



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.
GENERAL

ECE/TRANS/WP.29/2009/64
9 April 2009

RUSSIAN
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

КОМИТЕТ ПО ВНУТРЕННЕМУ ТРАНСПОРТУ

Всемирный форум для согласования правил
в области транспортных средств

Сто сорок восьмая сессия
Женева, 23-26 июня 2009 года
Пункт 4.2.8 предварительной повестки дня

СОГЛАШЕНИЕ 1958 ГОДА

Рассмотрение проектов поправок к действующим правилам

Предложение по дополнению 9 к Правилам № 13-Н
(Тормозные системы транспортных средств категорий M₁ и N₁)

Представлено Рабочей группой по вопросам торможения и ходовой части*

Приведенный ниже текст утвержден Рабочей группой по вопросам торможения и ходовой части (GRRF) на ее шестьдесят пятой сессии. В его основу положен документ ECE/TRANS/WP.29/GRRF/2008/15, воспроизведенный в документе GRRF 65-23-Rev.1. Он представляется на рассмотрение Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) и Административного комитета (AC.1) (ECE/TRANS/WP.29/GRRF/65, пункт 13).

* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2006-2010 годы (ECE/TRANS/166/Add.1, подпрограмма 02.4) Всемирный форум будет разрабатывать, согласовывать и обновлять правила в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.

Включить новые пункты 2.34-2.34.3 следующего содержания:

- "2.34 "Система вспомогательного торможения (СВТ)" означает функцию тормозной системы, которая идентифицирует ситуацию экстренного торможения на основе соответствующей характеристики использования тормоза водителем и в таких условиях:
- a) помогает водителю обеспечить максимально достижимый коэффициент торможения или
 - b) является достаточной для срабатывания антиблокировочной системы тормозов в режиме полного цикла.
- 2.34.1 "Система вспомогательного торможения категории А" означает систему, которая идентифицирует режим экстренного торможения на основе усилия, прилагаемого водителем к педали тормоза;
- 2.34.2 "Система вспомогательного торможения категории В" означает систему, которая идентифицирует аварийный режим торможения на основе скорости нажатия водителем на педаль тормоза;
- 2.34.3 "Система вспомогательного торможения категории С" означает систему, которая идентифицирует режим экстренного торможения на основе нескольких критериев, одним из которых должна являться скорость нажатия на педаль тормоза".

Изменить пункты 4.3.3 и 4.4.4 следующим образом:

- «4.4.3 В случае транспортного средства, удовлетворяющего предписаниям приложения 9 к настоящим Правилам в отношении электронной системы контроля устойчивости и системы вспомогательного торможения, непосредственно за буквой "R", упомянутой в пункте 4.4.2, проставляются дополнительные буквы "ESC".
- 4.4.4 В случае транспортных средств, удовлетворяющих предписаниям приложения 21 к Правилам № 13 в отношении электронной системы контроля устойчивости и требованиям приложения 9 к настоящим Правилам в отношении системы вспомогательного торможения, непосредственно за

буквой "R", упомянутой в пункте 4.4.2, проставляются дополнительные буквы "VSF"».

Изменить пункт 5.2.24 следующим образом:

"5.2.24 При условии соблюдения предписаний пунктов 12.2-12.3 любое транспортное средство, оснащенное системой ЭКУ, соответствующей определению пункта 2.25, должно удовлетворять предписаниям в отношении оборудования, эффективности и испытаний, содержащихся в части А приложения 9 к настоящим Правилам".

Изменить пункты 12.2-12.4 следующим образом:

"12.2 Начиная с 1 ноября 2011 года Договаривающиеся стороны, применяющие настоящие Правила, могут отказывать в предоставлении национальных или региональных официальных утверждений типа, если данный тип транспортного средства не удовлетворяет предписаниям настоящих Правил с поправками, внесенными на основании дополнения 9, и если на нем не установлена электронная система контроля устойчивости и система вспомогательного торможения, которые должны удовлетворять предписаниям приложения 9 к настоящим Правилам.

12.3 Начиная с 1 ноября 2013 года Договаривающиеся стороны, применяющие настоящие Правила, могут отказывать в первой национальной регистрации транспортного средства, которое не удовлетворяет предписаниям настоящих Правил с поправками, внесенными на основании дополнения 9, и если оно не оснащено электронной системой контроля устойчивости и системой вспомогательного торможения, которые удовлетворяют предписаниям приложения 9 к настоящим Правилам.

