



Европейская экономическая комиссия**Комитет по внутреннему транспорту****Всемирный форум для согласования правил
в области транспортных средств****Рабочая группа по автоматизированным/автономным
и подключенным транспортным средствам****Двенадцатая сессия**

Женева, 24–28 января 2022 года

Пункт 4 d) предварительной повестки дня

**Автоматизированные/автономные и подключенные
транспортные средства:****Правила ООН, касающиеся автоматизированных
систем удержания в полосе движения****Предложение по поправкам к Правилам № 157 ООН
(автоматизированная система удержания в полосе
движения)****Представлено руководством специальной группы
заинтересованных экспертов по Правилам № 157 ООН***

Воспроизведенный ниже текст отражает ход обсуждения, проведенного Специальной группой заинтересованных экспертов по Правилам № 157 ООН (автоматизированные системы удержания в полосе движения) и представленного Рабочей группе по автоматизированным/автономным и подключенным транспортным средствам (GRVA) на одиннадцатой сессии, по вопросу о повышении установленной максимальной скорости для автоматизированной системы удержания в полосе движения (АСУП) до 130 км/ч. Приведенный ниже текст включает в себя содержание документов ECE/TRANS/WP.29/GRVA/2020/32, ECE/TRANS/WP.29/GRVA/2021/31 и GRVA-11-33 и поэтому заменяет собой эти документы. Изменения к существующему тексту Правил № 157 ООН (включая дополнение 2) выделены жирным шрифтом в случае новых положений или зачеркиванием в случае исключенных элементов. Открытые вопросы приведены в квадратных скобках.

* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2022 год, изложенной в предлагаемом бюджете по программам на 2022 год (A/76/6 (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. Предложение

Пункт 2.1, изменить следующим образом:

«2.1 “Автоматизированная система удержания в полосе движения (АСУП)” ~~для применения на низкой скорости~~ — это система, которая активируется водителем и удерживает транспортное средство в пределах полосы движения для скорости движения не более ~~60~~ **130** км/ч, управляя перемещением транспортного средства в продольной или поперечной плоскости в течение продолжительных периодов времени без дальнейших команд со стороны водителя.

В рамках настоящих Правил АСУП также называют “системой”».

Включить пункт 2.21 следующего содержания:

«2.21 “Нестабильность движения в потоке” — явление, выражающееся в том, что сбой скоростного режима впереди идущего транспортного средства усугубляется следующим за ним транспортным средством».

Включить пункт 5.1.1.1 следующего содержания:

«5.1.1.1 Система должна демонстрировать упреждающее поведение при взаимодействии с другим(и) участником(ами) дорожного движения, с тем чтобы обеспечить стабильное и низкодинамичное движение в продольной плоскости и сводить к минимуму риск в ситуациях, которые могут стать критическими, например, с участием пешеходов или перестраивающихся транспортных средств».

Пункт 5.2.1, изменить следующим образом:

«5.2.1 Активированная система удерживает транспортное средство в пределах полосы движения и обеспечивает, чтобы оно не пересекало маркировку полосы движения (внешний край передней шины не должен заезжать на внешний край маркировки полосы движения). Целью данной системы является ~~удержание транспортного средства в устойчивом в поперечной плоскости~~ ~~положении~~ **поддержание стабильного движения транспортного средства в поперечной и продольной плоскости** в пределах полосы движения, с тем чтобы не вводить в заблуждение других участников дорожного движения.

Система стремится восстановить исходное состояние безопасного движения после сбоев, не требующих экстренного маневрирования».

Пункт 5.2.3.1, изменить следующим образом:

«5.2.3.1 **Скорость**

Изготовитель заявляет установленную максимальную скорость на основе диапазона обнаружения по направлению движения, как указано в пункте 7.1.1.

Максимальная скорость, до которой система может работать, составляет ~~60~~ **130** км/ч.

Установленная максимальная скорость более 60 км/ч допускается только в том случае, если АСУП способна остановить транспортное средство на твердой обочине во время ММР в соответствии с пунктом [x].

[Рабочие скорости более [60 км/ч] разрешены либо:

- а) в пределах до [90] км/ч исключительно на самой медленной полосе движения, при условии, что скорость окружающего движения является аналогичной (например, плотный поток или следование за идущим впереди транспортным средством); либо**

- b) на всех полосах движения, если АСУП способна осуществлять смену полосы движения для остановки транспортного средства вне обычных полос движения во время ММР в соответствии с пунктом [X].

Системы, работающие на скорости от 60 км/ч до [90] км/ч без возможности смены полосы движения, должны применять стратегии, минимизирующие риск остановки на полосе движения для водителя и пассажиров транспортного средства и других участников дорожного движения, например, адаптированную стратегию замедления и работу только в условиях хорошей видимости]».

Пункт 5.2.3.3, изменить следующим образом:

«5.2.3.3 Активированная система определяет расстояние до следующего впереди транспортного средства, как это определено в подпункте 7.1.1, и адаптирует скорость транспортного средства для **регулирования безопасного расстояния следования** во избежание столкновения.

Пока транспортное средство с АСУП не остановилось и движется со скоростью в пределах 60 км/ч, система адаптирует скорость для регулирования расстояния до транспортного средства, движущегося впереди по той же полосе движения, с тем чтобы оно было равно или больше минимального расстояния следования **согласно таблице, приведенной ниже**.

При скорости свыше 60 км/ч активированная система обеспечивает соблюдение минимального расстояния следования в стране эксплуатации, как это определено в подпункте 5.1.2.

В случае, если минимальный промежуток времени не может быть временно соблюден из-за других участников дорожного движения это расстояние следования до движущегося впереди транспортного средства временно нарушено (например, транспортное средство внезапно перестраивается, идущее впереди транспортное средство замедляет ход и т. д.), транспортное средство при возникновении следующей возможности без резкого торможения вновь регулирует минимальное расстояние следования, применяя стратегии устранения значительной нестабильности движения в потоке для недопущения нарушения транспортного потока, если только не возникнет необходимость в экстренном маневрировании.

При скорости в пределах 60 км/ч минимальное расстояние следования рассчитывается по следующей формуле:

$$d_{\min} = V_{\text{ALKS}} * t_{\text{front}},$$

где:

d_{\min} = минимальное расстояние следования;

V_{ALKS} = текущая скорость транспортного средства с АСУП в м/с;

t_{front} = минимальный промежуток времени в секундах между транспортным средством с АСУП и идущим впереди транспортным средством согласно таблице ниже:

Текущая скорость транспортного средства с АСУП		Минимальный временной разрыв	Минимальное расстояние следования
(км/ч)	(м/с)	(с)	(м)
7,2	2,0	1,0	2,0
10	2,78	1,1	3,1
20	5,56	1,2	6,7

Текущая скорость транспортного средства с АСУП	Минимальный временной разрыв	Минимальное расстояние следования
30	8,33	10,8
40	11,11	15,6
50	13,89	20,8
60	16,67	26,7

Для значений скорости в пределах 60 км/ч, не указанных в таблице, применяется линейная интерполяция.

Независимо от результата, полученного с помощью вышеприведенной формулы для текущих скоростей ниже 2 м/с, минимальное расстояние следования не может составлять менее 2 метров.

Требования настоящего пункта применяются без ущерба для других требований настоящих Правил, в первую очередь содержащихся в пунктах 5.2.4 и 5.2.5 с подпунктами».

Включить новый пункт 5.2.8 следующего содержания:

«5.2.8 В ситуации, когда транспортное средство движется во встречном направлении по полосе движения транспортного средства с АСУП, АСУП применяет стратегии реагирования на это транспортное средство с целью смягчения последствий возможного столкновения».

Пункт 5.2.5.3, изменить следующим образом:

«5.2.5.3 Активированная система предотвращает столкновение с пешеходом, пересекающим улицу перед транспортным средством по незагражденному пешеходному переходу.

При пересечении дороги не защищенными ограждением пешеходами со скоростью горизонтального перемещения не более 5 км/ч, при котором предполагаемая точка удара смещена не более чем на 0,2 м по отношению к продольной центральной плоскости транспортного средства, активированная АСУП предотвращает столкновение в пределах максимальной рабочей скорости системы 60 км/ч.

При более высокой скорости в случае обнаружения пешеходов, переходящих проезжую часть, АСУП применяет стратегии, направленные на снижение вероятности столкновения».

Пункт 5.2.7, изменить следующим образом:

«5.2.7 Для условий, не указанных в пунктах 5.2.4, 5.2.5 или их подпунктах, функционирование системы должно обеспечиваться по крайней мере на том уровне, при котором компетентный и осторожный водитель-человек может свести риски к минимуму. В качестве руководства можно использовать модели поведения внимательного водителя-человека и связанные с ними параметры в приведенных в приложении 3 сценариях критических дорожных ситуаций. Возможности системы должны быть подтверждены в ходе оценки, проводимой в соответствии с приложением 4».

Пункт 5.3.2, изменить следующим образом:

«5.3.2 Такое маневрирование замедляет движение транспортного средства до полного торможения, если это необходимо, и/или может предусматривать выполнение автоматического маневра уклонения, когда это необходимо.

Если на эффективность торможения или рулевого управления, осуществляемых системой, влияют отказы, то маневрирование должно проводиться с учетом сохраняющихся возможностей.

Во время маневра уклонения транспортное средство с АСУП не должно пересекать маркировку полосы движения (внешняя часть шины переднего колеса не должна пересекать наружный край маркировки полосы).

После маневра уклонения транспортное средство должно стремиться ~~вернуться в устойчивое положение~~ **возобновить стабильное движение»**.

Пункт 5.4.2.3, изменить следующим образом:

«5.4.2.3 В случае любого отказа, влияющего на ~~работу системы~~ **способность системы удовлетворять предписаниям настоящих Правил**, система должна немедленно инициировать запрос на передачу управления после его обнаружения».

Пункт 6.4.1, изменить следующим образом:

«6.4.1 Водитель получает следующую информацию:

- a) состояние системы, как это определено в подпункте 6.4.2;
- b) любой отказ, влияющий на ~~работу системы~~ **способность системы удовлетворять предписаниям настоящих Правил**, обозначаемый по крайней мере оптическим сигналом, если система не деактивирована (режим «выкл.»);
- c) запрос на передачу управления, обозначаемый по крайней мере оптическим сигналом и, кроме того, акустическим и/или тактильным предупреждающим сигналом.

Не позднее, чем через 4 с после инициации запроса на передачу управления соответствующая функция:

- i) постоянно или периодически подает тактильные предупреждающие сигналы, за исключением случая, когда транспортное средство неподвижно; и
- ii) передает запрос на передачу управления на более высокий уровень и продолжает это делать до тех пор, пока не закончится его действие;
- d) маневрирование с минимальным риском, обозначаемое по крайней мере оптическим сигналом и, кроме того, акустическим и/или тактильным предупреждающим сигналом; и
- e) экстренное маневрирование, обозначаемое оптическим сигналом.

Вышеуказанные оптические сигналы должны быть адекватными по размеру и контрастности. Вышеуказанные акустические сигналы должны быть громкими и четкими».

Пункт 7.1.1, изменить следующим образом:

«7.1.1 Диапазон обнаружения по направлению движения

Изготовитель заявляет диапазон обнаружения по направлению движения, измеряемый от самой передней точки транспортного средства. Эта заявленная величина должна быть не менее 46 м **при установленной максимальной скорости 60 км/ч**.

Установленная максимальная скорость свыше 60 км/ч заявляется изготовителем только в том случае, если заявленный диапазон обнаружения по направлению движения удовлетворяет соответствующей минимальной величине в соответствии с нижеследующей таблицей при замедлении на уровне 5 м/с²:

Установленная максимальная скорость/ км/ч	Минимальный диапазон обнаружения по направлению движения/ м
0...60	46
70	50
80	60
90	75
100	90
110	110
120	130
130	150

Для значений, не указанных в таблице, применяется линейная интерполяция.

Признано, что минимальный диапазон обнаружения по направлению движения и замедление транспортного средства на уровне 5 м/с^2 не могут быть обеспечены в любых условиях (например, на скользкой дороге). Система должна применять стратегии управления для адаптации своей максимальной скорости к фактическому диапазону обнаружения и фактической возможности замедления для выполнения требований пункта 5.2.4. Эти стратегии должны быть продемонстрированы и одобрены технической службой.

Техническая служба проверяет, что расстояние, на котором система обнаружения транспортного средства выявляет участника дорожного движения в ходе соответствующего испытания, предусмотренного в приложении 5, равно или больше заявленной величины».

