

УДК 629.331:681.51

**В.И. Клименко**, канд. техн. наук, проф.,  
**С.Н. Шуклинов**, д-р техн. наук, доц.,  
**Е.И. Босенко**, инженер,  
Харьк. нац. атомоб.-дорожн. ун-т

## АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАЧАЛОМ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ПОДЪЕМЕ

**Введение.** Увеличение плотности движения машин в транспортном потоке определяет рост напряженности труда водителя и, как следствие, снижение безопасности движения. Даже у опытных водителей проявляется особая напряженность в момент начала движения, если автомобиль стоит в плотном потоке на подъеме с продольным уклоном более 4 %. Неуверенное управляющее действие, выполненное с опозданием, может привести к скатыванию автомобиля назад и наезду на стоящее сзади транспортное средство. В этой связи ведущие автопроизводители внедряют в конструкцию автомобиля автоматические системы для повышения безопасности дорожного движения при начале движения на подъеме и облегчения труда водителя.

**Цель работы.** Целью данного исследования является анализ существующих конструкций автоматических систем управления началом движения автомобиля на подъеме. Совершенствование данных конструктивных наработок в системе управления автомобилем позволит снизить напряженность труда водителя и повысить безопасность движения.

**Изложение основного материала.** Простейшие системы, которые помогают водителю управлять тормозной системой при начале движения на подъеме, имеют прямое управление педалью сцепления [1]. При этом в один из тормозных контуров интегрирован клапан управления давлением 6, связанный с педалью сцепления 3 (рис. 1).

При затормаживании автомобиля с такой системой положение педали сцепления не влияет на движение тормозной жидкости из главного тормозного цилиндра к колесным тормозным механизмам. После остановки автомобиля на подъеме и начала движения водитель нажимает на педаль сцепления, включает первую передачу и отпускает педаль тормоза. При этом затвор 3 клапана (рис. 2), выполненный в виде шарика, под действием сил гравитации перемещается в сторону седла 4 клапана (скатывается назад) и перекрывает его. Поэтому отпускание педали тормоза не вызывает растормаживание тормозных механизмов, и автомобиль удерживается на подъеме без скатывания назад. Увеличивая подачу топлива и отпуская педаль сцепления для начала движения, водитель увеличивает крутящий момент, подводимый к ведущим колесам. При этом отпускание педали сцепления через трос управления 8 (рис. 1) вызывает поворот кулачкового вала 2 (рис. 2) и перемещение толкателя 5 в сторону затвора 3. При этом затвор 3 клапана отрывается от седла 4 клапана, и клапан управления давлением открывается. Это определяет управляемое педалью сцепления растормаживание тормозных механизмов, если автомобиль был остановлен на подъеме.

Повторное нажатие на педаль сцепления после частичного ее отпускания (например, при отказе от попытки начала движения) не обеспечивает возврат клапана управления давлением в закрытое состояние. Для реактивации системы следует снова нажать педаль тормоза. Главное достоинство такой системы простота конструкции. Однако характеристики сцепления и тормозной системы в процессе эксплуатации изменяются, что определяет необходимость частых регулировок. Изменение характеристик сцепления и тормозных механизмов при нагреве в данной системе учесть невозможно.

---

DOI 10.15276/opus.2.44.2014.09

© В.И. Клименко, С.Н. Шуклинов, Е.И. Босенко, 2014

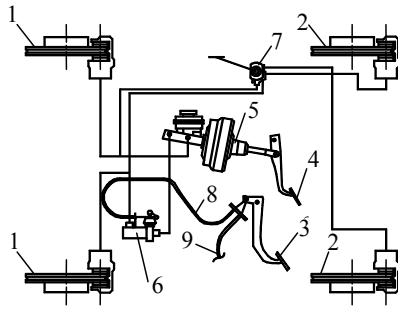


Рис. 1. Схема гидравлической тормозной системы, оборудованной противоткатной системой: 1 — тормозные механизмы передней оси, 2 — тормозные механизмы задней оси, 3 — педаль управления сцеплением, 4 — педаль управления тормозами, 5 — вакуумный усилитель тормозов, 6 — клапан управления давлением, 7 — регулятор тормозных сил, 8 — трос управления клапаном управления давлением, 9 — трос управления сцеплением

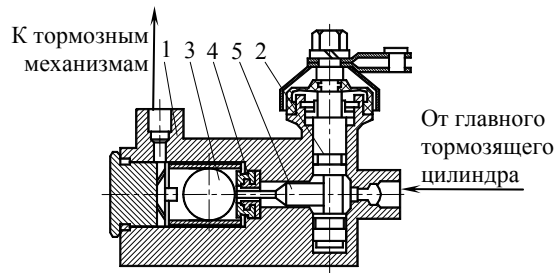


Рис. 2. Клапан управления давлением в тормозной системе при начале движения автомобиля:

1 — корпус, 2 — кулачковый вал,  
3 — затвор клапана, 4 — седло клапана,  
5 — толкатель

С развитием автомобильной электроники автоматические системы, помогающие водителю в управлении автомобилем в момент начала движения на подъем, получили дальнейшее развитие [2, 3].