12.4 Начиная с официальной даты вступления в силу дополнения 9 к первоначальному варианту настоящих Правил Договаривающиеся стороны, применяющие настоящие Правила:

- а) не могут отказать в предоставлении официального утверждения на основании настоящих Правил транспортному средству, удовлетворяющему предписаниям с поправками, внесенными на основании дополнения 9 к первоначальному варианту настоящих Правил;

- b) отказывают в предоставлении официального утверждения на основании настоящих Правил с поправками, внесенными на основании дополнения 7 к первоначальному варианту настоящих Правил".

Приложение 1,

Изменить пункт 21 следующим образом:

"21. Транспортное средство оснащено ...

Если да: Система ЭКУ была использована в соответствии с предписаниями приложения 9 и удовлетворяет этим предписаниям Да/Нет

или: Функция Да/Нет"

Включить новые пункты 22-22.1.3 следующего содержания:

"22. Транспортное средство оснащено/не оснащено 2/ системой вспомогательного торможения, удовлетворяющей предписаниям части В приложения 9.

22.1 Система вспомогательного торможения категории A/B/C 2/

22.1.1 В случае систем категории А указать пороговую силу, при которой начинает увеличиваться соотношение между силой воздействия на педаль и давлением в тормозной магистрали; 2/

22.1.2 В случае систем категории В указать скорость перемещения педали, которая должна быть достигнута для срабатывания системы вспомогательного торможения (например, скорость нажатия на педаль (мм/с) в течение данного интервала времени); 2/

22.1.3 В случае систем категории С указать входные параметры, определяющие команду на срабатывание системы вспомогательного торможения, взаимосвязь между ними и параметры приведения в действие педали тормоза, необходимое для срабатывания системы вспомогательного торможения в условиях испытаний, описанных в части В приложения 9. 2/"

Пункты 22-31 (прежние), изменить нумерацию на 23-32.

Приложение 2,

Образец "А", изменить последнее предложение текста под схемой знака официального утверждения следующим образом:

"Дополнительная маркировка "ESC" указывает на то, что данное транспортное средство удовлетворяет предписаниям приложения 9 к настоящим Правилам в отношении электронной системы контроля устойчивости и системы вспомогательного торможения".

Приложение 9,

Название, изменить следующим образом:

"Приложение 9

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ И СИСТЕМА
ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ"

После названия приложения включить название нового подраздела следующего содержания:

"А. ПРЕДПИСАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ К ЭЛЕКТРОННЫМ СИСТЕМАМ
КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ, В СЛУЧАЕ ИХ УСТАНОВКИ".

Пункт 1, изменить следующим образом.

"1. ОБЩИЕ ПРЕДПИСАНИЯ

Транспортные средства, оснащенные... указанных в пункте 5 настоящего раздела".

Сноска 2, изменить конец сноски, следующим образом:

"... предусмотренным в пункте 5 настоящего раздела".

Пункт 3.6.4, изменить следующим образом:

"3.6.4 Требование пункта 3.6.2.7 настоящего раздела не применяется к контрольным сигналам, установленным в общем пространстве".

Пункт 3.6.5, изменить следующим образом:

"3.6.5 Изготовитель... удовлетворяет требованиям пунктов 3, 3.1, 3.2 и 3.3 настоящего раздела на этом уровне работоспособности ЭКУ".

После пункта 5.11.9 включить новый раздел В следующего содержания:

"В. ОСОБЫЕ ПРЕДПИСАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ К СИСТЕМАМ
ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ, В СЛУЧАЕ ИХ УСТАНОВКИ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Нижеследующие предписания применяются к транспортным средствам, оснащенным системами вспомогательного торможения (СВТ), определенными в пункте 2.34 настоящих Правил и указанными в сообщении, содержащемся в пункте 22 приложения 1 к настоящим Правилам.

В дополнение к предписаниям настоящего приложения системы вспомогательного торможения должны также удовлетворять любым соответствующим предписаниям, содержащимся в других разделах настоящих Правил.

В дополнение к предписаниям настоящего приложения, транспортные средства, оснащенные СВТ, должны быть также оснащены АБС в соответствии с приложением 6.

1.1 Общие предписания в отношении характеристик эффективности систем СВТ категории "А"

Когда система идентифицирует аварийный режим на основе относительно большого усилия воздействия на педаль, дополнительное усилие на педаль, необходимое для срабатывания АБС в режиме непрерывной цикличности, должно снижаться по сравнению с усилием воздействия на педаль, которое требуется в том случае, когда система СВТ не работает.

Соблюдение этого предписания считается подтвержденным, если удовлетворяются положения пунктов 3.1-3.3 настоящего раздела.

1.2 Общие предписания в отношении характеристик эффективности систем СBT категории "В" и категории "С"

Когда система идентифицирует аварийный режим, как минимум, на основе очень быстрого приложения усилия к педали, система СBT увеличивает давление с целью обеспечить максимально достижимый коэффициент торможения или обеспечить срабатывание АБС в режиме непрерывной цикличности.

