общее описание того, как организация выполняет все виды деятельности по проектированию и разработке;

b) разработка, интеграция и внедрение транспортного средства/системы:

i) управление требованиями (например, определение и валидация требований);

ii) стратегии валидации, включая, в частности:

a. оценку достоверности моделирования (ссылка на подгруппу 2);

b. уровень системной интеграции;

c. уровень программного обеспечения;

d. уровень аппаратного обеспечения;

iii) управление функциональной безопасностью и СОТИФ, включая постоянную оценку и обновление оценок рисков и взаимосвязь с безопасностью на этапе эксплуатации;

c) управление изменениями в конструкции и изменениями в процессах проектирования и разработки.

13. Изготовитель налаживает и поддерживает эффективные каналы связи между отделами изготовителя, отвечающими за функциональную/эксплуатационную безопасность, кибербезопасность и любые другие соответствующие требования, связанные с достижением безопасности транспортного средства.

14. Руководящие принципы:

15. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию для обеспечения надлежащего выполнения обязанностей:

a) роли и обязанности во время проектирования и разработки;

b) квалификация и опыт лиц, ответственных за принятие решений, влияющих на безопасность;

c) координация между проектированием и производством.

16. Изготовитель должен применять процессы контроля за инцидентами/авариями/столкновениями, имеющими отношение к безопасности, которые вызваны задействованной автоматизированной системой вождения, и процесс ликвидации потенциальных пробелов в системе обеспечения безопасности после регистрации (контроль замкнутого цикла на местах) и обновления программного обеспечения транспортных средств. Он должен применять процессы сообщения о критических инцидентах (например, о столкновении с другими участниками дорожного движения и о потенциальных пробелах в системе обеспечения безопасности) компетентному органу в случае возникновения таких инцидентов.

17. Руководящие принципы: связь с компонентом, относящимся к мониторингу и передаче данных на этапе эксплуатации. Изготовителям следует установить применяющийся на этапе эксплуатации процесс подтверждения соответствия требованиям безопасности на местах, раннего обнаружения новых неизвестных

сценариев (в соответствии с целью сведения к минимуму области неизвестных сценариев, заданной СОТИФ и касающейся повышения уровня безопасности) и расследования происшествий с целью обмена опытом, полученным в результате анализа происшествий и аварийных ситуаций, чтобы дать возможность всем заинтересованным сторонам извлечь уроки исходя из обратной связи по опыту эксплуатации и вносить вклад в постоянное повышение уровня безопасности автотранспортных средств.

18. Пример руководящих принципов: существует ли документ, описывающий соответствующую процедуру информирования руководства о происшествиях? Есть ли доказательства того, что компания соблюдает эту процедуру? Существует ли документ, описывающий соответствующую процедуру расследования и документирования происшествий? Есть ли доказательства того, что компания соблюдает эту процедуру?

19. Изготовителю следует продемонстрировать, что проводятся периодические независимые внутренние проверки процессов для обеспечения последовательного осуществления процессов, предусмотренных согласно подпунктам 1–4.

20. Руководящие принципы:

21. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию для обеспечения независимой проверки и оценки конструкции:

a) гарантия соблюдения всех методов и процедур, применяемых при разработке транспортного средства/системы (контроль технологического процесса);

b) обеспечение независимой проверки соответствия применимым требованиям и правилам (независимая оценка со стороны лица, не создающего данные о соответствии);

c) процесс обеспечения непрерывной оценки системы управления безопасностью, для того чтобы она оставалась эффективной (проверка системы, которая может проводиться в рамках существующей системы управления качеством).

22. Изготовители достигают соответствующих договоренностей (например, в виде договорных отношений, четких интерфейсов, системы управления качеством) с поставщиками для обеспечения того, чтобы система управления безопасностью поставщика соответствовала требованиям подпунктов 1 (за исключением таких связанных с транспортными средствами аспектов, как «эксплуатация» и «вывод из эксплуатации»), 2, 3 и 5.

23. Руководящие принципы:

24. Примеры процессов и аспектов, подлежащих документированию:

a) организационная политика для цепочки поставок;

b) учет рисков, исходящих от цепочки поставок;

c) оценка возможностей поставщика в области СУБ и соответствующие проверки;

d) процессы заключения договоров и соглашений для обеспечения безопасности на этапах разработки, производства и постпроизводства;

e) процессы децентрализованной деятельности по обеспечению безопасности.

25. Истечение срока действия/продление СУБ

26. Документацию следует регулярно обновлять с учетом любых соответствующих изменений в процессах СУБ. О любых изменениях в документации по СУБ следует должным образом сообщать компетентному органу.

Приложение VI

Проект требований к мониторингу и передаче данных на этапе эксплуатации автоматизированной системы вождения (АСВ)

Общие положения

Требования к мониторингу и передаче данных на этапе эксплуатации (МПДЭ) касаются мониторинга и передачи изготовителем данных о характеристиках безопасности АСВ в условиях эксплуатации. МПДЭ применяется к происшествиям, которые создают опасность или, если их не устранить, могут создать опасность для транспортного средства, его водителя и пассажиров или любого другого лица, а также в более общем смысле — ко всем происшествиям, имеющим отношение к безопасности работы АСВ. В приложении 1 приведен перечень примеров таких происшествий.

МПДЭ позволяет выявить необоснованные риски, связанные с эксплуатацией транспортных средств с АСВ на дорогах общего пользования, и оценить их характеристики безопасности в ходе реальной эксплуатации.

Для целей МПДЭ изготовители должны собирать и анализировать информацию о безопасности, связанную с эксплуатацией их транспортных средств с АСВ в реальных условиях, и передавать соответствующему органу данные о проблемах безопасности, новых сценариях и показателях эффективности. Ответственность за безопасность АСВ в течение всего срока службы несет изготовитель АСВ.

МПДЭ позволяет органам по надзору за безопасностью получить информацию от изготовителя в дополнение к информации, которая может быть получена из других источников.