Приложение 3 изменить следующим образом:

«[1. Общие положения

1. В настоящем документе разъясняется процесс получения данных для определения условий, при которых ~~автоматические системы удержания в пределах полосы движения~~ транспортное средство с АСУП предотвращает столкновение. Условия, при которых АСУП должна не допускать столкновения, определяются ~~общей программой моделирования на основе модели действий внимательного водителя с двумя возможными моделями действий и⁺ соответствующими параметрами в сценариях критических дорожных ситуаций.~~

2. Сценарии критических дорожных ситуаций

- 2.1 Сценариями критических дорожных ситуаций являются такие сценарии, при которых транспортное средство с АСУП, возможно, не сможет предотвратить столкновения.
- 2.2 Ниже приведены три сценария критических дорожных ситуаций:
 - а) внезапное перестроение в полосу: «другое транспортное средство» внезапно перестраивается в полосу движения перед ~~непьющим~~ транспортным средством с АСУП;

- b) внезапный выезд из полосы: “другое транспортное средство” внезапно выезжает из полосы движения ~~непытного~~ транспортного средства с АСУП;
- c) замедление: “другое транспортное средство” внезапно замедляется перед ~~непытным~~ транспортным средством с АСУП.

2.3 Каждый из этих сценариев критических дорожных ситуаций может быть разработан с использованием следующих параметров/элементов:

- a) геометрия дороги;
- b) поведение/маневрирование других транспортных средств.

3. Модели действий АСУП

3.1 Сценарии критических дорожных ситуаций АСУП разделены на предупреждаемые и непредупреждаемые. Порог предупреждаемости/непредупреждаемости основан на имитации действий ~~опытного~~ **компетентного и осторожного внимательного** водителя-человека. Ожидается, что некоторые из “непредупреждаемых” по человеческим меркам сценариев на практике могут быть предотвращены системой АСУП.

3.2 Для определения того, является ли сценарий критической дорожной ситуации предупреждаемым или непредупреждаемым, можно руководствоваться следующими двумя моделями действий.

3.3 “Модель действий 1”

3.3.1 **Первая модель действий предполагает, что** модель поведения водителя может обеспечить предотвращение столкновения только за счет торможения. Модель действий водителя разделена на три сегмента: “восприятие”, “решение” и “реагирование”. Эти сегменты отображены на ~~ниже~~ **следующей схеме рис. 1.**

3.3.1.1 Для определения условий, при которых автоматические системы удержания в полосе движения (АСУП) должны не допускать столкновений, в качестве модели действий АСУП, учитывающей поведение внимательных водителей-операторов ССПВ, следует использовать факторы модели действий для этих трех сегментов, приведенные в ~~таблице 1~~ **ниже.**

Рис. 1

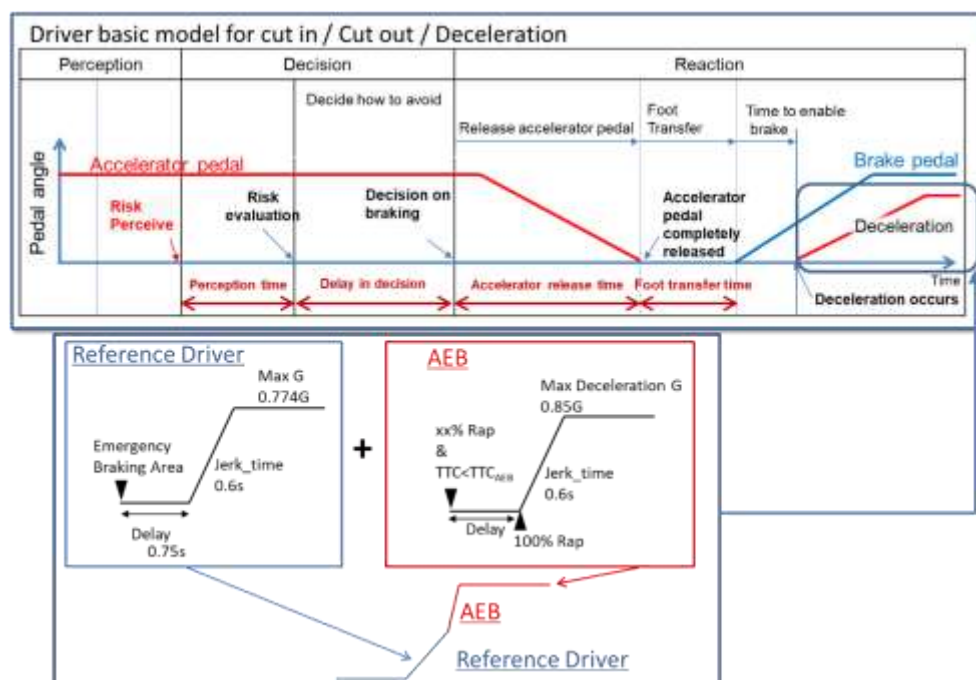
Модель действий опытного компетентного и осторожного водителя


Таблица 1

Факторы, учтенные в модели поведения водителя транспортного средства

		Факторы
Точка восприятия риска	Смена полосы движения (внезапное перестроение в полосу движения, внезапный выезд из полосы)	Отклонение центра транспортного средства более чем на 0,375 м от центра полосы движения (по данным исследований, проведенных Японией)
	Замедление	Коэффициент замедления предшествующего транспортного средства и расстояние следования испытуемого транспортного средства
Время оценки риска		0,4 секунды (по данным исследований, проведенных Японией)
Время от момента завершения восприятия до начала замедления		0,75 секунды (общие данные по Японии)
Время рывка до полного замедления (коэффициент трения дороги — 1,0)		0,6 секунды до 0,774 Gg (из экспериментов НАБДД и Японии)
Время рывка до полного замедления (после полного завершения маневра резко перестраиваемым в полосу транспортным средством по отношению к испытуемому транспортному средству; коэффициент трения дороги — 1,0)		0,6 секунды до 0,85 Gg (вытекает из Правил № 152 ООН, касающихся САЭТ)

3.3.2 Модель действий водителя для трех сценариев АСУП:

3.3.2.1 Для сценария внезапного перестроения в полосу движения:

Боковое блуждание транспортного средства в пределах полосы движения обычно составляет 0,375 метра.

Внезапное перестроение в полосу движения начинает восприниматься как таковое при превышении нормального бокового блуждания транспортного средства (возможно, перед фактической сменой полосы движения).

Расстояние a . — это расстояние восприятия, основанное на времени восприятия $[a]$. Оно определяет расстояние в поперечной плоскости, необходимое для восприятия того, что транспортное средство совершает внезапное перестроение. Расстояние a . рассчитывается по следующей формуле:

a . = скорость бокового перемещения \times время восприятия риска $[a]$ (0,4 с).

Время восприятия риска отсчитывается с момента, когда идущее впереди транспортное средство пересекает воспринимаемую границу для внезапного перестроения в полосу.

~~Максимальная скорость движения в поперечной плоскости взята из реальных данных по Японии.~~

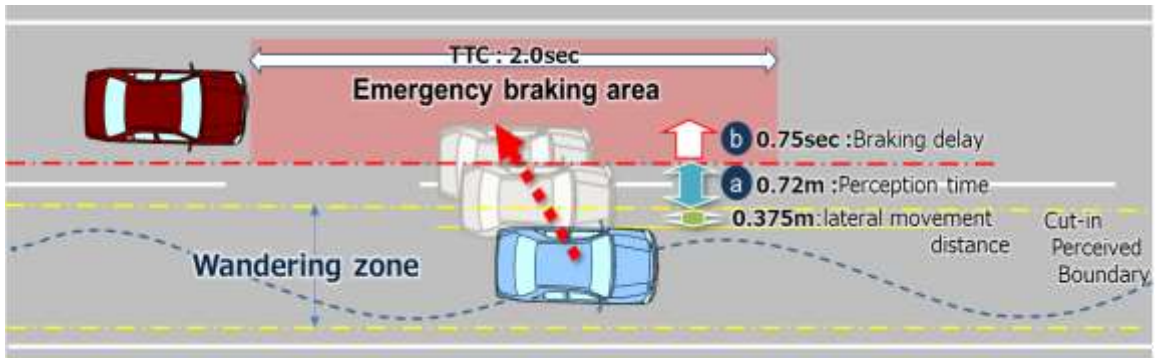
~~За время восприятия риска $[a]$ взяты данные симуляторов вождения в Японии.~~

2 с* принимается за максимальное время до столкновения (ВДС), в пределах которого был сделан вывод о наличии опасности столкновения в продольной плоскости.

~~Примечание: ВДС = 2,0 с выбрано на основе Правил ООН, касающихся предупреждающих сигналов.~~

Рис. 2

Модель действий водителя для сценария внезапного перестроения в полосу движения



3.3.2.2 Для сценария внезапного выезда из полосы движения:

Боковое блуждание транспортного средства в пределах полосы движения обычно составляет 0,375 метра.

Внезапный выезд из полосы движения начинает восприниматься как таковой при превышении нормального бокового блуждания транспортного средства (возможно, перед фактической сменой полосы движения).

Время восприятия риска $[a]$ составляет 0,4 с и отсчитывается с момента, когда идущее впереди транспортное средство пересекает воспринимаемую границу для внезапного выезда из полосы.

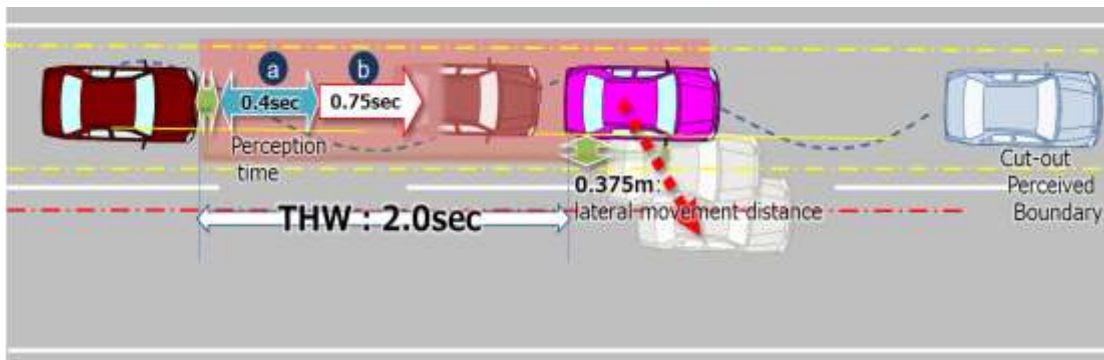
Время 2 с принимается за максимальный временной интервал (ВИ) между идущими друг за другом транспортными средствами, для

которого был сделан вывод о наличии опасности в продольной плоскости.

Примечание: $VI = 2,0$ с выбрано в соответствии с правилами и руководящими указаниями других стран.

Рис. 3

Сценарий внезапного перестроения в полосу движения

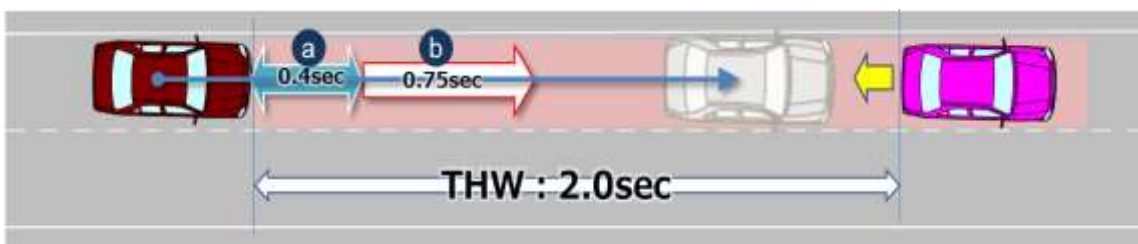


3.3.2.3 Для сценария замедления:

время восприятия риска [a] составляет 0,4 секунды. Время восприятия риска [a] отсчитывается с момента, когда идущее впереди транспортное средство превышает пороговое значение для замедления, равное 5 м/с^2 .

Рис. 4

Сценарий замедления



4. Параметры

3.3.3 Параметры

3.3.3.1 Приводимые ниже параметры важны при описании схемы сценариев критических дорожных ситуаций в пункте 2.1.

3.3.3.2 В зависимости от условий эксплуатации могут быть добавлены дополнительные параметры (например, коэффициент трения дороги, кривизна дороги, условия освещения).