На транспортных средствах с механической коробкой передач, оборудованных гидравлической тормозной системой, принцип действия данных систем состоит в следующем. В контур гидравлического тормозного привода устанавливается клапан контроля давления, который управляется электронным блоком. В электронном блоке анализируется информация о состоянии органов управления сцеплением и тормозной системой. При прекращении движения на дороге с продольным уклоном водитель нажимает педаль тормоза, а затем педаль сцепления. В этом случае транспортное средство остается неподвижным после отпускания педали тормоза, потому что тормозная система с помощью клапана контроля давления блокирует сброс давления рабочего тела из тормозных механизмов.

Проблемой автоматизации управления системами автомобиля при начале движения на подъем занимаются многие автопроизводители: Mercedes, Volkswagen, Subaru, Fiat, Toyota, Nissan, MAN, Volvo, Iveco, BMW [1...5]. Существуют различные конструкторские разработки, предназначенные для оборудования автомобилей как с автоматической трансмиссией, так и с механической коробкой передач. Анализ направлений развития мирового автомобилестроения показал, что данная проблема решается различными способами. Автопроизводители устанавливают на автомобили следующие системы автоматического управления тормозной системой при начале движения на подъем:

— Volkswagen — систему удержания транспортного средства на подъеме (Hill Hold Control — ННС) [5];

— Subaru, Fiat, Iveco — систему помощи удержания транспортного средства на подъеме (Hill Holder) [1];

— Toyota — систему помощи при трогании (Hill-Start Assist Control — HAC);

— Nissan — систему поддержки при трогании на подъем (Uphill Start Support — USS);

— DAF, Mercedes, Opel — адаптивную систему удержания автомобиля на подъеме (Adaptive Assist System — AAS) [4, 6].

Фирма WABCO предлагает автопроизводителям противоткатную систему, облегчающую трогание стоящего на подъеме автомобиля (Anti Roll back — ARB) [7].

Автомобили с гидромеханическими коробками передач меньше подвержены опасности отката на подъеме, что объясняется особенностью их конструкции [4]. В случае если рычаг

управления трансмиссией стоит в положении “D” (Drive, Движение), на ведущие колеса постоянно поступает некоторый крутящий момент. На горизонтальной дороге приводимого к ведущим колесам крутящего момента достаточно, чтобы автомобиль без увеличения подачи топлива на небольшой скорости двигался на первой передаче, а на дороге с продольным уклоном до 3 % — чтобы автомобиль с незаблокированными тормозными механизмами удерживался неподвижным, поскольку сила тяги на колесах равна или чуть больше скатывающей силы. Однако на уклонах более 3 % величина крутящего момента на ведущих колесах недостаточна для удержания от скатывания. Для того чтобы удержать автомобиль на месте и упростить процесс управления началом движения на подъем на автомобилях Mercedes Vito, Viano устанавливается противооткатная система, интегрированная в электронную систему стабилизации движения (ESP). В этом случае после отпускания водителем педали тормоза давление в тормозном приводе сохраняется около двух секунд, что достаточно для переноса водителем ноги с педали тормоза на педаль акселератора без отката автомобиля. Противооткатная система активизируется на дороге с продольным уклоном от 4 % и выше.

Автомобили Volkswagen Crafter после 2006 года выпуска в стандартной комплектации оснащаются системой ННС [5]. Система интегрирована в систему ESP. В этом случае блок датчиков ESP G419 дополняется датчиком продольного ускорения, распознающим положение автомобиля. Алгоритм работы основан на том, что при начале движения автомобиля на подъем, система замедляет темп уменьшения давления в гидравлическом тормозном приводе после отпускания педали тормоза. Система активируется при выполнении следующих условий:

- автомобиль неподвижен (информация датчиков угловой скорости колес);
- величина подъема 5% и более (информация датчиков блока ESP G419);
- дверь водителя закрыта (информация блока управления систем комфорта);
- двигатель работает (информация блока управления двигателем);
- нажата педаль управления рабочей тормозной системой.