I. Цели

1. Цель МПДЭ — способствовать повышению безопасности дорожного движения путем обеспечения сбора, обработки и распространения соответствующей информации о безопасности.
2. Процесс МПДЭ нацелен на три основные задачи:
 - a) выявление рисков для безопасности, связанных с работой АСВ и требующих устранения, включая случаи несоблюдения требований безопасности АСВ (задача 1);
 - b) пополнение каталога сценариев путем выявления новых сценариев, имеющих отношение к безопасности АСВ (задача 2);
 - c) предоставление информации и рекомендаций для содействия постоянному улучшению характеристик безопасности АСВ (задача 3).
3. После выпуска на рынок фактический уровень безопасности необходимо оценивать только тогда, когда в эксплуатацию будет введено достаточное количество транспортных средств и они подвергнутся воздействию достаточно широкого диапазона дорожных условий и условий окружающей среды. Поэтому для подтверждения концепции обеспечения безопасности благодаря конструкции и для подтверждения валидации, проведенной изготовителем до выпуска на рынок, крайне важно наладить обратную связь (мониторинг парка транспортных средств). Обратная связь по опыту эксплуатации МПДЭ позволит провести ретроспективную оценку нормативных требований и методов валидации, а также выявить пробелы и любые вопросы, требующие рассмотрения.

4. К примеру, предоставление информации о работе АСВ в реальных условиях может помочь усовершенствовать или доработать испытания на треке. Кроме того, из показателей МПДЭ, касающихся взаимодействия с пользователем, можно получить информацию, полезную для улучшения АСВ — ЧМИ, удобства ее использования и обучения водителей.

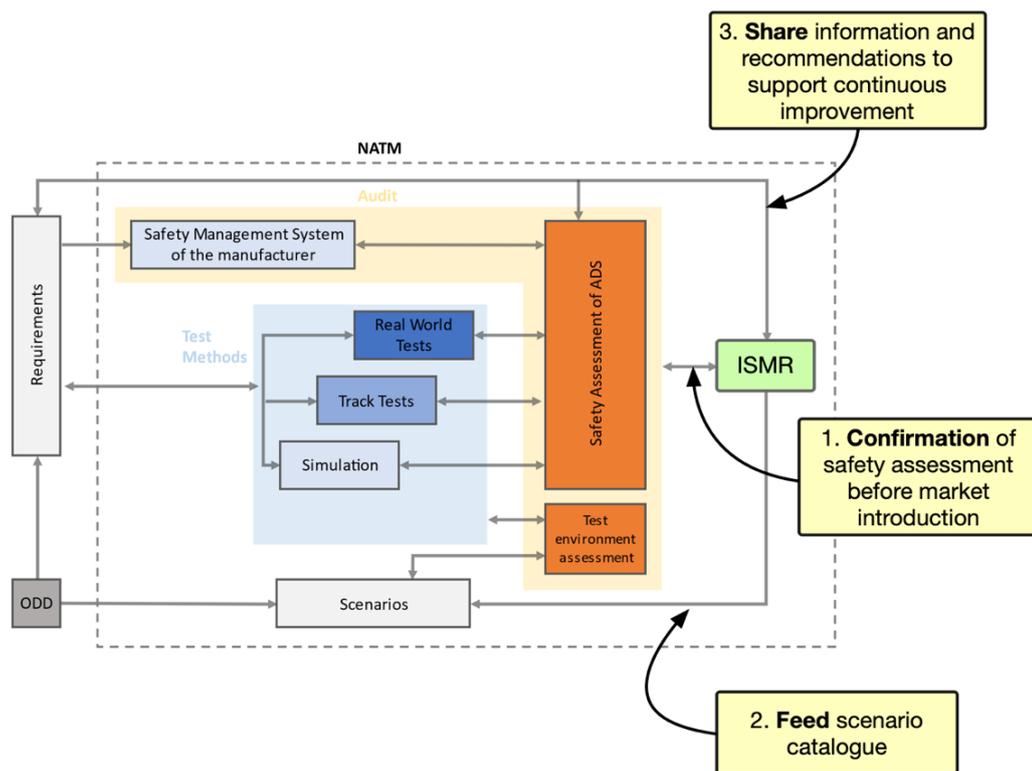
5. В ходе эксплуатации доступных на рынке АСВ могут быть выявлены новые сценарии и новые риски. Поэтому компонент, связанный с МПДЭ, может быть использован для пополнения общего каталога сценариев новыми сценариями, с тем чтобы охватить новые риски для безопасности.

6. Наконец, на раннем этапе выхода АСВ на рынок всем заинтересованным сторонам важно извлекать уроки из критических в плане безопасности ситуаций с участием АТС, чтобы обеспечить возможность быстрого реагирования, появления разработок в области безопасности и последующего предотвращения подобных ситуаций с участием всех прочих АСВ.

7. Сбор, обработка и распространение информации, связанной с характеристиками безопасности АСВ, в рамках МПДЭ также будет способствовать оценке воздействия эксплуатации АСВ в условиях дорожного движения.

Рис. 1

Интеграция МПДЭ в многокомпонентную структуру



II. Определения

8. В данном разделе разъясняется значение основной терминологии, используемой во всей главе, в соответствии с определениями НРГ по ФРАВ.

9. «Автоматизированная система вождения (АСВ)» означает совокупность аппаратных и программных компонентов транспортного средства, способных полностью выполнять динамическую задачу управления (ДЗУ) на постоянной основе.

10. «Характеристика АСВ» означает способ применения АСВ, разработанный специально для использования в домене штатной эксплуатации (ДШЭ).

11. «Функция АСВ» означает способ применения аппаратного и программного обеспечения АСВ, разработанный для выполнения определенной части операций ДШЭ.

12. «Динамическая задача управления (ДЗУ)» означает выполнение в реальном времени всех оперативных и тактических функций АСВ, необходимых для управления транспортным средством, оснащенным АСВ, в условиях дорожного движения.

а) ДЗУ не включает стратегические функции, такие как планирование поездок и выбор пунктов назначения и пунктов маршрута;

б) функции ДЗУ можно логически разделить на три основные группы:

i) обнаружение и восприятие;

ii) планирование и принятие решений;

iii) управление транспортным средством.