Таблица 2

Дополнительные параметры

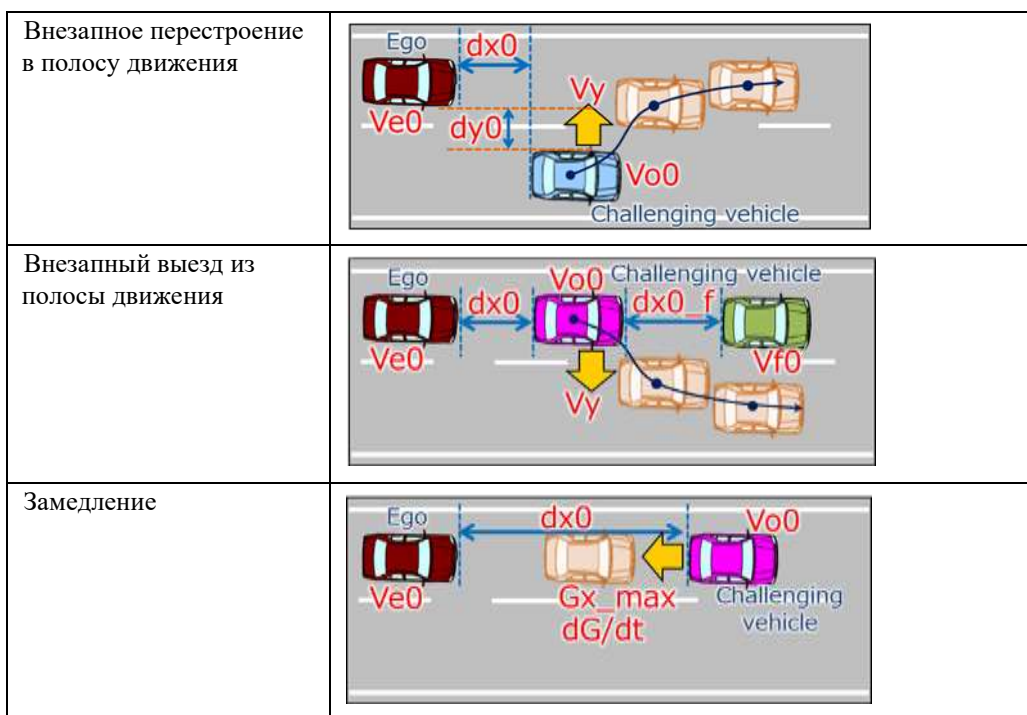
Условия эксплуатации	Проезжая часть	<p>Количество полос движения — количество параллельных и соседних полос в одном и том же направлении движения</p> <p>Ширина полосы движения — ширина каждой полосы движения</p> <p>Наклон проезжей части — наклон проезжей части в зоне испытаний</p> <p>Состояние покрытия проезжей части — состояние покрытия проезжей части (сухое, мокрое,</p>
----------------------	----------------	--

		<p>обледенелое, снежное, новое, изношенное), включая коэффициент трения</p> <p>Разметка полосы движения — тип, цвет, ширина, видимость разметки полосы движения</p>
	Факторы окружающей среды	<p>Условия освещения — освещенность и направленность света (т. е. дневное время, ночное время, солнечная погода, облачная погода)</p> <p>Погодные условия — сила, направление и интенсивность ветра, количество, тип и интенсивность таких осадков, как дождь, снег и т. д.</p>
Начальные условия	Начальная скорость	Ve0 — скорость испытуемого транспортного средства
		Vo0 — скорость транспортного средства, идущего впереди по той же или соседней полосе движения
Vf0 — скорость транспортного средства перед идущим впереди транспортным средством на полосе движения		
Начальное расстояние	Начальное расстояние	dx0 — расстояние в продольной плоскости между передней частью испытуемого транспортного средства и задней частью идущего впереди транспортного средства на полосе движения испытуемого транспортного средства или на соседней полосе движения
		dy0 — внутреннее расстояние в поперечной плоскости между внешней линией края испытуемого транспортного средства, параллельной средней продольной плоскости транспортного средства в пределах полос движения, и внешней линией края идущего впереди транспортного средства, параллельной средней продольной плоскости транспортного средства в соседних полосах
		dy0_f — внутреннее расстояние в поперечной плоскости между внешней линией края идущего впереди транспортного средства, параллельной средней продольной плоскости транспортного средства в пределах полос движения, и внешней линией края транспортного средства, которое движется перед идущим впереди транспортным средством, параллельной средней продольной плоскости транспортного средства в соседних полосах.
		dx0_f — расстояние в продольном направлении между передней частью идущего впереди транспортного средства и задней частью транспортного средства, которое движется перед идущим впереди транспортным средством
		dfy — ширина транспортного средства перед идущим впереди транспортным средством
		doy — ширина идущего впереди транспортного средства

		dox — длина идущего впереди транспортного средства
Данные о движении транспортного средства	Движение в поперечной плоскости	Vy — скорость в поперечной плоскости идущего впереди транспортного средства
	Замедление	Gx_max — максимальное замедление идущего впереди транспортного средства в g
		dG/dt — коэффициент замедления (рывок) идущего впереди транспортного средства

3.3.3.3 Параметры для этих трех типов сценариев представлены на рисунках ниже.

Рис. 5
Графическое изображение

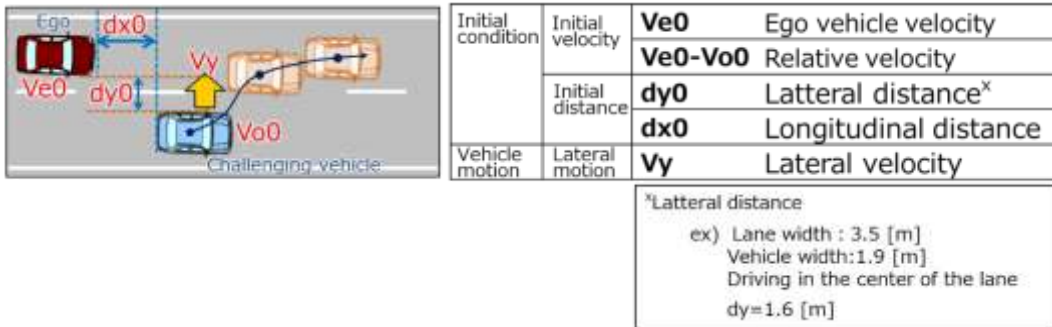


5.3.3.4 Справочная информация

На сводках данных ниже представлены примеры имитационного моделирования, определяющие условия, в которых АСУП при движении транспортного средства со скоростью до 60 км/ч позволяет избежать столкновения, с учетом комбинаций каждого из параметров, не выше максимальной разрешенной скорости АСУП.

5.4. 3.3.4.1 Внезапное перестроение в полосу движения

Рис. 6
Параметры

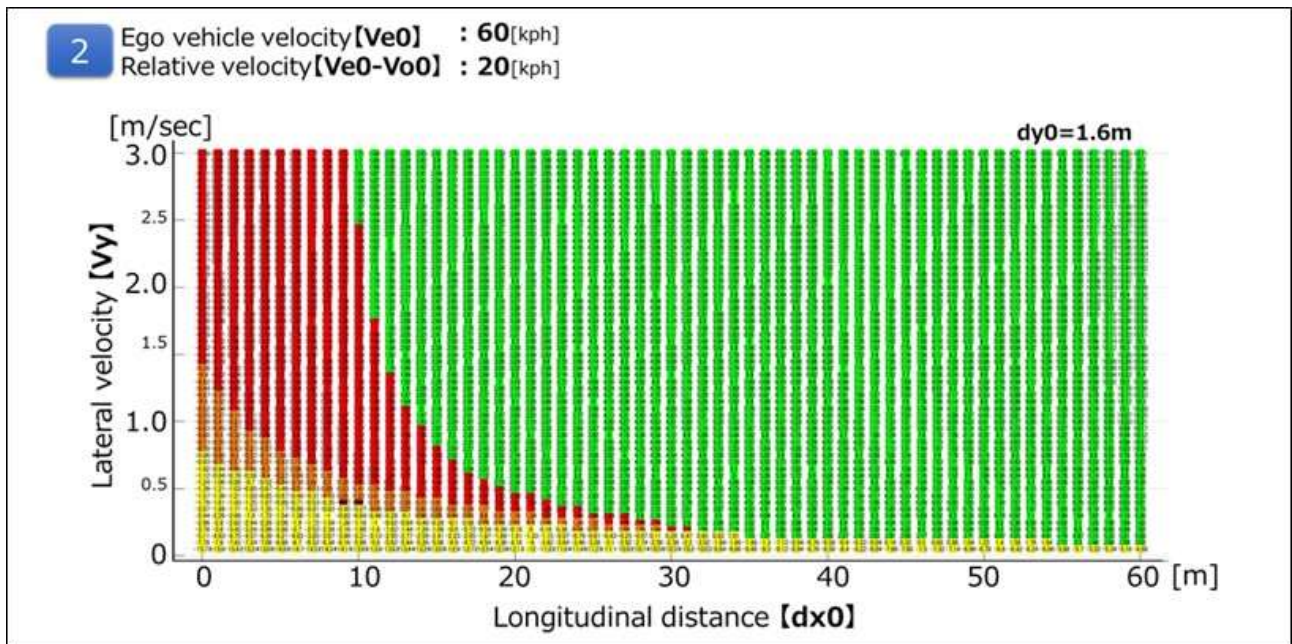
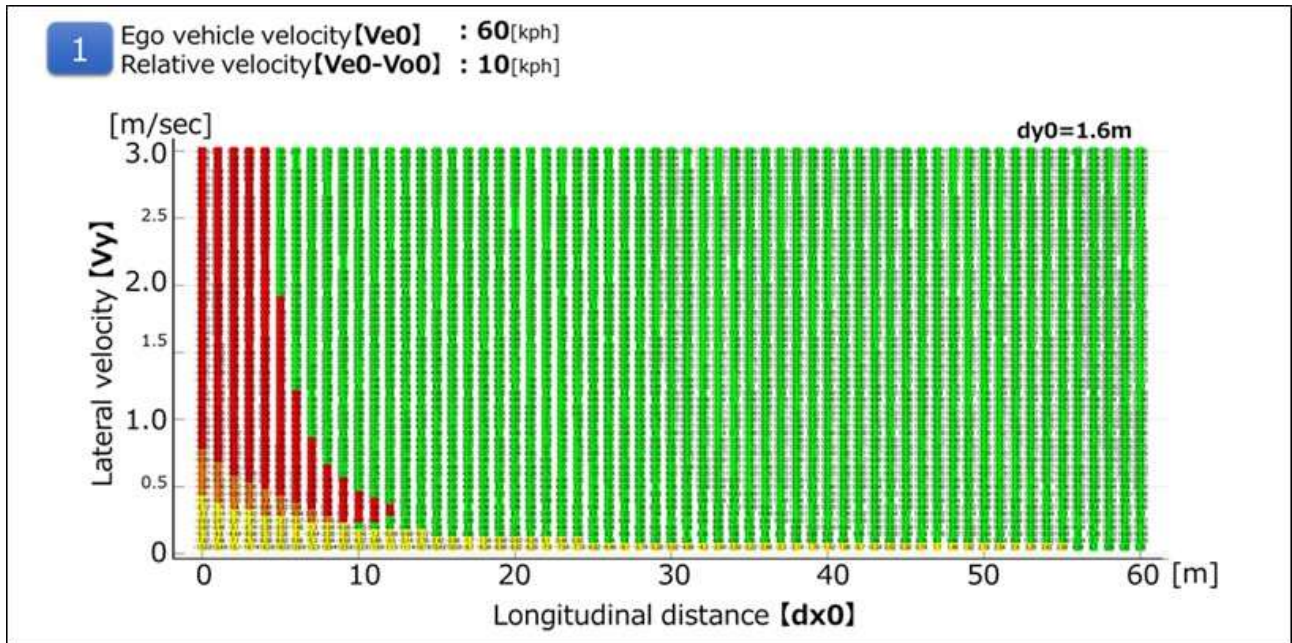


(Изображение сводки данных)