Соблюдение этого предписания считается подтвержденным, если удовлетворяются положения пунктов 4.1-4.3 настоящего раздела.

2. ОБЩИЕ ПРЕДПИСАНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Параметры

В ходе проведения испытаний, описанных в части В настоящего приложения, измеряются следующие параметры:

2.1.1 Сила, прилагаемая к педали тормоза F_p ;

2.1.2 Скорость транспортного средства v_x ;

2.1.3 Замедление транспортного средства a_x ;

2.1.4 Температура тормозов T_d ;

2.1.5 Давление в тормозной магистрали P (в случае применимости);

2.1.6 Ход педали тормоза S_p , измеренный в центре пластины педали или в той точке механизма педали, в которой смещение пропорционально смещению в центре пластины педали, что допускает простую калибровку системы измерения.

2.2 Измерительное оборудование

2.2.1 Параметры, перечисленные в пункте 2.1 настоящего раздела, измеряются с помощью соответствующих датчиков. Точность, диапазон измерений, методы фильтрации сигнала, обработка данных и другие требования изложены в стандарте ИСО 15037-1: 2006.

2.2.2 Точность измерения усилия воздействия на педаль и температуры дисков должны быть следующими:

Параметры системы	Типичный диапазон измерения датчиков	Рекомендуемые максимальные погрешности регистрации
Усилие на педали	0-2 000 Н	± 10 Н
Температура тормозов	0-1 000 °С	± 5 °С
Давление в тормозной магистрали*/	0-20 МПа*/	± 100 кПа*/

*/ Применяется в соответствии с предписаниями пункта 3.2.5.

2.2.3 Информация о порядке обработки аналоговых и цифровых данных в ходе процедур испытания СВТ излагается в дополнении 5 к настоящему приложению. Частота замера данных должна составлять не менее 500 Гц.

2.2.4 Могут допускаться методы, альтернативные методам, указанным в пункте 2.2.3, при условии что они обеспечивают, как минимум, одинаковый уровень точности.

2.3 Условия испытания

2.3.1 Условия загрузки испытываемого транспортного средства: Транспортное средство должно быть без груза. Помимо водителя, на переднем сиденье может находиться другой человек, который отвечает за регистрацию результатов испытаний.

2.3.2 Испытание тормозов проводится на сухой поверхности с хорошим сцеплением.

- 2.4 Метод испытания
- 2.4.1 Испытания, описанные в пунктах 3 и 4 настоящего раздела, проводятся начиная со скорости 100 ± 2 км/ч. Транспортное средство должно двигаться на этой испытательной скорости по прямой.
- 2.4.2 Средняя температура тормозов должна соответствовать предписаниям пункта 1.4.1.1 приложения 3.
- 2.4.3 В целях испытания исходное время t_0 определяется в качестве момента, в который усилие на педали тормоза достигает 20 Н.

Примечание: В случае транспортных средств, оснащенных тормозной системой с усилением за счет соответствующего источника энергии, требуемое усилие, прилагаемое к педали, зависит от уровня энергии в накопителях энергии. В этой связи на начало испытаний должен быть обеспечен достаточный уровень энергии.

3. Оценка наличия СВТ категории "А"

СВТ категории "А" должна удовлетворять предписаниям в отношении испытаний, содержащимся в пунктах 3.1 и 3.2.

3.1 Испытание 1: контрольное испытание для определения F_{ABS} и a_{ABS} .

3.1.1 Исходные значения F_{ABS} и a_{ABS} определяются в соответствии с процедурой, описанной в добавлении 4 к настоящему приложению.

3.2 Испытание 2: на срабатывание СВТ

3.2.1 В случае идентификации режима аварийного торможения системы, реагирующие на силу воздействия на педаль, должны показывать существенное увеличение соотношения:

- a) давления в тормозной магистрали к силе воздействия на педаль тормоза, когда это допускается пунктом 3.2.5, или
- b) показателя замедления транспортного средства к силе воздействия на педаль тормоза.