13. «Домен штатной эксплуатации (ДШЭ)» означает условия эксплуатации, для работы в которых специально разработана характеристика АСВ.

14. «Выход из ДШЭ»:

а) наличие одного или нескольких условий ДШЭ вне пределов, определенных для использования характеристики АСВ; и/или

б) отсутствие одного или нескольких условий, необходимых для соблюдения связанных с ДШЭ условий для характеристики АСВ.

15. «Передача управления (ПУ)» означает передачу динамического управления транспортным средством от АСВ резервному пользователю.

16. «Запрос на ПУ» означает предупреждение, выдаваемое АСВ резервному пользователю, о том, что последнему необходимо приступить к динамическому управлению транспортным средством.

17. «Реакция на ПУ» означает включение резервного пользователя в процесс динамического управления транспортным средством в соответствии с запросом на ПУ.

III. Мониторинг на этапе эксплуатации

18. Изготовителю следует разработать программу мониторинга, направленную на сбор и анализ данных о транспортном средстве, а также данных из других источников, с тем чтобы получить доказательства соответствия АСВ характеристикам эксплуатационной безопасности в соответствии с требованиями системы управления безопасностью, установленными в рамках компонента, связанного с проверкой.

A. Сбор данных о транспортном средстве

19. На данный момент за сбор данных о транспортном средстве, оснащенном АСВ, отвечают РДС и СХДАВ. В этом разделе рассматриваются элементы данных, которые могут быть собраны изготовителем с оснащенных АСВ транспортных средств и загружены для дальнейшего объединения и обработки в целях передачи данных о показателях эффективности, определенных в разделе «Передача данных».

B. Другие доступные изготовителю источники данных, отражающих работу АСВ

20. Можно ожидать, что изготовители будут собирать данные, относящиеся к типичным режимам работы, например отчеты дилеров, отчеты клиентов и т. д.

IV. Передача данных на этапе эксплуатации

21. Целью системы передачи данных о происшествиях является предотвращение аварий и происшествий, а не возложение вины или ответственности.
22. Термин «*происшествие*» означает любую ситуацию, связанную с безопасностью, в которой задействовано транспортное средство, оснащенное автоматизированной системой вождения.
23. Для детализации требований к передаче данных определены две различные категории происшествий.
24. «*Некритическое происшествие*» означает перерыв в работе, дефект, неисправность или другое обстоятельство, которое повлияло или могло повлиять на безопасность АСВ и которое не привело к аварии или серьезному инциденту. Эта категория включает, например, незначительные инциденты, ухудшение безопасности, не препятствующее нормальной эксплуатации, аварийные/сложные маневры для предотвращения столкновения и в более общем смысле — все происшествия, имеющие отношение к характеристикам безопасности АСВ в условиях дорожного движения (например, передача управления, взаимодействие с удаленным оператором и т. д.).
25. «*Критическое происшествие*» означает каждое происшествие, в котором непосредственно в момент его наступления участвует АСВ и из-за которого:
- а) как минимум один человек получает травму, требующую медицинской помощи, поскольку он находился в транспортном средстве или стал участником происшествия;
 - б) транспортное средство с АСВ, другие транспортные средства или неподвижные объекты получают физические повреждения, превышающие определенный порог, или в любом транспортном средстве, участвующем в происшествии, срабатывает подушка безопасности.

A. Данные, которые изготовителю рекомендовано передавать

26. В соответствии с требованиями компетентного органа изготовитель должен передавать данные как о краткосрочных, так и о долгосрочных характеристиках безопасности эксплуатации транспортного средства с АСВ, как указано ниже.
27. Данные о выявленных изготовителем проблемах безопасности, требующих устранения, включая:
- а) данные о признаках несоответствия требованиям безопасности;
 - б) данные о других проблемах в эксплуатации, связанных с безопасностью.
28. Такая краткосрочная отчетность должна быть передана в течение [одного месяца] с того момента, когда в собранных данных был выявлен необоснованный риск на этапе эксплуатации.
29. Происшествия, подпадающие под такую краткосрочную отчетность, перечислены в приложении 1.

B. Периодическая передача данных о показателях эффективности органу по надзору за безопасностью

30. В приложении 1 приведен перечень критических и некритических происшествий, согласованных с требованиями высокого уровня НРГ по ФРАВ и представляющих собой общие области интереса, которые НРГ по ВМАД намерена определить более подробно, принимая во внимание пользу каждого предлагаемого элемента данных, передаваемых органам по надзору за безопасностью, способность этих органов рассматривать объем представляемых данных и практические

возможности для хранения, сбора и передачи различных элементов передаваемых данных.

31. Все происшествия, перечисленные в приложении I, подпадают под требование о периодической отчетности.

32. Периодические отчеты следует предоставлять каждый [год], и они должны содержать фактические данные о характеристиках работы АСВ при наступлении происшествий, связанных с безопасностью на местах. В частности, они должны демонстрировать, что:

а) не обнаружено никаких несоответствий по сравнению с показателями безопасности АСВ, оцененными до внедрения на рынок;

б) АСВ соответствует эксплуатационным требованиям, установленным НРГ по ФРАВ и оцененным в рамках методов испытаний, разработанных НРГ по ВМАД;

в) любые вновь обнаруженные серьезные проблемы, связанные с характеристиками безопасности АСВ, были надлежащим образом решены.

33. В соответствии с требованиями компетентного органа отчеты в рамках МПДЭ должны предоставляться в двух частях:

а) отчет о полученных на этапе эксплуатации данных, который содержит информацию, относящуюся к требованиям, изложенным в пунктах а) и б) выше;

б) вспомогательные данные, используемые для детализации информации, представленной в отчете о полученных на этапе эксплуатации данных, и обмен которыми с Органом осуществляется посредством согласованного файла обмена данными.

34. В отчете о данных, полученных на этапе эксплуатации, Орган следует известить о любой предварительной обработке данных, которая должна быть завершена до создания файла обмена данными.

35. Договаривающимся сторонам и их соответствующим национальным органам по возможности следует разработать последовательный подход к составлению требований технической отчетности.