Система работает при начале движения на подъем передним и задним ходом. Рабочий цикл системы ННС содержит четыре фазы (рис. 3):

- создание тормозного давления;
- удержание тормозного давления;
- дозированное снижение тормозного давления;
- сброс тормозного давления.

На протяжении первой фазы (рис. 3) рабочего цикла системы помощи начала движения автомобиля на подъем водитель останавливает автомобиль или удерживает его путем нажатия на педаль управления тормозами. Тормозной момент (рис. 3) возрастает до величины, необходимой для остановки и удержания автомобиля в неподвижном состоянии. Вторая фаза характеризуется удержанием давления в тормозных контурах. При этом водитель может отпустить педаль управления тормозами, но в контуре тормозного привода сохраняется давление на начальном уровне. На протяжении третьей фазы происходит дозированное уменьшение давления. По мере того, как водитель увеличивает крутящий момент на ведущих колесах, путем нажатия на педаль акселератора, система уменьшает тормозной момент таким образом, чтобы не произошел откат автомобиля и не создалось усилие сопротивления движению при формировании условий начала движения автомобиля вперед. На четвертой фазе работы системы происходит дальнейший рост крутящего момента на ведущих колесах.

На автомобиле Mercedes-Benz Actros 2 [6] установлена система помощи водителю при трогании автомобиля на подъеме путем автоматического его удержания на месте в течение 2...5 секунд после того, как отключен стояночный тормоз и отпущена педаль управления рабочей тормозной системой. Данная система позволяет снизить напряженность работы водителя за счет повышения комфорта управления автомобилем при начале движения на подъем. Система приводится в готовность нажатием клавиши управления при работающем двигателе, когда автомобиль неподвижен, давление в тормозном приводе более 0,68 МПа, антиблокировочная система (ABS) не отключена, педаль управления рабочей тормозной системой удерживается в на-

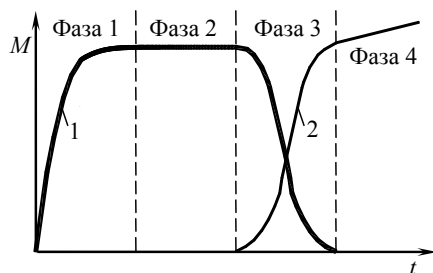


Рис. 3. Робочий цикл системи ННС автомобіля Volkswagen Crafter [5]:  
тормозний момент (1); крутячий момент на ведучих колесах (2);  
 $t$  — время;  $M$  — момент

жатою положенні, і стояночний тормоз відключен. Включення системи підтверджується індикацією сигнальної лампи на панелі приборів.

Система працює шляхом управління темпом зниження тиску в тормозному приводі при збільшенні передаваного крутячого моменту сцепленням. Після початку руху система автоматично відключається (через 0,3 с), о чому сигналізує акустичний зуммер, розташований в панелі приборів.

**Висновки.** Результати аналізу доступних публікацій о існуючих конструкторських розробках і дослідженнях систем допомоги водітелю при початку руху автомобіля на підйом дозволяють зробити висновок, що дане напрямлення удосконалення систем управління автомобілем є актуальним, так як дозволяє підвищити

комфорт управління і безпеку дорожнього руху. Слід зауважити, що інформація в відкритих публікаціях про робочі процеси систем автоматичного управління початком руху автомобіля на підйом носить інформаційний або рекламний характер, і її явно недостатньо для аналізу, дослідження і розробки таких систем.

Ціллю подальших досліджень є аналіз процесів управління початком руху автомобіля на підйом, синтез структури системи автоматичного управління і аналіз її стійкості.

### Література

1. James, W. Driving from Japan: Japanese cars in America / W. James. — Jefferson, N.C.: McFarland, 2005. — 320 p.
2. Edmonston, L.-P. Lemon-aid new cars and trucks 2013 / L.-P. Edmonston. — Toronto: Dundurn Pr Ltd, 2012. — 519 p.
3. Bosch, R. Kraftfahrtechnisches Taschenbuch / R. Bosch, K. Reif, K.-H. Dietsche. — 27. Auflage. — Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2011. — 1267 s.
4. Russek, P. Mercedes Vito, V-Klasse Serie W638; 2.0- und 2.3-Liter-Benzinmotoren, 2.2-Liter-Dieselmotoren; 2000-2003: Wartung, Pflege, Störungssuche / P. Russek. — Cham Zug Bucheli, 2010. — 256 s.
5. Denton, T. Automobile mechanical and electrical systems / T. Denton. — Amsterdam; Boston: Butterworth-Heinemann, 2011. — 526 p.
6. Kern, M. Mit breiter Brust — der Actros fährt vor / M. Kern // Lastauto Omnibus. — 2011. — Heft 8. — S. 22 — 45.
7. Liu, W. Introduction to hybrid vehicle system modeling and control / W. Liu. — Wiley, 2013. — 432 p.