- 3.2.2 Предписания в отношении эффективности СВТ категории "А" считаются выполненными, если можно определить специфическую характеристику приведения в действие тормозов, которая показывает снижение силы воздействия на педаль в пределах 40-80% в случае ($F_{ABS} - F_T$) по сравнению ($F_{ABS, экстрапол.} - F_T$).
- 3.2.3 F_T и a_T представляют собой пороговую силу и пороговое ускорение, показанное на рис. 1. Значения F_T и a_T указываются технической службой в момент представления заявки на официальное утверждение типа. Значение a_T должно быть в пределах 3,5-5,0 м/с².
- 3.2.4 Из начала координат через точку F_T , a_T проводится прямая линия (как показано на рис. 1а). Значение силы воздействия на педаль "F" в точке пересечения этой прямой с горизонтальной линией, определяемой уравнением $a=a_{ABS}$, определяется в качестве $F_{ABS, экстрапол.}$:

$$F_{ABS, экстрапол.} = \frac{F_T \cdot a_{ABS}}{a_T}$$

- 3.2.5 В качестве варианта, который может быть выбран заводом-изготовителем в случае транспортных средств категории N_1 или M_1 , построенных на базе тех транспортных средств категории N_1 , полная масса которых ПМТС превышает 2 500 кг, значения силы воздействия на педаль F_T , $F_{ABS, мин}$, $F_{ABS, макс}$ и $F_{AB, экстрапол.}$ могут быть рассчитаны на основе характеристики изменения давления в тормозной магистрали вместо характеристики замедления транспортного средства. Это значение измеряется по мере увеличения силы воздействия на педаль.
- 3.2.5.1 Давление, при котором система АБС переходит в режим цикличности, определяется путем проведения пяти испытаний на скорости 100 ± 2 км/ч, в ходе которых к педали тормоза прилагается усилие, при котором срабатывает АБС; пять значений давления, при которых происходит это срабатывание, замедляются по давлению на уровне передних колес, регистрируются и используются для определения среднего значения P_{ABS} .
- 3.2.5.2 Пороговое давление P_T указывается заводом-изготовителем и соответствует ускорению в диапазоне 2,5-4,5 м/с².

3.2.5.3 График на рис. 1b строится так же, как указано в пункте 3.2.4, однако для определения параметров, указанных в пункте 3.2.5 настоящего раздела, используются замеры давления в тормозной магистрали, где:

$$F_{ABS, \text{экстрапол.}} = \frac{F_T \cdot P_{ABS}}{P_T}$$

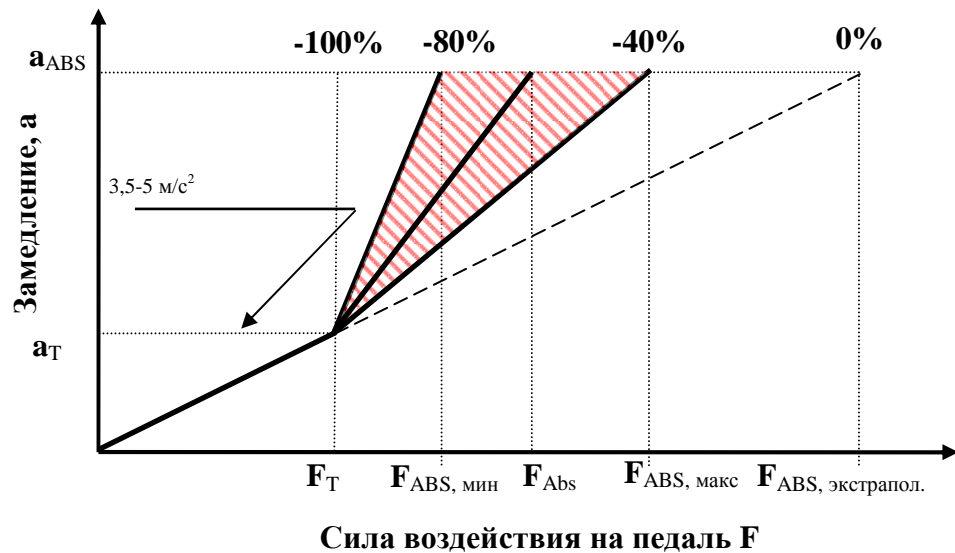


Рис. 1а: Характеристика изменения силы воздействия на педаль, необходимой для достижения максимального замедления в случае СВТ категории "А"