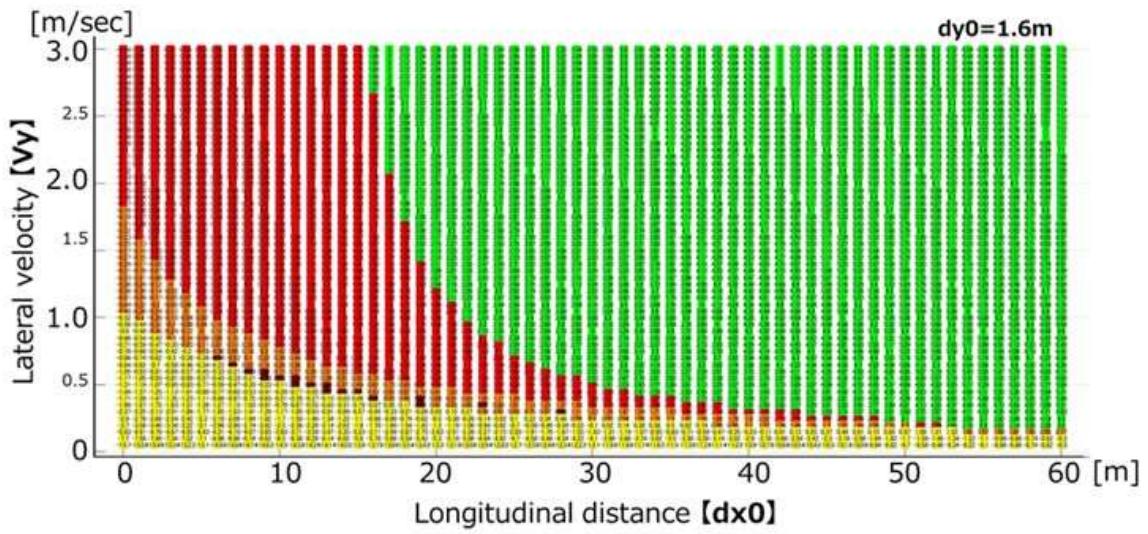
Рис. 7
Общее представление



Рис. 8
 Для $V_{e0} = 60$ км/ч



3 Ego vehicle velocity [Ve0] : 60[kph]
 Relative velocity [Ve0-Vo0] : 30[kph]



4 Ego vehicle velocity [Ve0] : 60[kph]
 Relative velocity [Ve0-Vo0] : 40[kph]

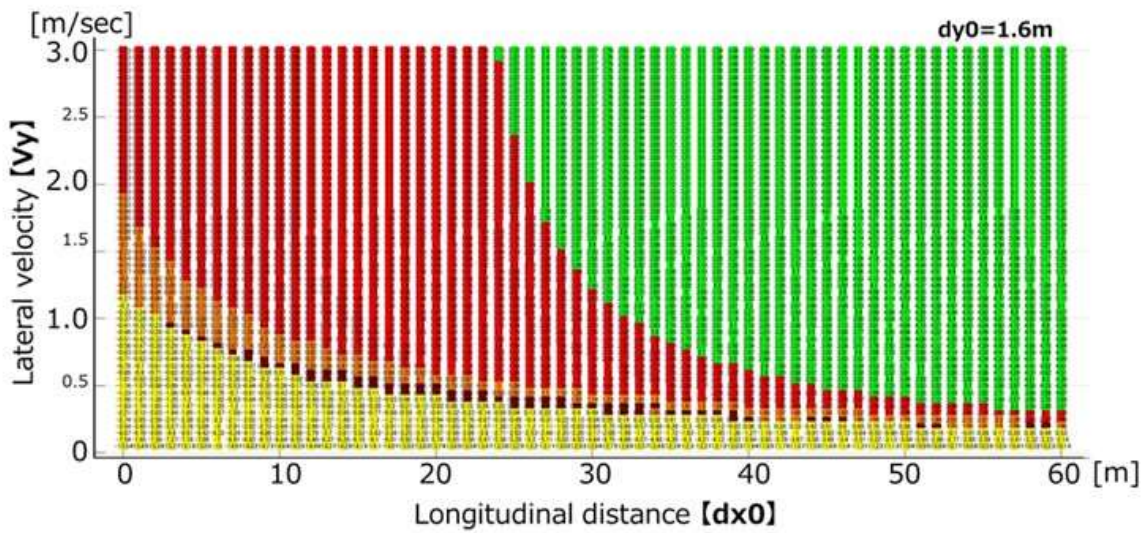
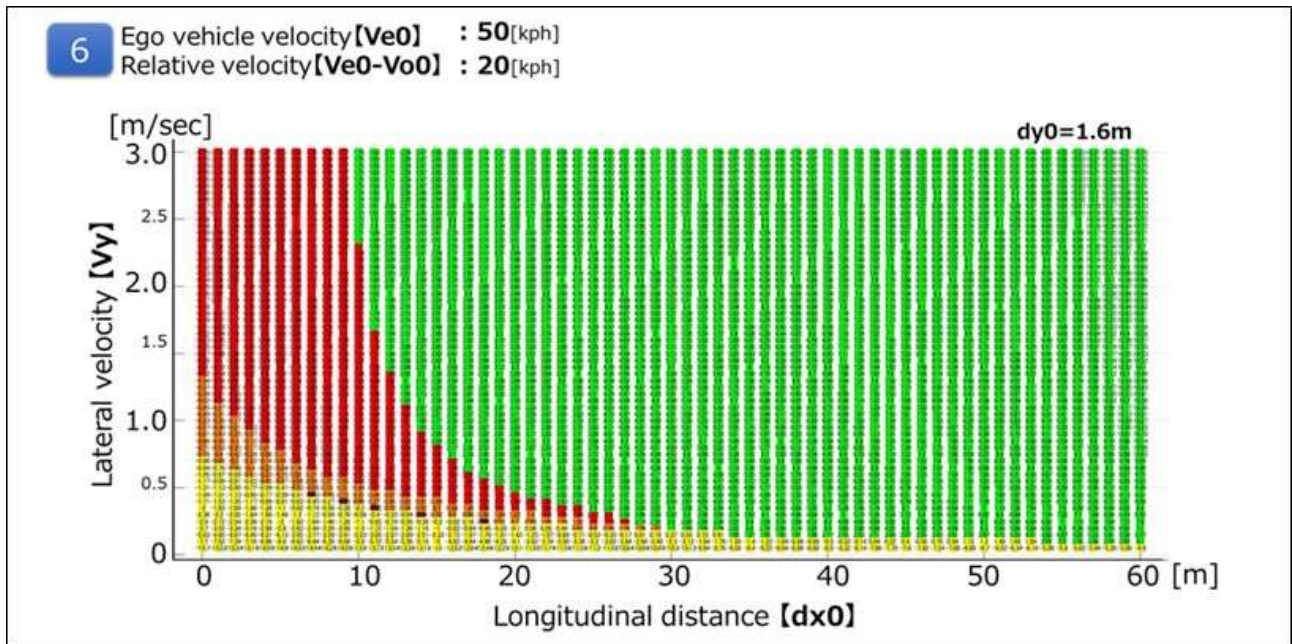
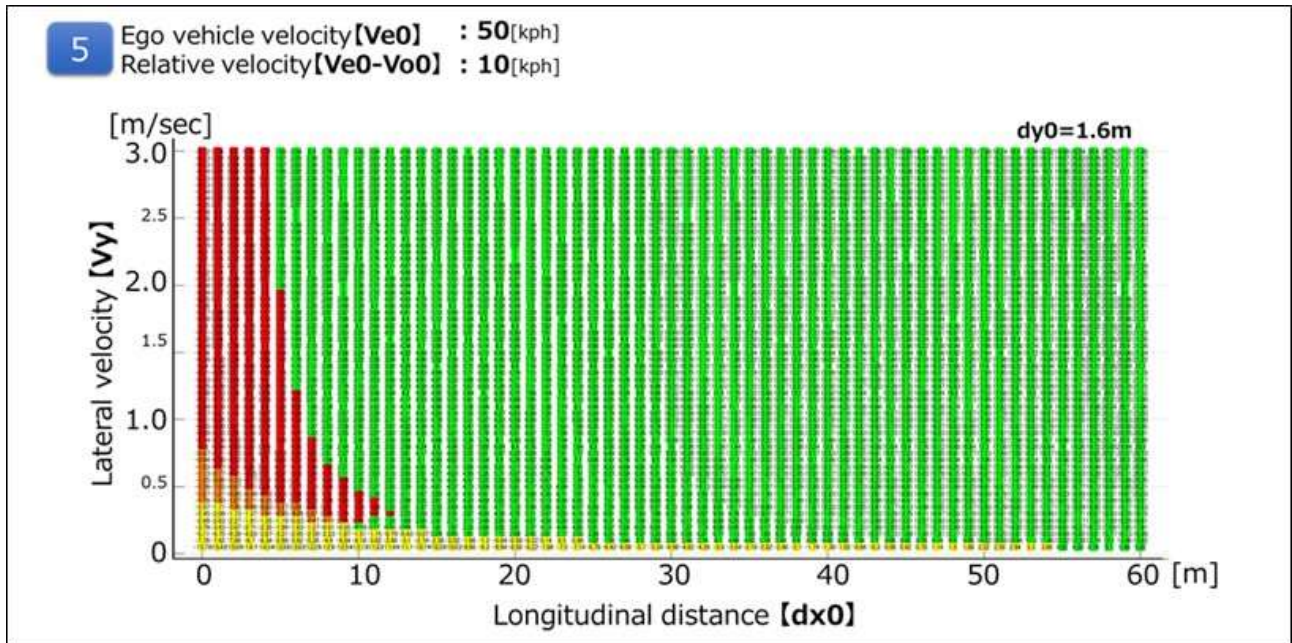
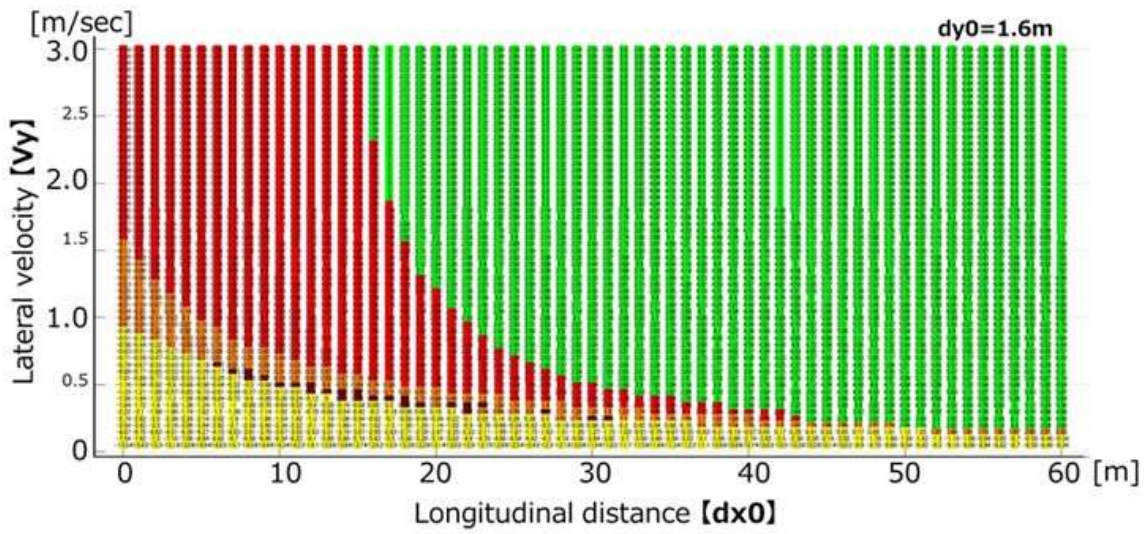


Рис. 9
 Для $V_{e0} = 50$ км/ч



7 Ego vehicle velocity [Ve0] : 50[kph]
 Relative velocity [Ve0-Vo0] : 30[kph]



8 Ego vehicle velocity [Ve0] : 50[kph]
 Relative velocity [Ve0-Vo0] : 40[kph]

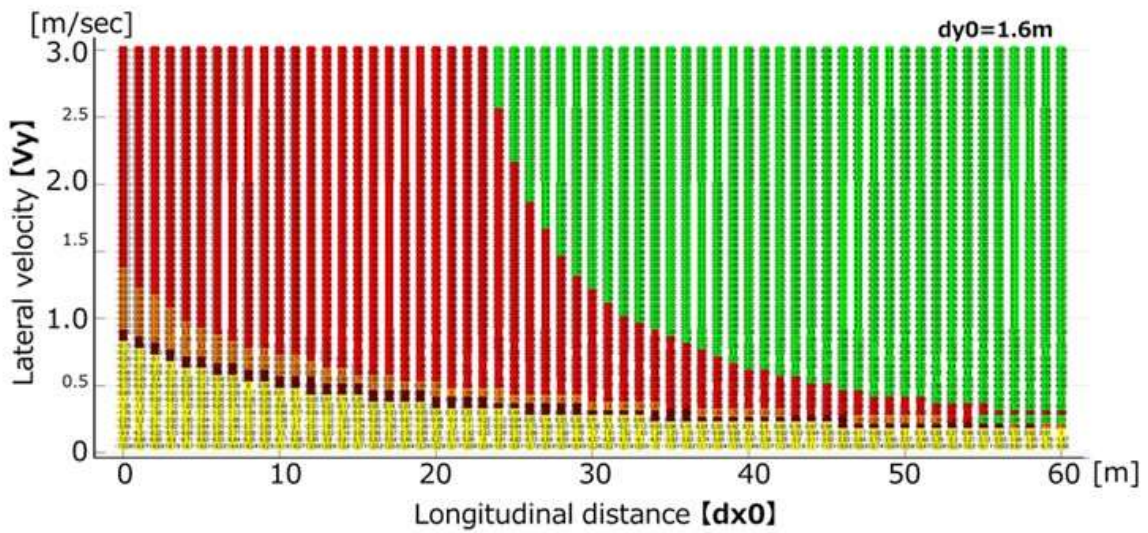
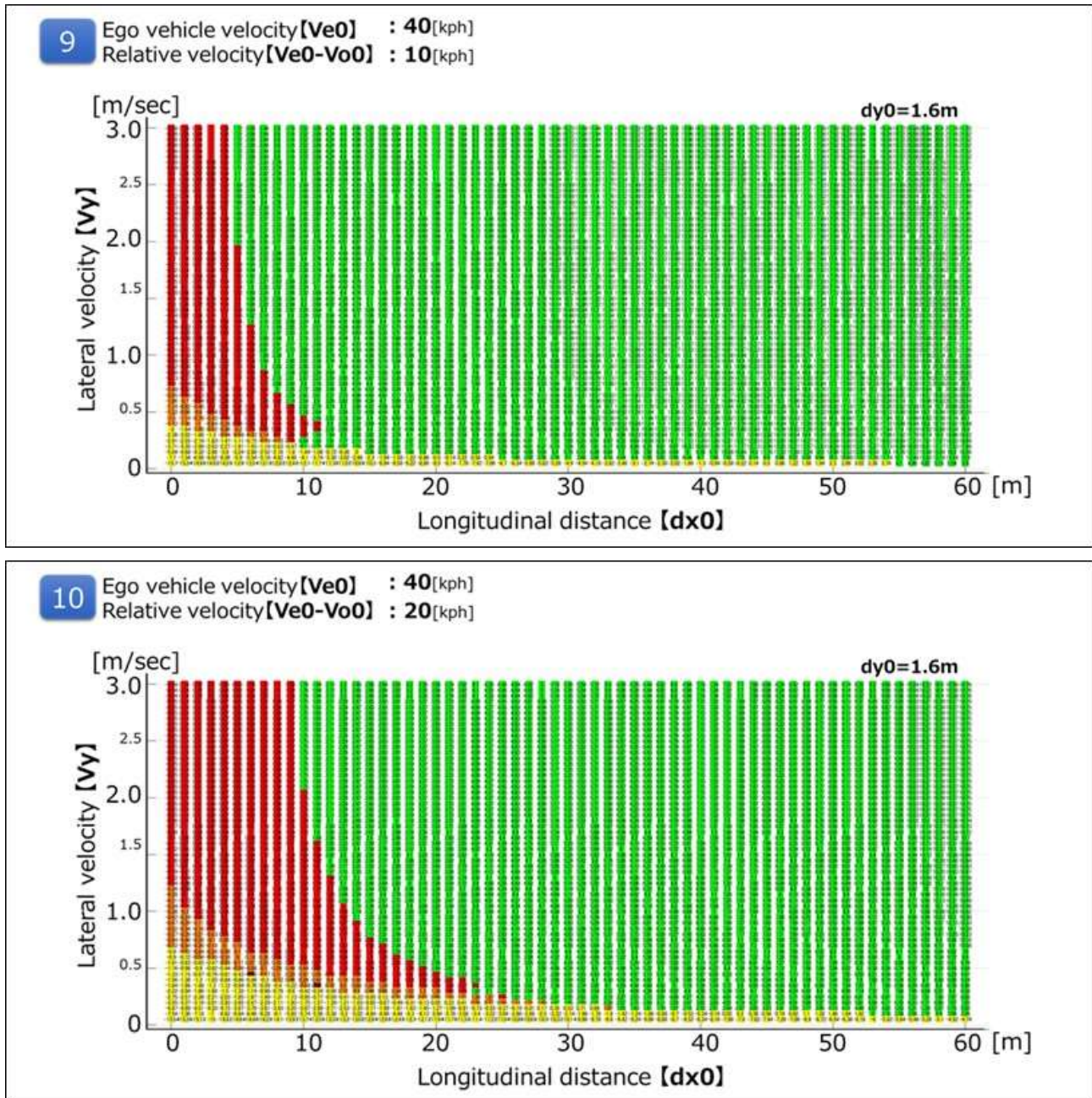