### References

1. James, W. (2005). *Driving from Japan: Japanese Cars in America*. Jefferson, N.C.: McFarland.
2. Edmonston, L.-P. (2012). *Lemon-Aid New Cars and Trucks 2013*. Toronto: Dundurn Pr Ltd.
3. Bosch, R., Reif, K. and Dietsche, K.-H. (2011). *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
4. Russek, P. (2010). *Mercedes Vito, V-Klasse Serie W638 ; 2.0- und 2.3-Liter-Benzinmotoren, 2.2-Liter-Dieselmotoren; 2000–2003 : Wartung, Pflege, Störungssuche*. Stuttgart: Motorbuch Verlag.
5. Denton, T. (2011). *Automobile Mechanical and Electrical Systems*. Amsterdam; Boston: Butterworth-Heinemann.
6. Kern, M. (2011). With a broad chest — the Actros drives up. *Lastauto Omnibus*, 8, 22-45.
7. Liu, W. (2013). *Introduction to Hybrid Vehicle System Modeling and Control*. N.J.: John Wiley & Sons, Inc.

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

*V.I. Klimenko, S.M. Shuklinov, E.I. Bosenko. Аналіз систем автоматичного керування початком руху автомобіля на підйом.* Для підвищення безпеки дорожнього руху при початку руху на підйом та полегшення праці водія провідні автовиробники втілюють в конструкції автомобіля автоматичні противідкатні системи. Метою дослідження є аналіз існуючих конструкцій автоматичних систем керування початком руху автомобіля. Проведено аналіз існуючих конструкторських напрацювань автоматичних систем допомоги водію в керуванні автомобілем для початку руху на підйом. Дане дослідження дозволяє провести вибір схеми для подальших розробок автоматичних систем керування початком руху. Подальше вдосконалення систем керування автомобілем і, насамперед, систем допомоги водію при початку руху автомобіля на підйом необхідне для підвищення комфорту та безпеки дорожнього руху.

*Ключові слова:* автомобіль, система автоматичного керування, початок руху на підйом, трансмісія, крутний момент, гальмівний момент.

*V.I. Klimenko, S.H. Shuklinov, E.I. Bosenko. Анализ систем автоматического управления началом движения автомобиля на подъеме.* Для повышения безопасности дорожного движения при начале движения на подъем и облегчения труда водителя ведущие автопроизводители внедряют в конструкцию автомобиля автоматические противооткатные системы. Целью исследования является анализ существующих конструкций автоматических систем управления началом движения автомобиля. Проведен анализ существующих конструкторских разработок автоматических систем помощи водителю в управлении автомобилем для начала движения на подъем. Данное исследование позволяет провести выбор схемы для дальнейших разработок автоматических систем управления началом движения. Дальнейшее усовершенствование систем управления автомобилем и, в первую очередь, систем помощи водителю в управлении автомобилем для начала движения на подъем необходимо для повышения комфорта и безопасности дорожного движения.

*Ключевые слова:* автомобиль, система автоматического управления, начало движения на подъем, трансмиссия, крутящий момент, тормозной момент.

*V.I. Klimenko, S.M. Shuklinov, E.I. Bosenko. Analysis of automobile's automatic control systems for the hill climbing start.* To improve road safety while driving on the rise, facilitating the driver's activity the automobile industry leaders are introducing automatic hill-hold control systems into the car design. This study purpose relates to the existing automatic start control systems' design analysis. Analyzed are the existing design developments of automatic hill start assist control systems applied for driving at the start of the climbing. The effected research allows to select the scheme for further development of start driving automatic control systems. Further improvement of driving control systems and primarily the driver assistance hill-hold control systems is necessary to increase both the driving comfort and the traffic safety.

*Keywords:* automobile, automatic control system, hill start, transmission, drive torque, braking torque.

Рецензент д-р техн. наук., проф. Одес. нац. политехн. ун-та Оробей В.Ф.

Поступила в редакцию 3 ноября 2014 г.