36. Орган при необходимости может проверить предоставленную информацию и, если требуется, дать правоприменительному органу и/или изготовителю АСВ рекомендации по исправлению обнаруженных условий, представляющих необоснованный риск для безопасности.

V. Ожидаемое дальнейшее обсуждение областей, выходящих за рамки сферы деятельности неофициальной группы WP.29/GRVA по ВМАД/подгруппы 3

A. Передача данных из других источников

37. Эффективность компонента МПДЭ будет определяться наличием данных о характеристиках безопасности АСВ. Это означает, что ограничение требований к передаче данных только изготовителями также ограничит набор типов происшествий, которые могут быть охвачены МПДЭ, и, следовательно, уровень повышения безопасности, который может быть достигнут благодаря обратной связи по опыту эксплуатации. При этом в других отраслях транспорта механизм передачи эксплуатационных данных распространяется также на водителей, операторов, пользователей, руководителей и любых других лиц, связанных с эксплуатацией транспортного средства. Обсуждение этого вопроса требует обмена мнениями между WP.29 и WP.1.

38. К примеру, происшествия, связанные с нарушением правил дорожного движения, не могут быть охвачены данными, собранными непосредственно на транспортном средстве: АСВ не будет намеренно нарушать закон и поэтому, не получив информации о происшествии, имеющем отношение к безопасности, не будет записывать никаких данных. Соответственно, для выявления этой категории происшествий и сообщения о ней желательно сотрудничество не только с изготовителями, но и с местными властями и пользователем(ями) транспортного средства с АСВ.

39. Дополнительный пример относится к происшествиям (критическим или некритическим), связанным с неспособностью АСВ правильно обнаружить препятствие на дороге и отреагировать на него, например при наличии ложноположительных и/или ложноотрицательных обнаружений. В свою очередь если АСВ не осведомлена о препятствии, то система не сможет правильно зарегистрировать событие. В таком случае для лучшего восстановления и понимания происшествия желательно использовать информацию, полученную от других участников дорожного движения или инфраструктуры.

В. Обмен информацией между органами по надзору за безопасностью/Договаривающимися сторонами

40. Конечной целью МПДЭ является повышение безопасности АСВ путем распространения извлеченных уроков в форме рекомендаций по безопасности. Обусловленное этим повышение безопасности будет наиболее эффективным, если обмен информацией будет происходить не только на национальном, но и на международном уровне. Органы по надзору за безопасностью могут получать отчетность изготовителей, а также другую информацию, например информацию от дорожных служб, результаты расследований аварий и исследований, данные национальной статистики и т. д. Желательно создать на глобальном уровне механизм обмена информацией между органами по надзору за безопасностью, который могли бы координировать GRVA/НРГ по ВМАД под руководством WP.29.

Приложение VI — Добавление 1

Перечень происшествий, рекомендованных к включению в отчетность

Ожидается, что краткосрочная отчетность будет представляться по каждому отдельному происшествию. Ожидается, что периодические отчеты о происшествиях будут представляться в виде агрегированных (по часам эксплуатации или километрам пробега) данных, относящихся к транспортным средствам с АСВ и связанных с работой АСВ (т. е. с эксплуатацией при включенной АСВ). В случае если изготовитель не имеет доступа к полному набору эксплуатационной информации, компетентному органу следует дать рекомендации по соответствующим действиям.

Приведенный ниже перечень рекомендуемых происшествий был составлен в соответствии с требованиями безопасности для АСВ, установленными НРГ по ФРАВ. Эти происшествия были разделены на три категории исходя из их значимости для ДЗУ, взаимодействия с пользователями транспортных средств с АСВ и технических условий работы АСВ. В отношении каждого происшествия в нижеприведенной таблице отмечена его значимость для краткосрочной и/или периодической долгосрочной отчетности.

I. Происшествия, связанные с выполнением ДЗУ посредством работы АСВ, такие как:

- a) критические с точки зрения безопасности происшествия (согласно определению выше), известные изготовителю АСВ или ИОО;
- b) происшествия, связанные с эксплуатацией АСВ за пределами ее ДШЭ; неспособность АСВ достичь состояния минимального риска, когда это необходимо;
- c) происшествия, связанные со связью (в случаях, когда для концепции безопасности АСВ актуальна возможность соединения с сетями);
- d) происшествия, связанные с кибербезопасностью;
- e) взаимодействие с центром дистанционного управления (если применимо), связанное с серьезными неисправностями АСВ или транспортного средства.

II. Происшествия, связанные с взаимодействием между АСВ и пользователями транспортных средств с АСВ, такие как:

- a) отсутствие водителя (если применимо) и другие случаи, связанные с пользователем (например, ошибки пользователя, неправильное использование, предотвращение неправильного использования);
- b) происшествия, связанные с нарушением передачи функций управления (причина, доля по сравнению с выполненными задачами ПУ);
- c) предотвращение передачи управления в небезопасных условиях.

III. Происшествия, связанные с техническим состоянием АСВ, включая техническое обслуживание и ремонт:

- a) происшествия, связанные с отказом АСВ и приводящие к запросу на вмешательство;

- b) проблемы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом;
- c) происшествия, связанные с несанкционированными изменениями (т. е. несанкционированным вмешательством);
- d) изменения, внесенные изготовителем АСВ или ИОО в целях решения выявленной и значительной проблемы безопасности АСВ (с обеспечением надлежащей защиты соответствующей ИС).