Рис. 10
Для $V_{e0} = 40$ км/ч



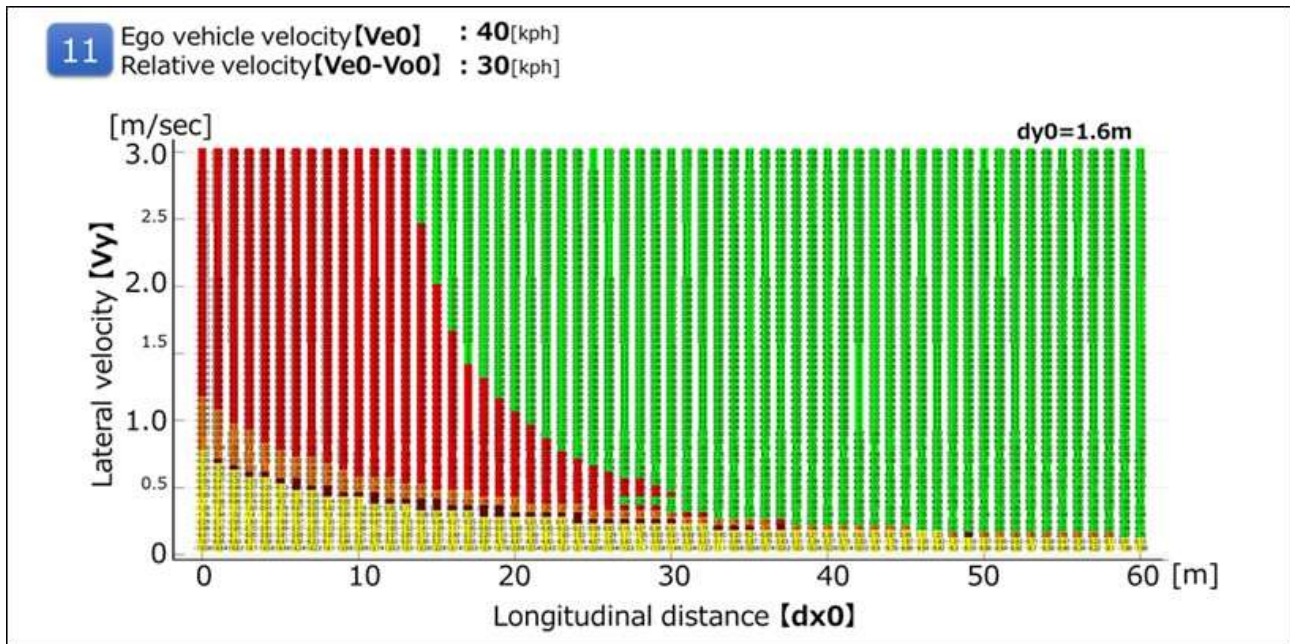
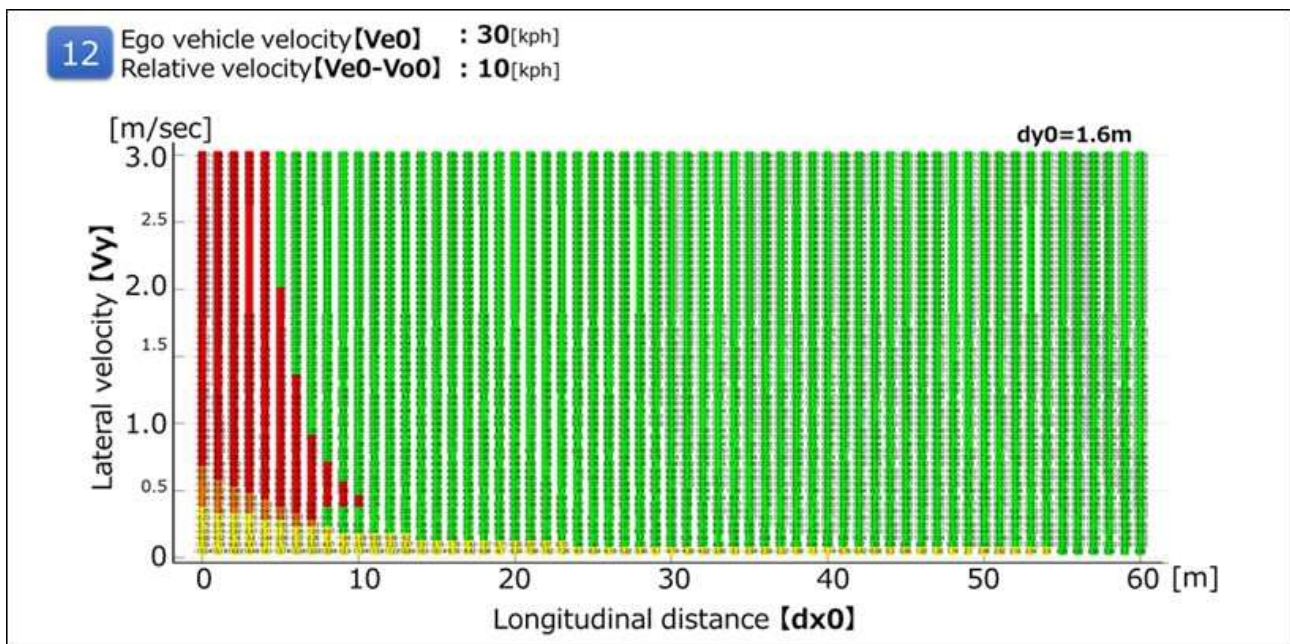


Рис. 11
Для $V_{e0} = 30$ км/ч



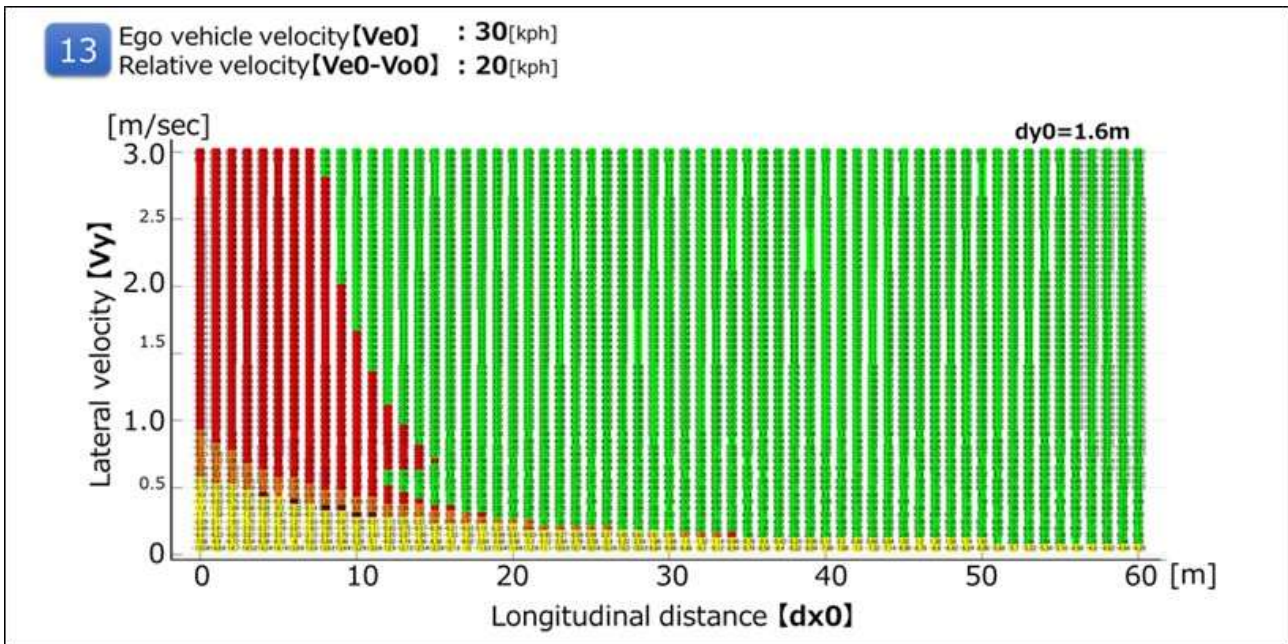
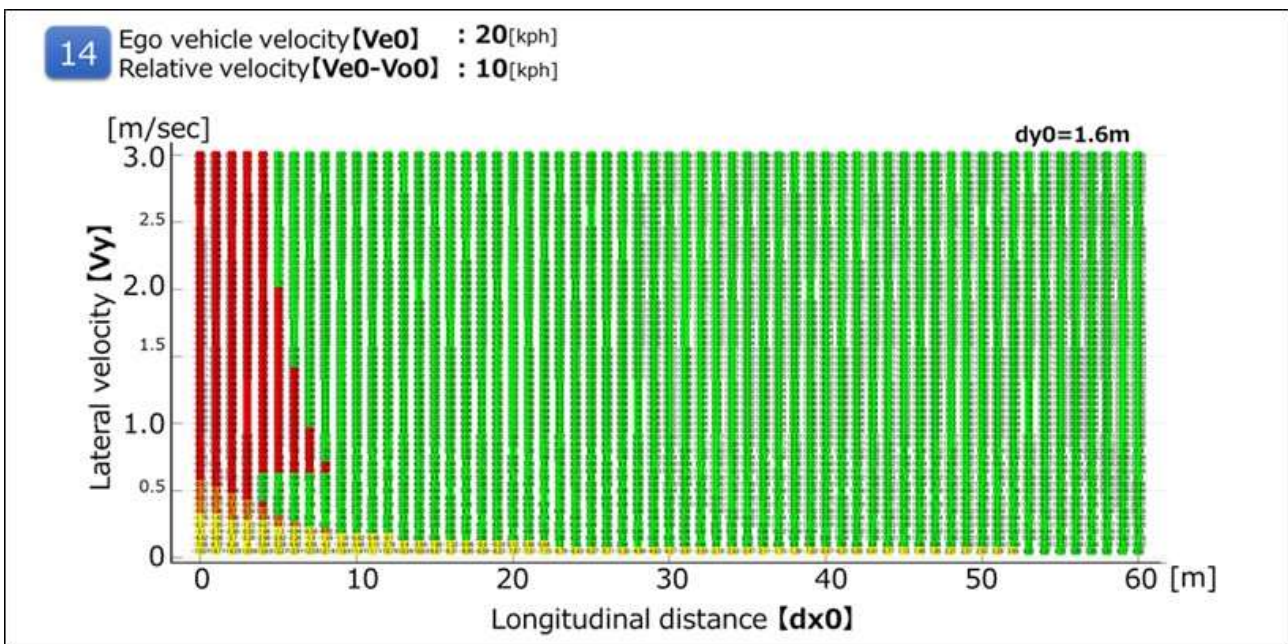