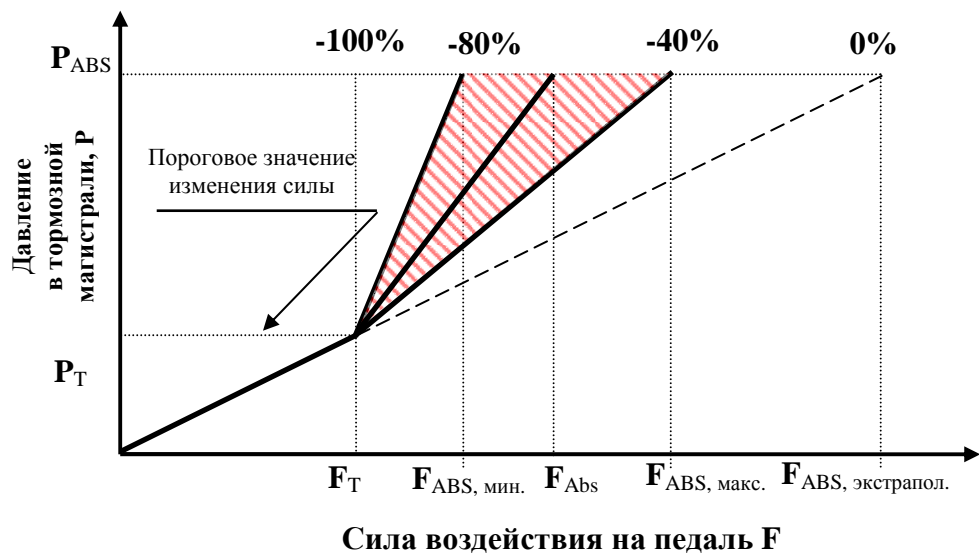


Рис. 1б: Характеристика изменения силы воздействия на педаль, необходимой для достижения максимального замедления в случае СВТ категории "А"

3.3 Оценка данных

Наличие СВТ категории "А" подтверждается, если

$$F_{\text{ABS, мин.}} \leq F_{\text{ABS}} \leq F_{\text{ABS, макс.}}$$

где:

$$F_{\text{ABS, макс.}} - F_T \leq (F_{\text{ABS, экстрапол.}} - F_T) \cdot 0,6$$

и

$$F_{\text{ABS, мин.}} - F_T \geq (F_{\text{ABS, экстрапол.}} - F_T) \cdot 0,2$$

4. ОЦЕНКА НАЛИЧИЯ СВТ КАТЕГОРИИ "В"

СВТ категории "В" должна удовлетворять предписаниям в отношении испытаний, содержащимся в пунктах 4.1 и 4.2 настоящего раздела.

4.1 Испытание 1: контрольное испытание для определения F_{ABS} и a_{ABS} .

4.1.1 Контрольные значения F_{ABS} и a_{ABS} определяются в соответствии с процедурой, описанной в добавлении 4 к настоящему приложению.

4.2 Испытание 2: на срабатывание СВТ

Транспортное средство движется по прямой линии на скорости испытания, указанной в пункте 2.4 настоящего раздела. Водитель быстро нажимает на педаль тормоза в соответствии с рис. 2, моделируя экстренное торможение в целях срабатывания СВТ и АБС в режиме непрерывной цикличности.

В целях приведения в действие СВТ производится нажатие на педаль тормоза, как указано заводом - изготовителем транспортного средства. Завод-изготовитель уведомляет техническую службу о требуемом усилии на педаль тормоза при представлении заявки на официальное утверждение типа. Испытание должно показать к удовлетворению технической службы, что СВТ срабатывает в условиях, указанных заводом-изготовителем в соответствии с пунктом 22.1.2 или 22.1.3 приложения 1.

По прошествии $t = t_0 + 0,8$ с и до тех пор, пока скорость транспортного средства не снизится до 15 км/ч, сила воздействия на педаль тормоза

поддерживается в пределах $F_{ABS, \text{ верх.}}$ и $F_{ABS, \text{ ниж.}}$, где $F_{ABS, \text{ верх.}}$ равно $0,7 F_{ABS}$, а $F_{ABS, \text{ ниж.}}$ равно $0,5 F_{ABS}$.

Предписания считаются выполненными и в том случае, если по прошествии $t = t_0 + 0,8$ с сила воздействия на педаль снижается до уровня менее $F_{ABS, \text{ ниж.}}$, при условии соблюдения предписания пункта 4.3.

4.3 Оценка данных

Наличие СВТ категории "В" считается подтвержденным, если среднее замедление (a_{BAS}), составляющее не менее $0,85 \cdot a_{ABS}$, поддерживается с того момента, когда $t = t_0 + 0,8$ с, до того момента, когда скорость транспортного средства снижается до 15 км/ч.