IV. Происшествия, связанные с выявлением новых сценариев, имеющих отношение к безопасности

Таблица 1

Происшествия, связанные с выявлением новых сценариев, имеющих отношение к безопасности

<i>Происшествие</i>	<i>Краткосрочная отчетность [1 месяц]</i>	<i>Периодическая отчетность [1 год]</i>
1.a критические с точки зрения безопасности происшествия, известные изготовителю АСВ или ИОО	X (в случае необоснованного риска)	X
1.b происшествия, связанные с эксплуатацией АСВ за пределами ее ДШЭ	X	X
1.c неспособность АСВ достичь состояния минимального риска, когда это необходимо	X	X
1.d происшествия, связанные со связью		X
1.e происшествия, связанные с кибербезопасностью		X
1.f взаимодействие с удаленным оператором, если применимо		X
2.a отсутствие водителя (если применимо) и другие происшествия, связанные с пользователем		X
2.b происшествия, связанные с нарушением передачи управления		X
2.c предотвращение передачи управления в небезопасных условиях		X
3.a происшествия, связанные с отказом АСВ		X
3.b проблемы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом;		X
3.c происшествия, связанные с несанкционированными изменениями		X
3.d изменения, внесенные изготовителем АСВ или ИОО в целях решения выявленной и значительной проблемы безопасности АСВ		X
4 Происшествия, связанные с выявлением новых сценариев, имеющих отношение к безопасности	X	X

Приложение VII

Общий план подхода к методам испытаний на треке и в реальных условиях

I. Введение

1. Был подготовлен первоначальный обзор передовой практики, процедур, технических ресурсов и инструментов, связанных с испытаниями на треке и испытаниями в реальных условиях⁷.
2. В обзоре было продемонстрировано, что для оценки безопасности транспортных средств с автоматизированными системами вождения (например, АСУП) и особенно с усовершенствованными системами помощи водителю разработаны и используются многочисленные процедуры и стандарты испытаний на треке, которые могут послужить исходным материалом для разрабатываемой методологии испытаний на треке.
3. Кроме того, в обзоре было продемонстрировано, что процедура испытаний для оценки безопасности транспортных средств с автоматизированными системами вождения на дорогах общего пользования еще не разработана⁸, а большинство имеющейся документации касается руководства или технических требований в отношении испытаний (т. е. проверки) таких транспортных средств ИОО на этапах разработки своих систем или испытания водителей-людей.
4. В настоящем приложении изложен предполагаемый подход к испытаниям на треке и в реальных условиях. Во второй части приложения представлена более подробная информация о выбранном подходе — матрицах испытаний. В третьей части приводятся соображения и дальнейшие шаги по разработке методов испытаний.

II. Матрицы испытаний

5. Отправной точкой для разработки методов испытаний на треке и испытаний в реальных условиях является матричный подход к испытаниям. Данный подход предполагает использование одной общей матрицы для физических испытаний, а также двух матриц испытаний, специально разработанных соответственно для испытаний на треке и в реальных условиях.
6. Цель общей матрицы для физических испытаний — создать четкое представление о том, как соответствующие требования к безопасности, установленные НРГ по ФРАВ, могут быть оценены с помощью испытаний на треке, испытаний в реальных условиях или обоих видов испытаний⁹.

⁷ VMAD-SG4-06-05.

⁸ Правила № 157 ООН, касающиеся автоматизированных систем удержания в полосе движения (АСУП), содержат положения об испытаниях в реальных условиях. Однако для целей разработки испытания в реальных условиях в рамках НМОИ эти положения являются недостаточно подробными, чтобы рассматривать их как технические требования, включающие процедуру.

⁹ Общая матрица для физических испытаний будет включать только применимые требования к характеристикам безопасности, подходящие для физических испытаний, за исключением тех, которые должны оцениваться только с помощью других основных компонентов НМОИ. Если НРГ по ВМАД решит провести общий обзор на уровне ВМАД/НМОИ для определения того, какой(ие) именно компонент(ы) должен(должны) использоваться для оценки соответствия применимым требованиям к характеристикам безопасности, установленным НРГ по ФРАВ, то в такой обзор может быть включена общая матрица для физических испытаний.

7. Матрицы для испытаний на треке и в реальных условиях будут отличаться по структуре, чтобы учесть различные условия проведения испытаний, а также обеспечить использование сильных сторон каждого метода испытаний.

Обратите внимание, что примеры матриц испытаний, содержащиеся в данном приложении, приводятся лишь для наглядности и поэтому включают в себя произвольно указанные критерии.

A. Общая матрица для физических испытаний

8. Общая матрица обеспечит четкое представление о типе или типах физических испытаний, которые будут использоваться для оценки соответствия применимым требованиям безопасности, установленным НРГ по ФРАВ.

9. Пример, приведенный в таблице 1, иллюстрирует основную концепцию обзора, которая основана на 40 (избранных) первоначальных темах, касающихся безопасности и разработанных НРГ по ФРАВ¹⁰. Обратите внимание, что пример приведен лишь для наглядности и не должен рассматриваться как позиция НРГ по ВМАД относительно применимости каждого метода испытаний к каждой теме, касающейся безопасности.

10. Кроме того, в примере не учитывается дальнейшая разработка НРГ по ФРАВ тем, касающихся по безопасности, после восемнадцатого совещания НРГ по ВМАД. Помимо этого, ожидается, что в будущем темы, касающиеся безопасности, будут изложены более подробно и каждая тема будет содержать одно или несколько измеримых требований.

11. Предполагается, что после разработки эти измеримые требования будут перечислены в левой колонке таблицы вместо перечисленных в настоящее время тем, касающихся безопасности.

Таблица 1

Пример общей матрицы для физических испытаний

<i>(ФРАВ) Требование безопасности</i>	<i>Испытания на треке</i>	<i>Испытания в реальных условиях</i>
1. АСВ должна полностью выполнять динамическую задачу управления.	Да	Да
2. АСВ должна управлять движением транспортного средства в продольном и боковом направлении.	Да	Да
(...)		
7. АСВ должна адаптировать свое поведение к имеющимся рискам для безопасности.	Да	При возникновении
8. АСВ должна адаптировать свое поведение к окружающим условиям дорожного движения.		Да
(...)		
30. АСВ должна безопасно управлять кратковременными выходами из ДШЭ.	Да	Да
31. После столкновения АСВ должна остановить автомобиль и отключиться.	Да	При возникновении
(...)		

¹⁰ Как изложено в рабочем документе VMAD-18-03.