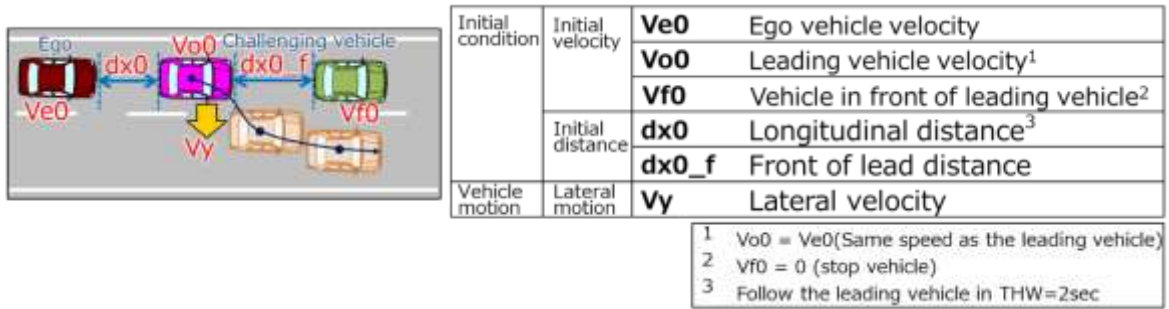
Рис. 12
Для $V_{e0} = 20$ км/ч



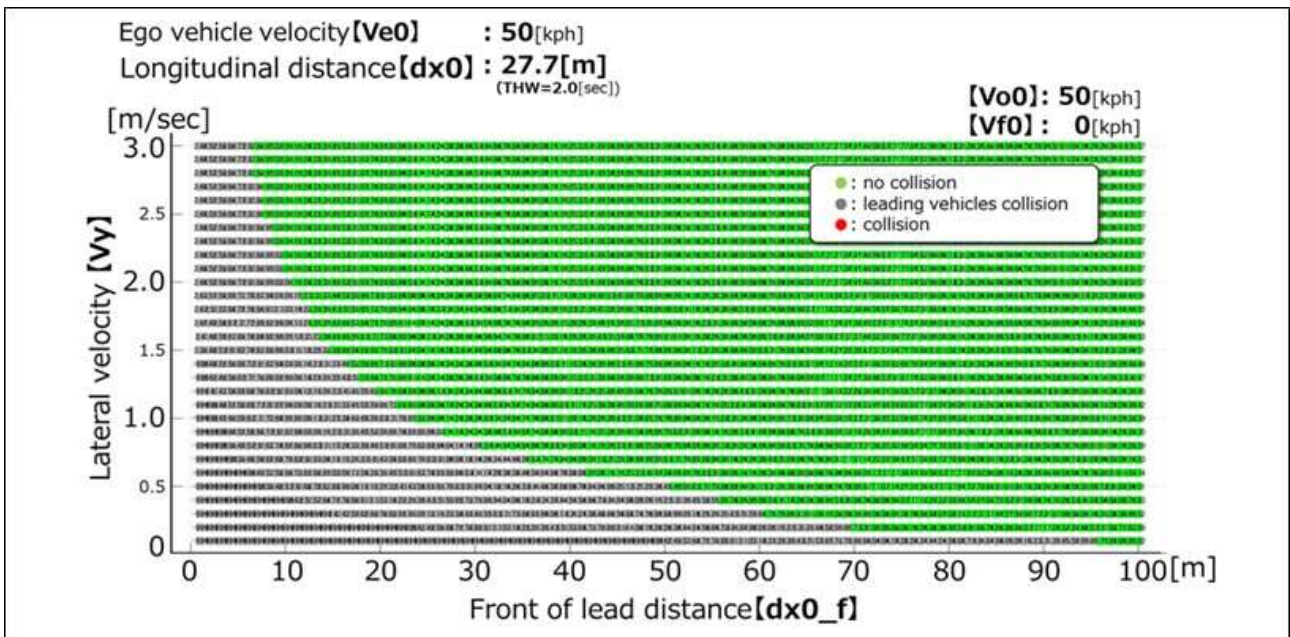
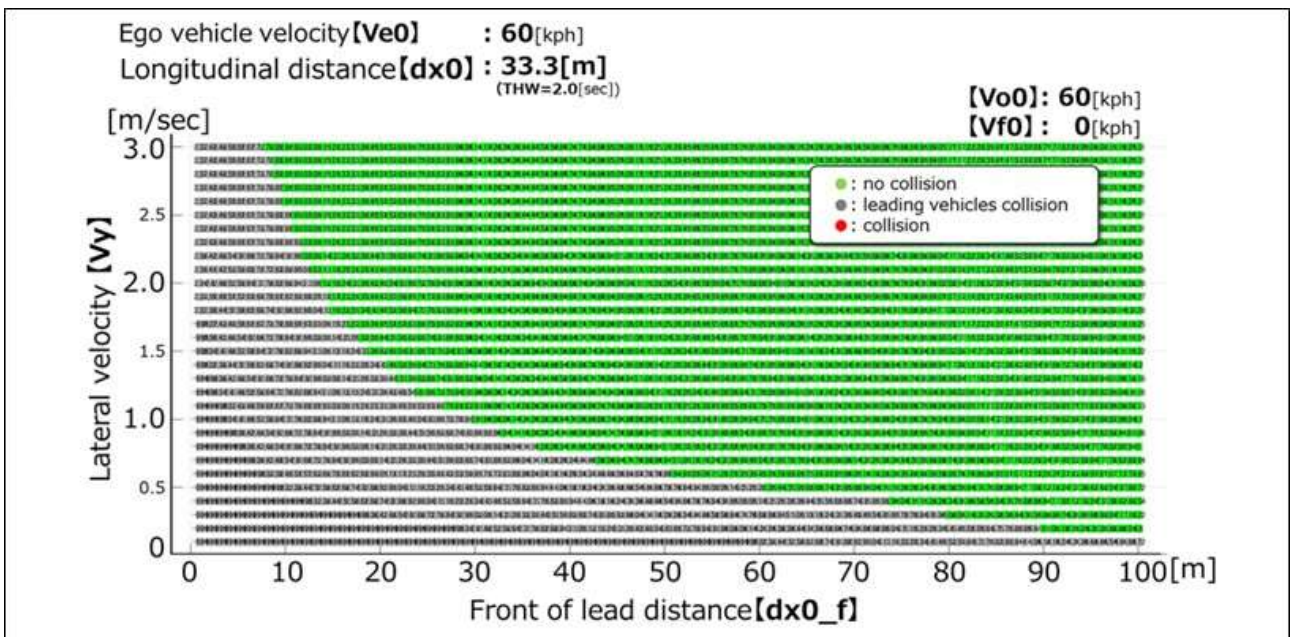
5.2. 3.3.4.2 Внезапный выезд из полосы движения

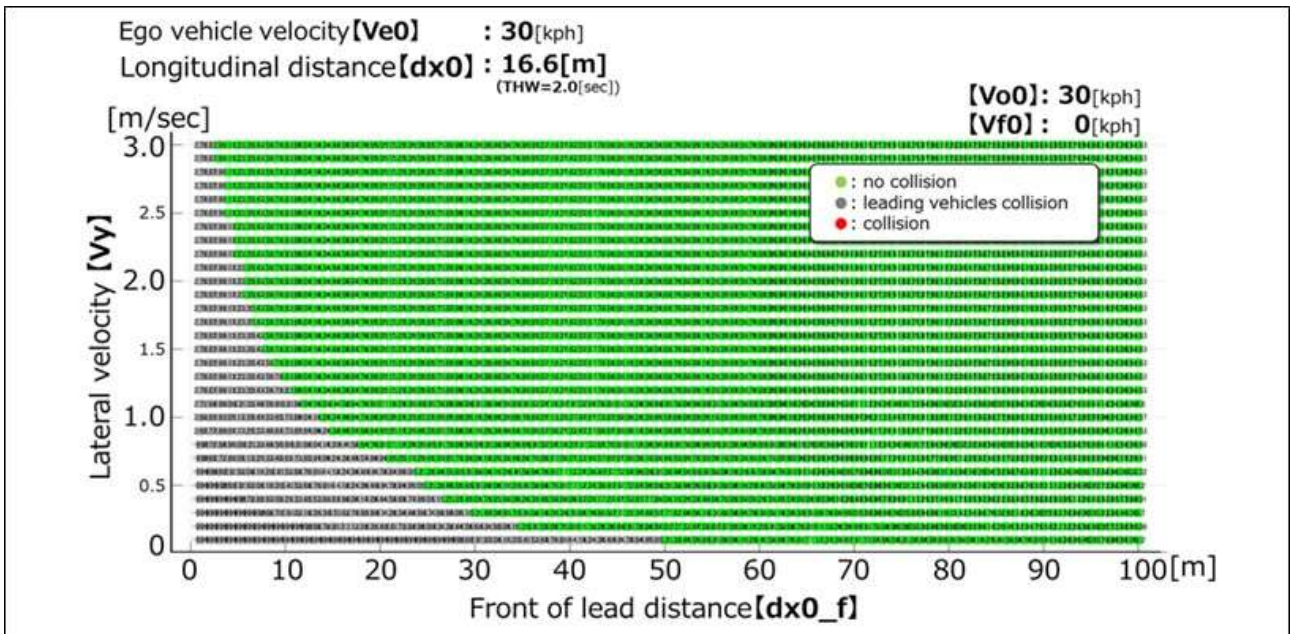
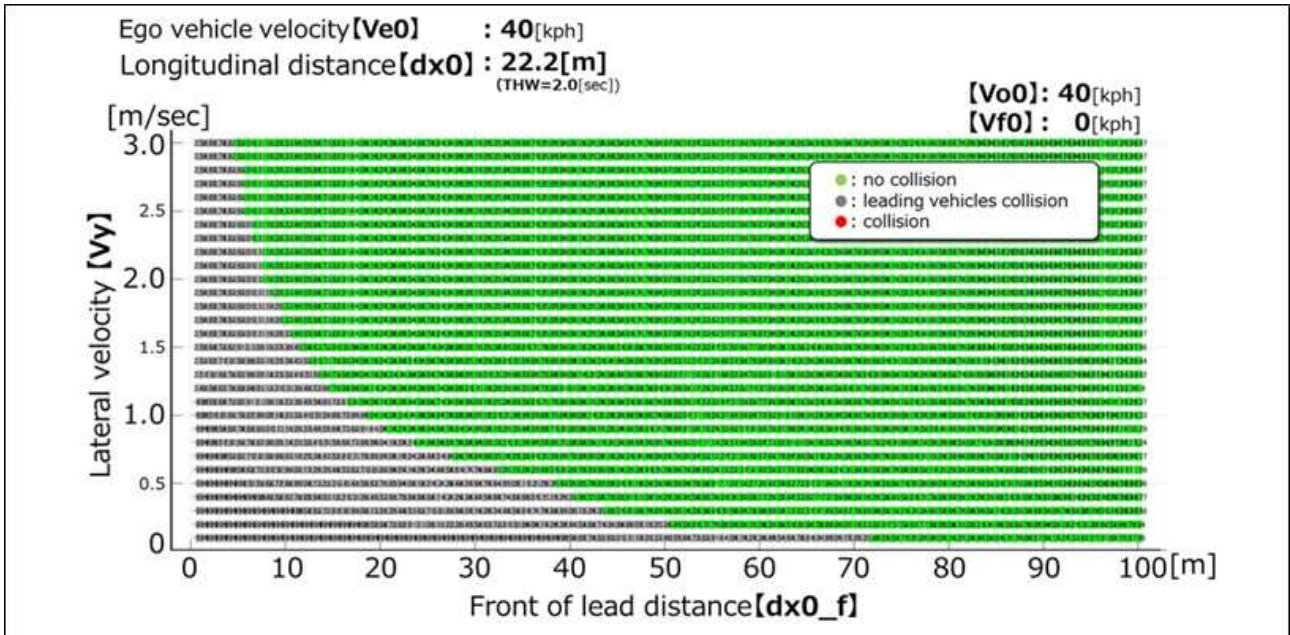
Существует возможность объезда всех замедлившихся (остановившихся) транспортных средств впереди предшествующего совершившего выезд из полосы транспортного средства при $VI = 2,0$ с и следующих условиях движения:

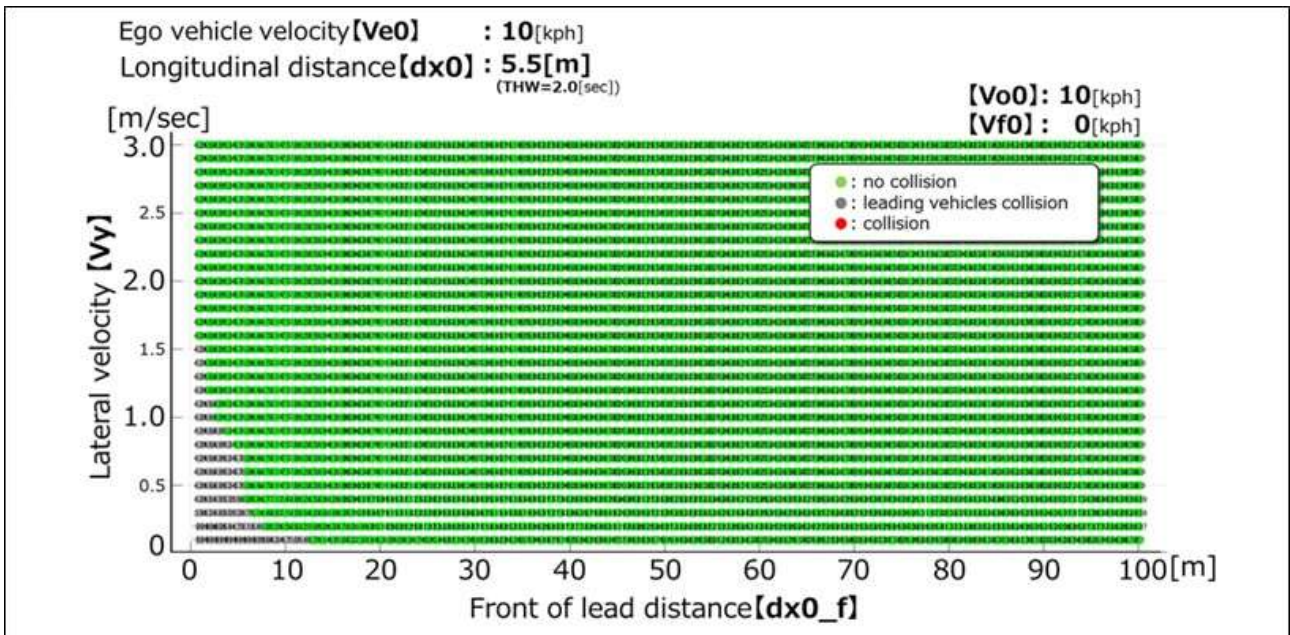
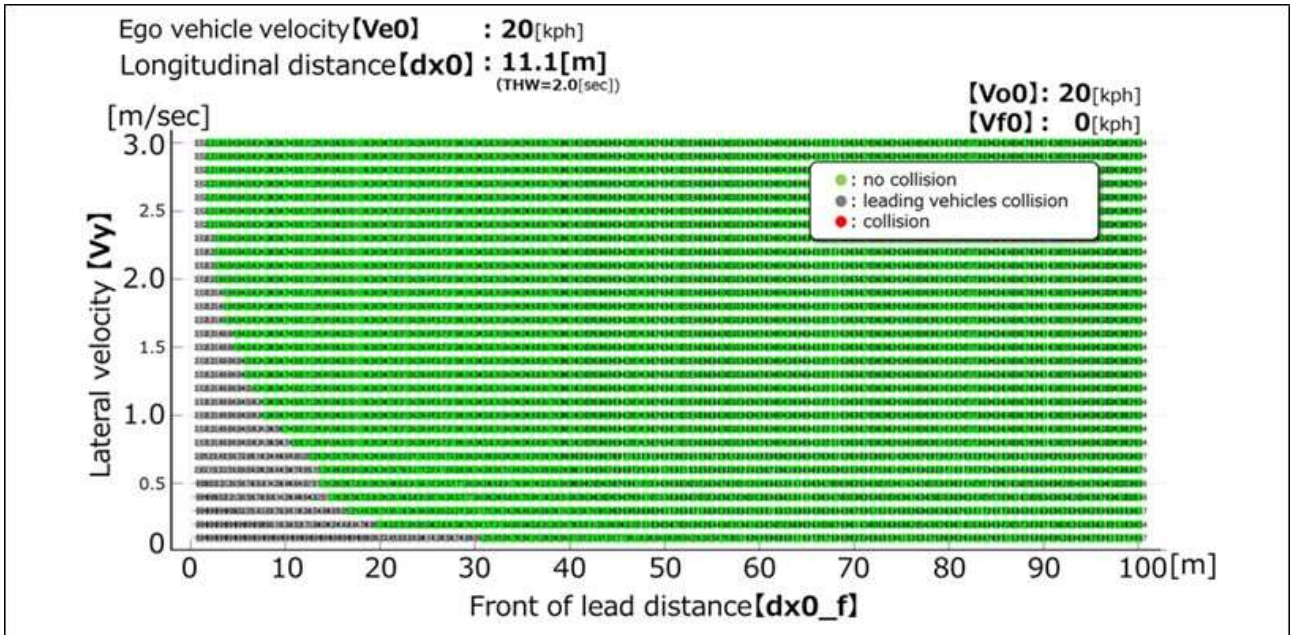
Рис. 13
 Параметры



(Изображение сводки данных)







5.4 3.3.4.3 Замедление

Избежать внезапного замедления $-1,0\text{ G}$ или меньше возможно при $VI = 2,0\text{ с}$ в следующей ситуации движения.

(Изображение сводки данных)

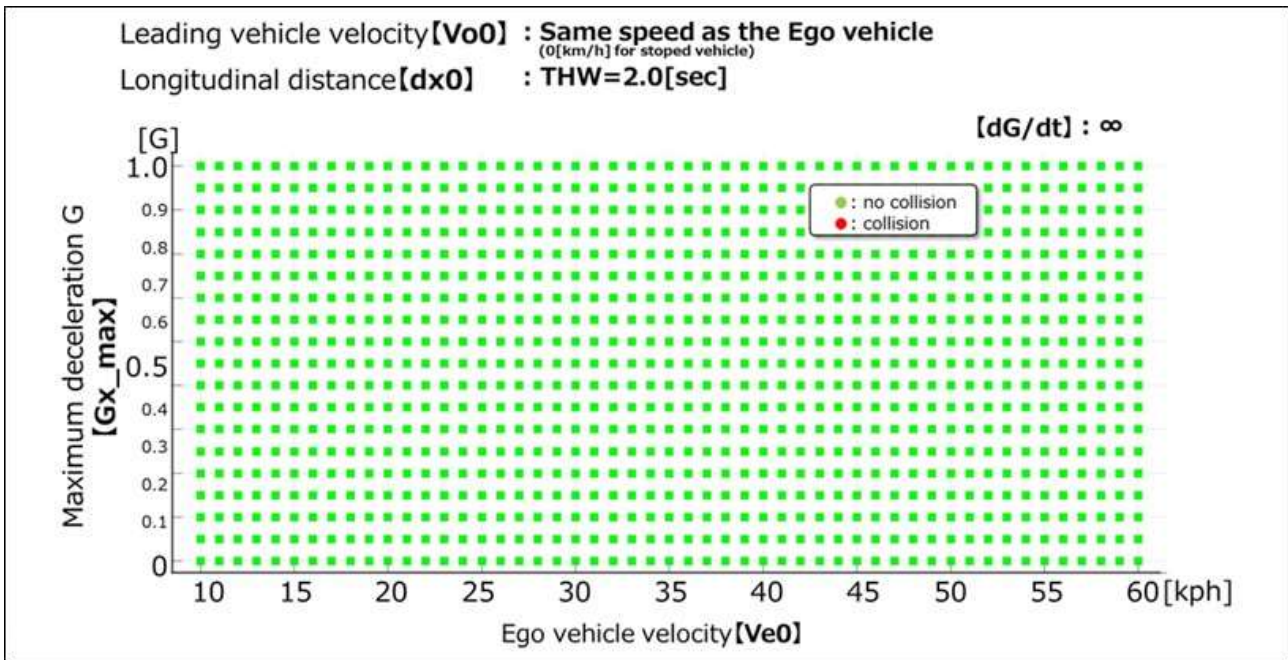
Initial condition	Initial velocity	Ve0	Ego vehicle velocity
		Vo0	Leading vehicle velocity ¹
Vehicle motion	Initial distance	dx0	Longitudinal distance ²
	Deceleration	Gx_max	Maximum deceleration G
		dG/dt	Deceleration rate ³

1 Vo0 = Ve0(Same speed as the leading vehicle)
 0[km/h] for a stopped vehicle

2 Follow the leading vehicle in THW=2sec

3 The most severe conditions ^(a)

(Изображение сводки данных)

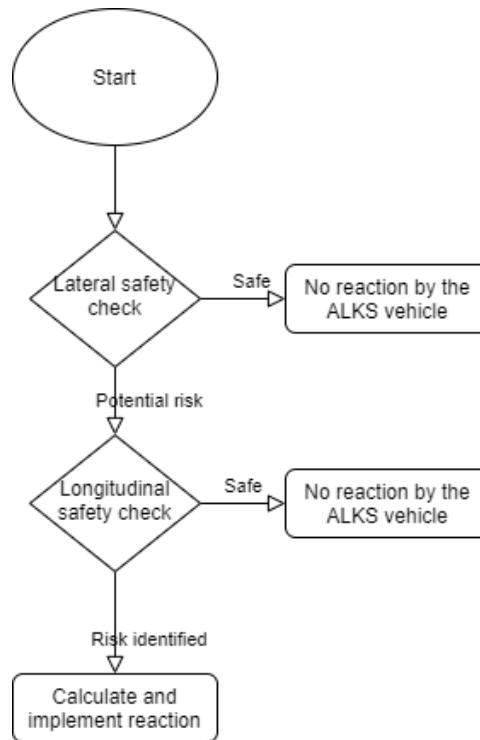


3.4 “Модель действий 2”

3.4.1 Во второй модели действий предполагается, что водитель может предвидеть риск столкновения и осуществить пропорциональное торможение. В этом случае в модели действий учитываются следующие три действия: проверка безопасности в поперечной плоскости, проверка безопасности в продольной плоскости и реагирование. Реагирование осуществляется только в том случае, если в результате проверки безопасности в поперечной и продольной плоскости выявлен риск неминуемого столкновения. Диаграмма, представленная на рис. 2, дает наглядное представление алгоритма решений, принимаемых водителем во второй модели действий для сценария критической дорожной ситуации с внезапным перестроением в полосу движения.

Рис. 14

Блок-схема второй модели действий АСУП для сценария критической дорожной ситуации с внезапным перестроением в полосу движения



3.4.2 Сценарий критической дорожной ситуации с внезапным перестроением в полосу движения.

3.4.2.1 Проверка безопасности в поперечной плоскости выявляет потенциальный риск столкновения, если выполняются следующие условия:

- задняя часть “другого транспортного средства” находится впереди передней части транспортного средства с АСУП в продольном направлении движения;
- “другое транспортное средство” движется в сторону транспортного средства с АСУП;
- скорость транспортного средства с АСУП в продольной плоскости выше скорости “другого транспортного средства” в продольной плоскости;
- выполняется следующее уравнение:

$$\frac{dist_{lat}}{u_{cut-in,lat}} < \frac{dist_{lon} + length_{ego} + length_{cut-in}}{u_{ego,lon} - u_{cut-in,lon}} + 0,1,$$

где:

- $dist_{lat}$ мгновенное расстояние в поперечной плоскости между двумя транспортными средствами;
- $dist_{lon}$ мгновенное расстояние в продольной плоскости между двумя транспортными средствами;
- $length_{ego}$ длина транспортного средства с АСУП;
- $length_{cut-in}$ длина “другого транспортного средства”;
- $u_{cut-in,lat}$ мгновенная скорость “другого транспортного средства” в поперечной плоскости;

$u_{ego,lon}$	мгновенная скорость транспортного средства с АСУП в продольной плоскости;
$u_{cut-in,lon}$	мгновенная скорость «другого» транспортного средства в продольной плоскости.

3.4.2.2 Проверка безопасности в продольной плоскости требует оценки двух нечетких косвенных показателей безопасности: опережающих нечетких косвенных показателей безопасности (ОНК) и критических нечетких косвенных показателей безопасности (КНК).

3.4.2.2.1 ОНК рассчитываются по следующему уравнению:

$$PFS(dist_{lon}) = \begin{cases} 1 & \text{если } 0 < dist_{lon} - d_1 < d_{unsafe} \\ 0 & \text{если } dist_{lon} - d_1 > d_{safe} \\ \frac{dist_{lon} - d_{safe} - d_1}{d_{unsafe} - d_{safe}} & \text{если } d_{unsafe} < dist_{lon} - d_1 < d_{safe}, \end{cases}$$

где:

d_1 безопасное расстояние при полной остановке двух транспортных средств;

$$d_{safe} = u_{ego,lon} \tau + \frac{u_{ego,lon}^2}{2b_{ego,comf}} - \frac{u_{cut-in,lon}^2}{2b_{cut-in,max}} + d_1,$$

$$d_{unsafe} = u_{ego,lon} \tau + \frac{u_{ego,lon}^2}{2b_{ego,max}} - \frac{u_{cut-in,lon}^2}{2b_{cut-in,max}},$$

при

τ время реагирования транспортного средства с АСУП, определяемое как общее время с момента определения необходимости реагирования до начала реагирования;

$b_{ego,comf}$ комфортное замедление транспортного средства с АСУП;

$b_{ego,max}$ максимальное замедление транспортного средства с АСУП;

$b_{cut-in,max}$ максимальное замедление «другого транспортного средства».