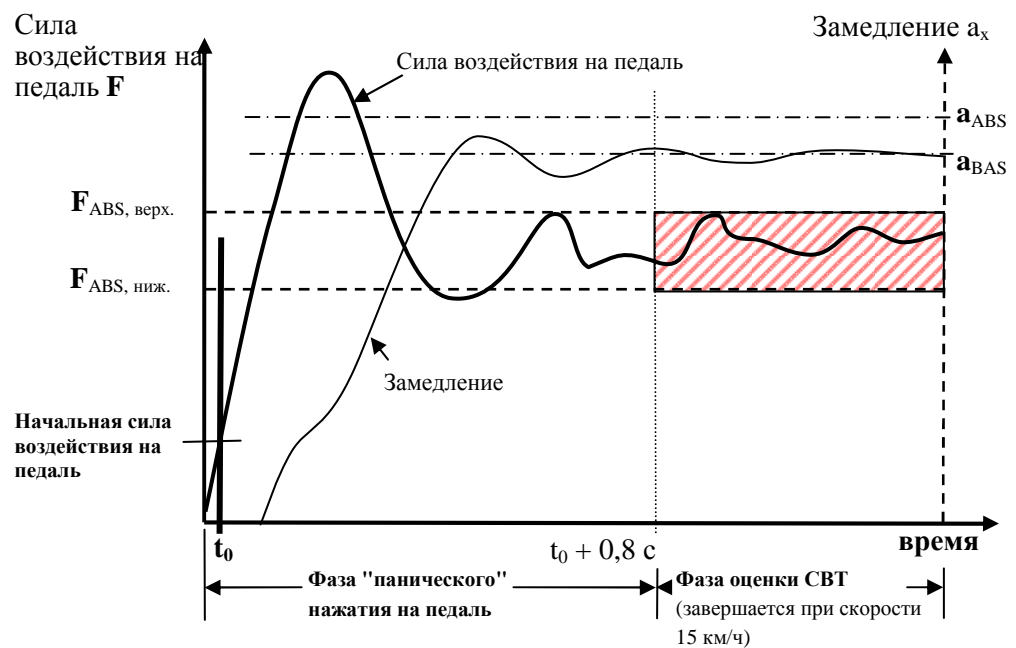


Рис. 2: Пример испытания 2 системы СВТ категории "В"

5. ОЦЕНКА НАЛИЧИЯ СВТ КАТЕГОРИИ "С"

5.1 СВТ категории "С" должна удовлетворять предписаниям пунктов 4.1 и 4.2 настоящего раздела.

5.2 Оценка данных

СВТ категории "С" должна удовлетворять предписаниям пункта 4.3 настоящего раздела".

Включить новые добавления 4 и 5 следующего содержания:

"Приложение 9 - Добавление 4

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ F_{ABS} И a_{ABS}

- 1.1 Сила воздействия F_{ABS} на педаль тормоза представляет собой минимальную силу, которая должна прилагаться к педали тормоза данного транспортного средства в целях обеспечения максимального замедления, которое указывает на то, что АБС работает в режиме непрерывной цикличности.
 a_{ABS} представляет собой замедление данного транспортного средства в процессе замедления с использованием АБС, как указано в пункте 1.7.
- 1.2 Нажатие на педаль тормоза производится медленно (таким образом, чтобы избежать срабатывания СВТ в случае систем категории В или категории С) с целью обеспечить постоянное увеличение замедления до момента перехода АБС в режим непрерывной цикличности (рис. 3).
- 1.3 Полное замедление должно достигаться не позднее чем через $2,0 \pm 0,5$ с. Кривая замедления по времени должна находиться в пределах зоны, очерченной прямыми линиями, отстоящими на $\pm 0,5$ с от центральной линии зоны расположения кривой замедления. На рис. 3 показан в качестве примера процесс, который начинается в момент времени t_0 с пересечением линии a_{ABS} через 2 секунды. После достижения полного замедления ход педали S_p не должен уменьшаться как минимум в течение 1 секунды. Время полного срабатывания системы АБС определяется в качестве времени, в течение которого достигается усилие воздействия на педаль F_{ABS} . Измерение проводится в пределах зоны отклонения показателя увеличения замедления (см. рис. 3).