12. Словосочетание «при возникновении», используемое в приведенной выше таблице, указывает на то, что испытание в реальных условиях не будет направлено на оценку конкретного требования, однако оценка будет проведена, если возникнут соответствующие обстоятельства. Некоторые ситуации явно нежелательны с точки зрения безопасности на дорогах общего пользования. Однако, поскольку в ходе испытаний в реальных условиях порой возникают случайные дорожные ситуации, они могут произойти спонтанно, и в этом случае следует оценить эффективность выполнения конкретного требования. Во время испытаний на дорогах общего пользования следует также учитывать безопасность, поэтому эксперту или водителю следует убедиться, что в случае необходимости они смогут взять на себя выполнение задачи управления.

13. Подгруппа 4 НРГ по ВМАД в будущем подробно определит, как следует включать оценку происшествий с пометкой «при возникновении» в метод испытаний в реальных условиях, например будут ли они включены в матрицу испытаний или же протоколы испытаний будут содержать руководство/инструкции по поводу того, как экспертам следует обрабатывать такие случаи.

14. Вместо слов «да» или «при возникновении» в таблице может фигурировать дополнительная информация о предполагаемой цели/задаче испытания. Например:

Таблица 2

Пример альтернативной структуры общей матрицы для физических испытаний

<i>(ФРАВ) Требование безопасности</i>	<i>Испытания на треке</i>	<i>Испытания в реальных условиях</i>
XX. АСВ должна безопасно реагировать на внезапное перестроение в полосу другого транспортного средства.	Проверка реакции функции предотвращения аварий АСВ на опасное внезапное перестроение в полосу.	Номинальная проверка того, что АСВ адаптирует положение транспортного средства в качестве реакции на внезапное перестроение. Проверка реакции функции предотвращения аварий АСВ на опасное внезапное перестроение, при его возникновении.

В. Матрица испытаний на треке

15. Левая колонка матрицы испытаний на треке будет относиться к сценариям, разработанным подгруппой 1 НРГ по ВМАД. Подгруппа 4 НРГ по ВМАД предполагает, что эти сценарии будут включать дорожную ситуацию, элементы инфраструктуры, объекты, элементы ДШЭ и т. д. и т. п.

16. В колонке «Требование(я) безопасности» будут приведены перекрестные ссылки на применимое(ые) требование(я) безопасности, которое(ые) будет (будут) установлено(ы) НРГ по ФРАВ и оценено(ы) в рамках соответствующего сценария. Подгруппа 4 НРГ по ВМАД предполагает, что НРГ по ФРАВ предоставит требования, позволяющие определить критерии прохождения/непрохождения испытания, которые, в свою очередь, будут изложены в колонке «Характеристика оценки».

17. Если применимо, в колонке «Дополнительные характеристики испытания» можно указать любые дополнительные условия или параметры, которые не были/не могли быть изложены ни в сценарии дорожного движения, ни в требовании(ях) безопасности, но необходимы для проведения испытания на треке (например, минимальная продолжительность испытания).

18. Обратите внимание, что пример матрицы на следующей странице является лишь иллюстрацией предполагаемой структуры. Содержание намеренно сделано неконкретным и не должно рассматриваться как позиция НРГ по ВМАД относительно

пригодности проведения испытаний на треке для оценки перечисленных требований безопасности.

19. Возможные сценарии, требования безопасности и характеристики оценки должны быть получены от подгруппы 1 НРГ по ВМАД и НРГ по ФРАВ, а любые дополнительные характеристики испытаний должны добавляться на основе обсуждений в рамках подгруппы 4 НРГ по ВМАД.

Таблица 3
Пример матрицы испытаний на треке

<i>Сценарий дорожного движения</i>	<i>Требование(я) безопасности</i>	<i>Дополнительные характеристики испытания</i>	<i>Характеристика оценки</i>
В этой колонке будут даны перекрестные ссылки на испытание и сценарий, на котором основано испытание. Подгруппа 4 НРГ по ВМАД предполагает, что эти сценарии будут охватывать дорожную ситуацию, элементы инфраструктуры, объекты, элементы ДШЭ и т. д.	В этой колонке будут даны перекрестные ссылки на испытание с указанием требований безопасности, соответствующих сценарию дорожного движения. Подгруппа 4 предполагает, что НРГ по ФРАВ предоставит требования, позволяющие определить критерии прохождения/непрохождения испытания, которые будут изложены в колонке «характеристика оценки».	В этой колонке к описанию сценария дорожного движения добавляется дополнительная информация или параметры, необходимые для проведения испытания на треке, если это применимо.	В этой колонке будет изложена характеристика оценки.

Следующие примеры иллюстрируют концепцию матрицы испытаний на треке. Подгруппа 4 НРГ по ВМАД намеренно привела неконкретные примеры. Сценарии и требования безопасности будут получены от подгруппы 1 НРГ по ВМАД и НРГ по ФРАВ. Матрица будет дорабатываться по мере выполнения этой работы.

Беспрепятственное движение по прямой траектории	Принятие безопасного поперечного положения на полосе движения	Продолжительность испытания не менее 5 минут	Испытание должно продемонстрировать, что АСВ не позволяет выходить за пределы своей полосы движения и сохраняет устойчивое положение испытуемого транспортного средства внутри своей полосы движения во всем диапазоне скоростей в пределах своей системы.
Беспрепятственный проезд по кривой	Принятие безопасного поперечного положения на полосе движения Адаптация к дорожным условиям	Продолжительность испытания не менее 5 минут	Испытание должно продемонстрировать, что АСВ не позволяет выходить за пределы своей полосы движения и сохраняет устойчивое положение испытуемого транспортного средства внутри своей полосы движения во всем диапазоне скоростей и при различной кривизне в пределах своей системы.
Внезапное перестроение в полосу другого транспортного средства при движении по прямой траектории	Безопасная реакция на внезапное перестроение	Сценарий с выбранными параметрами для проверки реакции функции предотвращения аварий АСВ на опасное внезапное	Испытание должно продемонстрировать, что АСВ способна избежать столкновения с транспортным средством, встраивающимся в полосу движения транспортного средства с

<i>Сценарий дорожного движения</i>	<i>Требование(я) безопасности</i>	<i>Дополнительные характеристики испытания</i>	<i>Характеристика оценки</i>
	Принятие безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства	перестроение в соответствии с требованиями безопасности 10F ¹¹	АСВ, до определенной степени критичности такого маневра.
Сценарий выхода из ДШЭ	Обнаружение АСВ границы ДШЭ Автоматизированная реакция (при отсутствии реакции резервного пользователя или отсутствии резервного пользователя)	Испытание на отсутствие реакции резервного пользователя	Испытание должно продемонстрировать, что АСВ способна выполнить безопасную остановку транспортного средства при отсутствии реакции резервного пользователя.