3.4.2.2.2 КНК рассчитываются по следующему уравнению:

$$CFS(dist_{lon}) = \begin{cases} 1 & \text{если } 0 < dist_{lon} < d_{unsafe} \\ 0 & \text{если } dist_{lon} \geq d_{safe} \\ \frac{dist_{lon} - d_{safe}}{d_{unsafe} - d_{safe}} & \text{если } d_{unsafe} \leq dist_{lon} < d_{safe}, \end{cases}$$

где:

$$d_{safe} = \begin{cases} \frac{(u_{ego,lon} - u_{cut-in,lon})^2}{2a'_{ego}} & \text{если } u_{ego,lon,NEXT} \leq u_{cut-in,lon} \\ d_{new} + \frac{(u_{ego,lon,NEXT} - u_{cut-in,lon})^2}{2b_{ego,comf}} & \text{если } u_{ego,lon,NEXT} > u_{cut-in,lon}, \end{cases}$$

$$d_{unsafe} = \begin{cases} \frac{(u_{ego,lon} - u_{cut-in,lon})^2}{2a'_{ego}} & \text{если } u_{ego,lon,NEXT} \leq u_{cut-in,lon} \\ d_{new} + \frac{(u_{ego,lon,NEXT} - u_{cut-in,lon})^2}{2b_{ego,max}} & \text{если } u_{ego,lon,NEXT} > u_{cut-in,lon}, \end{cases}$$

при

$$a'_{ego} = \max(a_{ego}, -b_{ego,comf}),$$

$$u_{ego,lon,NEXT} = u_{ego,lon} + a'_{ego}\tau,$$

$$d_{new} = \left(\frac{(u_{ego,lon} + u_{ego,lon,NEXT})}{2} - u_{cut-in,lon} \right) \tau,$$

где:

a_{ego}	мгновенное ускорение транспортного средства с АСУП в продольной плоскости;
a'_{ego}	измененное мгновенное ускорение, при котором предполагается, что транспортное средство с АСУП не может замедлиться более чем на $b_{ego,comf}$;
$u_{ego,lon,NEXT}$	ожидаемая скорость транспортного средства с АСУП в продольной плоскости по истечении времени реагирования при условии постоянного ускорения;
d_{new}	ожидаемое изменение расстояния в продольной плоскости между транспортным средством с АСУП и “другим транспортным средством” по истечении времени реагирования.

3.4.2.2.3 Проверка безопасности в продольной плоскости выявляет потенциальный риск, если ОНК или КНК больше 0.

3.4.2.3 В случае выявления риска предполагается, что транспортное средство с АСУП планирует и осуществляет реагирование путем замедления в соответствии со следующим уравнением:

$$b_{reaction} = \begin{cases} CFS \cdot (b_{ego,max} - b_{ego,comf}) + b_{ego,comf} & \text{если } CFS > 0 \\ PFS \cdot b_{ego,comf} & \text{если } CFS = 0. \end{cases}$$

3.4.2.3.1 Замедление осуществляется через временной промежуток, равный τ , когда оно начинает увеличиваться с постоянным коэффициентом, равным максимальному рывку.

3.4.2.4 В случае, если реагирование не способно предотвратить столкновение транспортного средства с перестраивающимся в полосу транспортным средством, сценарий классифицируется как непредупреждаемый, в противном случае — как предупреждаемый.

3.4.3 Сценарий критической дорожной ситуации с внезапным выездом из полосы движения.

В случае внезапного выезда из полосы движения модель следует той же схеме, которая описана в пункте 3.4.1 для сценария внезапного перестроения в полосу движения, с тремя изменениями:

- проверкой безопасности в поперечной плоскости пренебрегают, так как транспортное средство с АСУП и неподвижный объект уже находятся на одной полосе движения;
- проверка безопасности в продольной плоскости оценивается так же, как в пункте 3.4.2.2, при этом параметры состояния рассчитываются для неподвижного объекта, а не для транспортного средства, совершающего внезапное перестроение в полосу движения;
- предполагается, что транспортное средство с АСУП не сможет начать отсчет времени реагирования до того, как центр транспортного средства, совершающего внезапный выезд из полосы движения, окажется вне зоны блуждания, равной 0,375 м от центра полосы движения.

3.4.4 Сценарий критической дорожной ситуации с замедлением

В случае внезапного замедления предшествующего транспортного средства модель следует той же схеме, которая описана в пункте 3.4.1 для сценария внезапного перестроения в полосу движения, с двумя изменениями:

- a) проверкой безопасности в поперечной плоскости пренебрегают, так как транспортное средство с АСУП и предшествующее транспортное средство уже находятся на одной полосе движения;
- b) проверка безопасности в продольной плоскости оценивается так же, как в пункте 3.4.2.2, при этом параметры состояния рассчитываются для предшествующего транспортного средства, а не для транспортного средства, совершающего внезапное перестроение в полосу движения.

3.4.5 Программная реализация второй модели действий для получения классификации сценариев на основе имитационного моделирования трех сценариев критической дорожной ситуации, описанных в пункте 2.2 настоящего добавления, находится в открытом доступе¹.

3.4.6 Для определения условий, при которых транспортное средство с АСУП должно не допускать столкновений, используются следующие факторы модели действий.

Таблица 3

Факторы, учтенные в модели действий для транспортных средств

	<i>Фактор</i>
Точка восприятия риска	Время, когда значение ОНК или КНК более не равно 0
	В случае внезапного выезда из полосы движения отсчет времени реагирования транспортного средства с АСУП не может начаться до того, как центр транспортного средства, совершающего внезапный выезд из полосы движения, окажется вне зоны блуждания, равной 0,375 м от центра полосы движения
Время реагирования транспортного средства с АСУП	$\tau = 0,75$ с
Рывок (коэффициент трения дороги — 1,0)	12,65 м/с ³
Безопасное расстояние при полной остановке двух транспортных средств	$d_1 = 2$ м
Комфортное замедление транспортного средства с АСУП	$b_{ego,comf} = 4$ м/с ²
Максимальное замедление транспортного средства с АСУП	$b_{ego,max} = 6$ м/с ²
Максимальное замедление “другого транспортного средства”	$b_{cut-in,max} = 7$ м/с ²

»

¹ Программную реализацию см. на сайте <https://github.com/ec-jrc/JRC-FSM>.

Приложение 5, включить пункты 4.7 и 4.8 следующего содержания:

- [4.7 Обнаружение знаков дорожного движения и объектов инженерного оборудования дорог и реагирование на них**
- 4.7.1** Эти испытания должны гарантировать, что АСУП соблюдает правила дорожного движения, обнаруживает различные постоянные и временные объекты инженерного оборудования дорог и адаптируется к ним.
- 4.7.2** Испытание должно быть проведено как минимум в рамках приведенного ниже перечня сценариев с учетом ДШЭ соответствующей системы:
- a) различные знаки ограничения скорости, с тем чтобы транспортное средство с АСУП изменяло свою скорость в соответствии с указанными значениями;
 - b) светофоры, указывающие на окончание полосы движения. Над полосами движения находятся светофоры, причем в тех из них, которые относятся к соседним полосам, непрерывно активирован зеленый сигнал, в то время как в светофорах, относящихся к текущей полосе движения транспортного средства с АСУП, непрерывно активирован красный сигнал;
 - c) проезд через туннель: участок дороги длиной не менее [X] м при отсутствии солнечного света и системы позиционирования;
 - d) пункт взимания платы за проезд: участок автомагистрали с соответствующими предупреждающими знаками, знаками ограничения скорости и сооружениями (билетные автоматы, шлагбаумы и т. д.);
 - e) временные изменения: например, дорожно-ремонтные работы, обозначенные дорожными знаками, конусами и другими изменениями.
- 4.7.3** Каждое испытание должно быть проведено по крайней мере:
- a) без идущего впереди транспортного средства;
 - b) с использованием объекта — легкового автомобиля, а также объекта — МДТ, выступающих в качестве идущего впереди транспортного средства/другого транспортного средства.
- 4.8** Избегание торможения перед преодолемым объектом на полосе движения
- 4.8.1** Испытание должно продемонстрировать, что транспортное средство с АСУП не осуществляет немотивированное торможение перед преодолемым объектом на полосе движения (например, крышкой люка или небольшой веткой дерева).
- 4.8.2** Это испытание должно быть проведено по крайней мере:
- a) без идущего впереди транспортного средства;
 - b) с использованием объекта — легкового автомобиля, а также объекта — МДТ, выступающих в качестве идущего впереди транспортного средства/другого транспортного средства].

Приложение 5, включить пункт 4.9 следующего содержания:

- [4.9** Встречное движение/транспортное средство, движущееся в противоположном направлении

- 4.9.1** Испытание должно продемонстрировать, что АСУП способна обнаруживать встречное движение на соседней полосе и реагировать на него.
- 4.9.2** Испытание на обнаружение встречного движения должно быть проведено по крайней мере:
- a) без идущего впереди транспортного средства;
 - b) с использованием объекта — легкового автомобиля, а также объекта — МДТ, выступающих в качестве идущего впереди транспортного средства/другого транспортного средства].

II. Обоснование

1. Данное предложение направлено на увеличение установленной максимальной скорости для АСУП до 130 км/ч. Оно основано на документе ECE/TRANS/WP.29/GRVA/2020/32, представленном GRVA на ее сессии в сентябре 2020 года экспертом от Германии. После достижения договоренности между GRVA и WP.29 была создана Специальная группа заинтересованных экспертов по Правилам № 157 ООН (СГЗЭ по Правилам №157) для дальнейшей проработки этого предложения, а также для рассмотрения последующих полученных предложений по поправкам.

2. В этом документе отражены обсуждение, проведенное СГЗЭ по Правилам №157 до ее восьмой сессии 17 сентября 2021 года, и сделанные ей выводы. Он включает в себя документы ECE/TRANS/WP.29/GRVA/2021/31 и GRVA-11-33, которые были представлены на одиннадцатой сессии GRVA, и является новым рабочим документом, заменяющим все вышеупомянутые документы.

3. До следующей сессии GRVA от Группы ожидается неофициальный документ, чтобы закрыть оставшиеся открытые вопросы, связанные с увеличением скорости, заключенные в квадратные скобки. Речь идет о том, следует ли разрешить функционирование АСУП при скорости выше 60 км/ч, если она не предусматривает возможность смены полосы движения во время маневрирования с минимальным риском (ММР) (пункт 5.2.3.1), и о требовании к испытаниям (приложение 5). Ниже приводится краткое обоснование значительных изменений, которые СГЗЭ по Правилам № 157 считает необходимыми для увеличения скорости, при которой может функционировать АСУП:

a) добавлены пункты 2.21 и 5.1.1.1, а пункт 5.2.1 изменен, с тем чтобы избежать нестабильного поведения системы, которое может усилить реакцию на нарушение равномерности движения транспорта, и способствовать тому, чтобы стиль вождения системы был в большей степени ориентирован на упреждающие действия;

b) таблица минимальных расстояний следования в пункте 5.2.3.3 ограничивается значениями, установленными для нынешнего предела на уровне 60 км/ч, и не содержит значений для более высокой скорости; вместо этого вводится положение о том, что система должна обеспечивать соблюдение местных правил дорожного движения. Было сочтено, что указывать расстояние или временные интервалы при скорости выше 60 км/ч нет необходимости, поскольку такие требования варьируются в зависимости от страны, а требование избежать столкновения заведомо означает, что система обязана поддерживать достаточную дистанцию;

c) пункт 5.2.8 включен для того, чтобы АСУП реагировала на транспортное средство, движущееся в противоположном направлении по разделенной проезжей части. Было признано, что этот сценарий сложно проработать в деталях и реализовать в системе. В этой связи АСУП должна хотя бы предпринимать попытку смягчить возможное столкновение;

d) пункт 5.2.5.3 изменен аналогичным образом для реагирования на пешеходов при скорости выше 60 км/ч, так как было признано, что такой сценарий будет также сложен в плане детализации или разработки. Тот же сценарий пересечения дороги в данном случае не будет реалистичным, поскольку пешеход вряд ли будет

оставаться на незагражденном переходе в течение времени, необходимого при более высокой скорости;

е) пункты 5.4.2.3 и 6.4.1 изменены таким образом, чтобы система могла продолжать функционировать и выполнять все требования Правил даже в случае отказа;

ф) пункт 7.1.1 изменен, с тем чтобы определить минимальные возможности обнаружения по направлению движения, необходимые для функционирования при скорости выше 60 км/ч. Диапазоны рассчитаны исходя из темпа замедления на уровне 5 м/с², которая, как правило, считается достижимым. Включены специальные положения, требующие изменения стратегии управления, если такое торможение невозможно или если минимальный диапазон обнаружения датчиков недоступен либо из-за условий окружающей среды, либо из-за состояния транспортного средства;

г) приложение 3 изменено для включения второй модели действий для оценки работы системы по критическим сценариям. Новая модель была разработана ОИЦ с использованием нечеткой логики для представления упреждающих действий водителя-человека в целях оценки того, при каких сценариях АСУП должна не допустить столкновения.