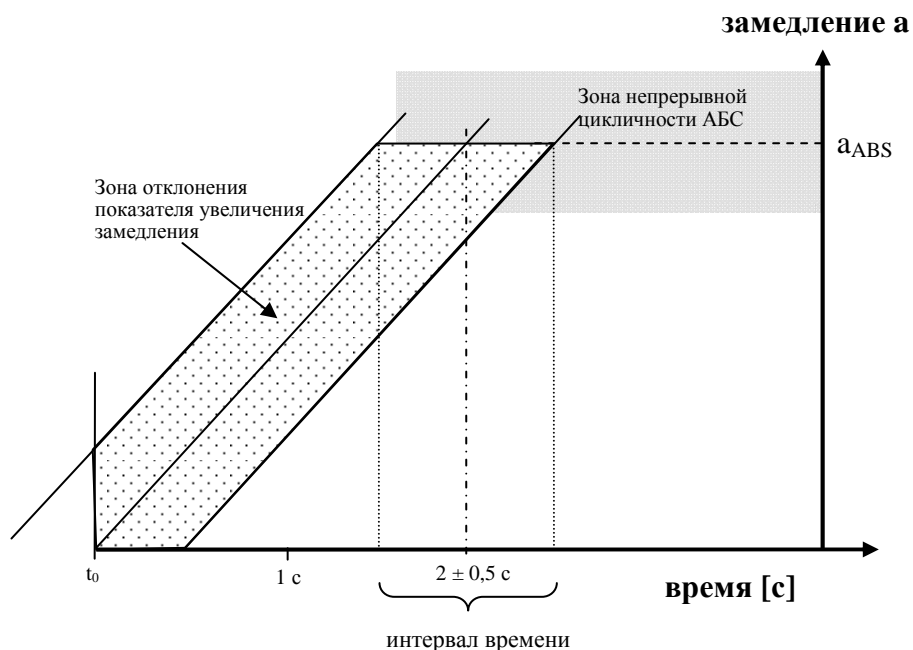


Рис. 3. Зона замедления, используемая для определения F_{ABS} и a_{ABS}

- 1.4 Проводится пять испытаний в соответствии с предписаниями пункта 1.3. В случае каждого из этих принимаемых в расчет испытаний показатели замедления транспортного средства наносятся на график в виде функции от зарегистрированных показателей силы воздействия на педаль. Для расчетов, методика которых описывается в следующих пунктах, используются только данные, зарегистрированные на скоростях выше 15 км/ч.
- 1.5 В целях определения a_{ABS} и F_{ABS} используется низкочастотный фильтр с частотой отсечки 2 Гц для регистрации показателей замедления транспортного средства, а также силы воздействия на педаль.
- 1.6 Пять отдельных кривых функции "замедление в зависимости от усилия воздействия на педаль" усредняются путем расчета средней величины замедления этих пяти отдельных кривых через интервалы увеличения силы воздействия, равные 1 Н. Полученный результат представляет собой кривую среднего замедления в зависимости от силы воздействия на педаль, которая в настоящем добавлении будет обозначаться как "кривая maF ".

- 1.7 Максимальное значение замедления транспортного средства определяется по "кривой maF " и обозначается " a_{\max} ".
- 1.8 Все значения на "кривой maF ", которые составляют более 90% от значения этого замедления " a_{\max} ", усредняются. Значение " a " представляет собой замедление " a_{ABS} ", указанное в настоящем приложении.
- 1.9 Минимальная сила воздействия на педаль (F_{ABS}), достаточная для достижения замедления a_{ABS} , определяется в качестве значения F , соответствующего точке $a = a_{ABS}$ на кривой maF .

Приложение 9 - Добавление 5
(см. пункт 2.2.3 раздела В настоящего приложения)

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СВТ

1. ОБРАБОТКА АНАЛОГОВЫХ ДАННЫХ

Ширина полосы пропускания частот всей системы, состоящей из датчика и устройства регистрации, должна составлять не менее 30 Гц.

В целях обеспечения необходимой фильтрации сигналов используются низкочастотные фильтры четвертого или более высокого порядка. Ширина полосы пропускания (с 0 Гц до частоты f_0 при - 3 дБ) должна составлять не менее 30 Гц. Погрешность измерения амплитуды должна составлять менее $\pm 0,5\%$ в соответствующем диапазоне частот от 0 Гц до 30 Гц.

Все аналоговые сигналы обрабатываются с помощью фильтров, обладающих достаточно похожими фазовыми характеристиками, с целью обеспечить соответствие разницы в запаздывании сигнала по времени, обусловленной его фильтрацией, требуемой точности измерения времени.

ПРИМЕЧАНИЕ: В процессе фильтрации аналоговых сигналов, имеющих разную частоту, может происходить сдвиг фазы. В этой связи предпочтительно использовать метод обработки данных, описанный в пункте 2 настоящего добавления.

2. ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ

2.1 Общие положения

Обработка аналоговых сигналов включает учет скорости затухания амплитуды фильтра и частоты замера данных, с тем чтобы избежать ошибок от наложения спектров, и отставание по фазе и запаздывание по времени. Компонент замера и оцифровки данных включает предварительное усиление сигналов до их регистрации в целях сведения до минимума ошибок, обусловленных преобразованием в цифровую форму; число битов в расчете на один замер; число замеров на цикл; усиление выборки и записи; и интервалы между замерами. Учет дополнительных факторов бесфазовой цифровой фильтрации включает выбор полос пропускания и полос задерживания фильтра и скорость

затухания и допустимую пульсацию в каждой полосе; и корректировку отставания по фазе в результате фильтрации. Для обеспечения относительной общей точности регистрации данных в пределах $\pm 0,5\%$ необходимо учитывать каждый из этих факторов.