¹¹ Включение этой проверки предполагает, что сценарий дорожного движения не предписывает (диапазон параметров, которые должны быть выбраны для) возникновения критической для безопасности ситуации. Если она была бы включена в сценарий, это поле могло бы быть пустым.

С. Матрица испытаний в реальных условиях

20. В левых колонках матрицы испытаний в реальных условиях будут изложены измеримые требования безопасности, которые надлежит разработать НРГ по ФРАВ.

21. В верхних строках с правой стороны будут описаны дорожные ситуации, которые должны возникнуть в ходе испытаний в реальных условиях. Учитывая динамический характер движения на дорогах общего пользования, считается маловероятным, что дорожные ситуации будут происходить именно так, как описано в сценариях дорожного движения, разработанных подгруппой 1 НРГ по ВМАД, и поэтому они не упоминаются в матрице испытаний. Вместо этого дорожные ситуации, перечисленные во второй строке, будут описаны в протоколах испытаний, прилагаемых к матрице испытаний. Эти предполагаемые описания будут достаточно общими, чтобы обеспечить очень высокую вероятность их возникновения во время испытания в реальных условиях. Для того чтобы избежать путаницы с термином «сценарии дорожного движения», разработанным подгруппой 1 НРГ по ВМАД, они (временно) были названы «дорожными ситуациями»¹².

22. Обратите внимание, что все пять дорожных ситуаций, включенных в пример, приведены лишь для наглядности.

23. Остальные поля матрицы представляют собой характеристику оценки по каждому требованию безопасности для применимых дорожных ситуаций, и сведения для них должны быть получены от НРГ по ФРАВ. В характеристике оценки кратко, одним предложением, излагаются желаемые показатели, тогда как более подробное описание характеристики оценки при необходимости должно быть изложено в протоколах испытаний, сопровождающих матрицу испытаний.

24. Включение характеристики оценки отражает необходимость проверки каждого требования безопасности в соответствующей дорожной ситуации. В качестве иллюстрации, в строке 1.1 таблицы с примерами соответствие требованию безопасности по удержанию в полосе движения должно быть проверено во всех дорожных ситуациях. (Обратите внимание, что указанные в таблице характеристики оценки приведены лишь для наглядности и, кроме того, не отражают позицию НРГ по ВМАД относительно того, следует ли проверять соответствие требованию безопасности в соответствующих дорожных ситуациях, для которых представлены условные характеристики оценки.)

25. Как упоминалось ранее, подгруппа 4 НРГ по ВМАД продолжит обсуждение способа надлежащего отражения в матрице испытаний ситуации с пометкой «при возникновении». Возможны два варианта таких ситуаций. Во-первых, оценка требований безопасности, соответствующих ситуациям, которые нежелательно проверять на дорогах общего пользования, но которые, тем не менее, могут возникнуть¹³. Во-вторых, оценка требований безопасности (при номинальных условиях дорожного движения), соответствующих ситуациям, которые нельзя гарантировать (и, следовательно, требовать) в ходе испытаний в реальных условиях, но которые могут возникнуть.

26. Иллюстрацией первого случая является пример в строке 2.1 таблицы по безопасному реагированию на внезапное перестроение в полосу. Требование заключается в оценке реакции АСВ на (номинальное) внезапное перестроение в полосу другого транспортного средства во время испытаний в реальных условиях. Реакция АСВ на опасное внезапное перестроение может быть оценена только в том

¹² Если подгруппа 1 НРГ по ВМАД разработает общие сценарии, подходящие для использования в матрице испытаний в реальных условиях, подгруппа 4 НРГ по ВМАД вместо этого рассмотрит ссылки на такие общие сценарии.

¹³ У эксперта должна быть возможность прервать испытание на дорогах общего пользования, если ситуация станет опасной. Подгруппа 4 НРГ по ВМАД продолжит обсуждение этой темы и, возможно, примет решение о предоставлении руководства по протоколам испытаний.

случае, если оно произойдет в ходе испытаний в реальных условиях, о чем свидетельствует добавление «при возникновении».

27. Иллюстрацией второго случая тоже является пример в строке 2.1 таблицы по безопасному реагированию на (номинальное) внезапное перестроение. Такая ситуация с немалой вероятностью может, но не обязательно должна возникнуть в любой или, возможно, во всех дорожных ситуациях, перечисленных в верхней строке таблицы. Когда она возникает, ее следует оценить.

28. Для обоих случаев подгруппа 4 НРГ по ВМАД дополнительно обсудит наиболее эффективный и четкий способ оповещения о требованиях наподобие «Оценить при возникновении». Предложения, сделанные на данный момент, включают следующие:

a) рассматривать такие происшествия отдельно от матрицы испытаний (например, предоставлять в протоколах испытаний только руководство/инструкции);

b) включать их непосредственно в матрицу испытаний, но обозначить их условность (например, строка 2.2 в образце таблицы. Обратите внимание, в частности, на характеристику оценки для смены полосы движения, в которую включена как обязательная оценка, так и условная оценка с пометкой «при возникновении»);

c) оповещать о наличии оценок вида «при возникновении» (например, с помощью символа «*»), но при этом излагать в протоколах испытаний и характеристику условной оценки, и руководство/инструкции. (Обратите внимание, что последний вариант не проиллюстрирован в таблице с примерами.)

29. Аспекты, связанные с маршрутизацией (например, минимальная продолжительность, минимальная частота той или дорожной ситуации, возникающей во время испытаний, и т. д.), будут изложены в сопроводительных протоколах испытаний.

Таблица 4
Пример матрицы испытаний в реальных условиях: применение на автомагистрали

Требования безопасности	Дорожные ситуации				
	Движение по автомагистрали	Встраивание в поток	Смена полосы движения	Обгон	Съезд с автомагистрали
1.1 Принятие безопасного поперечного положения на полосе движения	АСВ демонстрирует, что транспортное средство не выходит за пределы своей полосы движения, и сохраняет устойчивое положение испытуемого транспортного средства внутри своей полосы движения во всем диапазоне скоростей в пределах своей системы.	АСВ демонстрирует достижение стабильного положения внутри целевой полосы после завершения процедуры смены полосы движения.	АСВ демонстрирует достижение стабильного положения внутри целевой полосы после завершения процедуры смены полосы движения.	АСВ демонстрирует достижение стабильного положения внутри целевой полосы после завершения процедуры смены полосы движения.	АСВ демонстрирует сохранение стабильного положения на полосе съезда с автомагистрали.
2.1 Безопасное реагирование на внезапное перестроение в полосу другого транспортного средства	АСВ адаптирует положение транспортного средства, реагируя на (номинальное) внезапное перестроение. АСВ надлежащим образом реагирует 13F ¹⁴ на опасное подрезание, если это применимо 14F ¹⁵ .				

¹⁴ Содержание понятия «надлежащая реакция» будет впоследствии изложено в протоколах испытаний, которые сопровождают матрицу испытаний и поступают от НРГ по ФРАВ.

¹⁵ Предстоит определить, следует ли включать ситуации вида «при возникновении» в саму матрицу. В эту часть таблицы, равно как и в другие части, включено в качестве иллюстрации.

<i>Требования безопасности</i>	<i>Дорожные ситуации</i>				
	<i>Движение по автомагистрали</i>	<i>Встраивание в поток</i>	<i>Смена полосы движения</i>	<i>Обгон</i>	<i>Съезд с автомагистрали</i>
2.2 Принятие безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства	АСВ демонстрирует сохранение безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства.	АСВ демонстрирует сохранение безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства во время и после завершения процедуры смены полосы движения.	АСВ демонстрирует сохранение безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства до и во время смены полосы движения. АСВ демонстрирует сохранение безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства после завершения процедуры смены полосы движения, если применимо.	АСВ демонстрирует сохранение безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства до и во время смены полосы движения.	АСВ демонстрирует сохранение безопасного продольного положения относительно идущего впереди транспортного средства, если применимо.

III. Соображения и последующие шаги

30. Наполнение матрицы испытаний требованиями безопасности, сценариями/ дорожными ситуациями и характеристиками оценки является следующим шагом в разработке методов испытаний на треке и в реальных условиях. Однако он станет лишь первым из нескольких шагов, которые необходимо предпринять, прежде чем матричный подход к тестированию можно будет использовать в качестве метода оценки.

31. Поэтому в настоящем разделе описываются последующие шаги, необходимые для практической реализации подхода на основании матрицы испытаний, а также некоторые первоначальные соображения.

A. Наполнение матрицы испытаний

32. Для дальнейшего продвижения процесса разработки метода испытаний посредством матриц испытаний прежде всего необходимо заполнить матрицы испытаний требованиями, сценариями и характеристиками оценки. Это связано с тем, что большинство последующих шагов (если не все) в значительной степени зависит от содержания самой матрицы. К примеру, если не знать, что и по каким критериям необходимо будет испытывать, то будет трудно, если вообще возможно, определить продолжительность и объем аспекта испытаний в реальных условиях.

33. Матрица испытаний будет заполнена требованиями и характеристиками оценки, которые будут разработаны НРГ по ФРАВ, а в части испытаний на треке — сценариями, разработанными также подгруппой 1 НРГ по ВМАД. Поскольку в настоящее время НРГ по ФРАВ и подгруппа 1 НРГ по ВМАД продолжают разрабатывать требования и сценарии дорожного движения соответственно, то работа подгруппы 4 над самими матрицами будет в значительной степени приостановлена до тех пор, пока не станут доступны требования и сценарии.

34. В отношении своевременного заполнения матриц испытаний критерии испытаний для включения в матрицу будут отбираться в координации с НРГ по ВМАД и НРГ по ФРАВ, тогда как сценарии будут отбираться в координации с подгруппой 1.

B. Разработка протоколов испытаний

35. После заполнения матрицы испытаний подгруппа 4 НРГ по ВМАД разработает сопутствующие протоколы испытаний¹⁶. Эти протоколы испытаний будут включать, в частности, объем и продолжительность испытаний, условия проведения испытаний и маршрутизацию (если это не предусмотрено критериями или описанием сценария дорожного движения/дорожной ситуации). Они также будут включать другие аспекты, необходимые лицам, проводящим испытания, для обеспечения единообразной интерпретации матрицы испытаний и протоколов, а также для проведения согласованных оценок.

C. Валидация подхода к проведению испытаний

36. Матрицы испытаний и сопутствующие протоколы испытаний должны быть сначала валидированы на пилотном или пробном этапе. Это позволит убедиться в том, что данный подход обеспечивает проведение желаемой оценки безопасности транспортных средств с АСВ. Такая валидация особенно важна для испытаний в реальных условиях, поскольку в настоящее время не существует нормативной базы, процедуры или технических требований для оценки безопасности АСВ.

¹⁶ В параметрах испытания должен учитываться ДШЭ испытуемой АСВ.

37. Процесс валидации будет доработан позднее, после разработки (подходящих проектов) матриц испытаний и сопутствующих протоколов испытаний. При разработке процесса валидации необходимо рассмотреть ряд вопросов, в том числе:

- a) Сколько требуется испытательных организаций и испытуемых транспортных средств?
 - b) Сколько раз необходимо будет повторять проверки?
 - c) Кто проводит эти проверки?
 - d) Скольким странам необходимо утвердить матрицу испытаний и протоколы испытаний?
 - e) Нужно ли будет каждой стране проводить собственные проверки?
-