2.2 Ошибки от наложения спектров

С тем чтобы избежать ошибок от наложения спектров, которые не поддаются корректировке, аналоговые сигналы до замера и оцифровки необходимо должным образом отфильтровать. Порядок используемых фильтров и их полоса пропускания выбирается в зависимости от требуемой плоскостности в соответствующем частотном диапазоне и частоты замера данных.

Минимальные характеристики фильтра и частота замера должны быть такими, чтобы:

- a) в пределах соответствующего диапазона частот от 0 Гц до $f_{\max} = 30$ Гц скорость затухания была меньше разрешающей способности системы регистрации данных; и
- b) при половине частоты замера данных (т.е. при частоте Найквиста или максимальной частоте сигнала) значения всех частотных компонентов сигнала и шума снижаются до значения, меньшего показателя разрешающей способности системы.

В случае разрешающей способности, равной 0,05%, показатель ослабления фильтра должен составлять менее 0,05% в диапазоне частот от 0 до 30 Гц, а показатель затухания должен превышать 99,95% на всех частотах, составляющих более половины частоты замера.

ПРИМЕЧАНИЕ: В случае фильтра Буттерворта степень затухания определяется по формуле:

$$A^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{f_{\max}}{f_0}\right)^{2n}} \text{ и } A^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{f_N}{f_0}\right)^{2n}}$$

где:

n - порядок фильтра;

f_{\max} - соответствующий диапазон частот (30 Гц);

f_0 - частота отсечки фильтра;

f_N - частота Найквиста или максимальная частота сигнала.

Для фильтра четвертого порядка

при $A = 0,9995$: $f_0 = 2,37 \cdot f_{\max}$

при $A = 0,0005$: $f_s = 2 \cdot (6,69 \cdot f_0)$, где f_s - частота замера, равная $2 \cdot f_N$.

2.3 Сдвиг по фазе и запаздывание по времени при фильтрации в целях устранения эффекта наложения спектров

Чрезмерной фильтрации аналоговых сигналов следует избегать, поэтому все фильтры должны обладать в достаточной степени аналогичными фазовыми характеристиками, обеспечивающими соответствие разницы в запаздывании по времени требуемой точности измерения времени. Сдвиг по фазе особенно значителен в тех случаях, когда измеряемые параметры перемножаются в целях образования новых параметров, поскольку в случае умножения значений амплитуды сдвиги по фазе и связанные с этим запаздывания по фазе суммируются. Сдвиги по фазе и запаздывания по времени снижаются путем увеличения f_0 . В тех случаях, когда известны уравнения, описывающие характеристики предфильтров, целесообразно устранить обусловленные ими сдвиги по фазе и запаздывания по времени с помощью простых алгоритмов, используемых в частотном интервале.

ПРИМЕЧАНИЕ: В диапазоне частот, в котором амплитудные характеристики фильтров остаются плоскими, сдвиг по фазе Φ фильтра Буттерворта можно аппроксимировать следующим образом:

$$\Phi = 81 \cdot (f/f_0) \text{ градусов для фильтра второго порядка}$$

$$\Phi = 150 \cdot (f/f_0) \text{ градусов для фильтра четвертого порядка}$$

$$\Phi = 294 \cdot (f/f_0) \text{ градусов для фильтра восьмого порядка}$$

Время запаздывания для фильтров всех порядков: $t = (\Phi/360) \cdot (1/f_0)$

2.4 Замер и оцифровка данных

При 30 Гц амплитуда сигнала изменяется не более чем на 18% в миллисекунду. Для ограничения динамических ошибок, вызванных изменением входного аналогового сигнала на 0,1%, время замера или оцифровки должно составлять менее 32 мс. Все пары или совокупности замеров данных, которые подлежат сравнению, должны регистрироваться одновременно и в течение достаточно короткого периода времени.

2.5 Требования к системе

Разрешающая способность системы регистрации данных должна составлять 12 бит ($\pm 0,05\%$) или более, а точность должна составлять $\pm 0,1\%$ (2 бита младшего разряда). Фильтры, используемые для устранения эффекта наложения спектров, должны быть четвертого или более высокого порядка, а диапазон f_{\max} соответствующих данных должен составлять 0-30 Гц.

Для фильтров четвертого порядка полоса пропускания частот f_o (от 0 Гц до частоты f_o) должна превышать $2,37 \cdot f_{\max}$, если фазовая погрешность впоследствии корректируется в процессе оцифровки данных, и более $5 \cdot f_{\max}$ в других случаях. Для фильтров четвертого порядка частота регистрации данных f_s должна быть больше $13,4 \cdot f_o$.
