

УДК 629.017

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОРМОЗНОГО
УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

Эйдзен Никита Александрович

магистрант

Абросимов Александр Геннадьевич

кандидат технических наук, доцент

AlexAbr84@bk.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Рассмотрена эволюция тормозного управления автомобиля. Показано, что основной причиной, определяющей совершенствование тормозного управления, являются повышающиеся требования к тормозной динамике автомобиля.

Ключевые слова: тормозное управление, тормозной привод, тормозные механизмы, контуры привода, антиблокировочная система, система курсовой устойчивости

Важную роль в обеспечении активной безопасности колесных машин, и автомобилей в частности, играет тормозное управление. Основной функцией тормозного управления, при появлении движущейся колесной машины, являлась ее остановка, снижение скорости и удержание на месте при остановке.

Тормозное управление принято разделять на тормозной привод, осуществляющий передачу усилия водителя к исполнительным механизмам и тормозные механизмы, создающие тормозные моменты, реализуемые колесами автомобиля [1]. Рассмотрим, как происходила эволюция тормозного управления и что нас ждёт в ближайшем будущем. Следует отметить, что характерной чертой эволюции являются обстоятельства, когда существующая структура системы перестает отвечать новой цели, и для обеспечения новой функции приходится изменять структуру, а иногда и состав системы, перестраивать систему.

Целью данной работы является анализ развития конструкции тормозного управления и объяснение причин, определяющих их совершенствование.

Как известно, автомобиль как таковой появился в 1886 г. и, естественно, первые конструкции тормозного управления, применявшиеся на заре автостроения, были взяты от конных экипажей. В тоже время, ещё у самокатной тележки И. Кулибина (1791 г.) была предусмотрена конструкция тормоза, отдалённо напоминающая ленточный тормоз. В период 1886 – 1900 гг. на автомобиле применялись различные типы тормозных устройств, например рифленые башмаки, подводимые под колеса, якорные механизмы, погружающиеся в опорную поверхность и др. [1-3]. Все эти устройства из-за их неэффективности и разрушения опорной поверхности не получили распространения.

Долгое время (1908 – 1912 гг.) тормозной привод состоял из механической системы, (тяг, рычагов, валиков и тросов), а тормозной механизм представлял конструкцию, напоминающую ленточный тормозной механизм.

Невысокие скорости движения первых автомобилей (3 – 10 км/ч) делали допустимым применение тормозных механизмов простой конструкции,

которые располагались в трансмиссии или только на задних колёсах, что обеспечивало требуемую безопасность движения. Последующий рост скоростей движения автомобилей (в 1900 г. скорость движения превысила 100 км/ч) показал, что тормоза, установленные только на задних колесах, неэффективны. Поэтому, начиная с 1900 г. изобретатели разрабатывали другие конструкции тормозных механизмов и рассматривали возможность установки их и на передние колёса автомобиля.

Появившиеся в 1899 г. первые барабанные тормозные механизмы [2] несколько упростили проблему и в 1903 г. они уже устанавливались на автомобилях Mercedes и Renault [3]. В 1909 г. английский завод «АрролДжонстон» впервые стал устанавливать на серийных моделях автомобилей тормозные механизмы на четырёх колёсах. Следует отметить, что появившаяся в 1902 году конструкция дискового тормозного механизма открытого типа не получила распространения из-за отсутствия фрикционных материалов, способных работать при высоких удельных давлениях и температурах, сложности и нетехнологичности привода. Установка тормозных механизмов на всех колёсах автомобилей привела к тому, что механический привод, из-за существенных недостатков [1, 4], исчерпал свои возможности.

Конструкторы обратили внимание на тормозные устройства, применяемые на паровозах. Это привело к тому, что в 1904 г. на предприятиях «Стартевент» и «Фишер» (США) приступили к выпуску автомобилей с пневматическим приводом тормозов.

С ростом динамических свойств автомобилей и увеличившейся интенсивности дорожного движения усилие водителя уже было недостаточно для эффективного управления торможением. Поэтому в тормозной привод с 1919 г. начинают устанавливать различные конструкции усилителей. Пионером применения усилителя в тормозном приводе легковых автомобилей был французский филиал фирмы «Испано-Сюиза». В 1920 г. на автомобилях «Дюзенберг» (США) впервые был применен гидравлический привод в тормозном управлении автомобиля. В период с 1920 – 1925 гг. гидравлический

и пневматический приводы стали вполне работоспособными и надёжными конструкциями. Примерно в это же время началось разделение применения тормозных приводов на разных типах автомобилей: легковые автомобили и грузовые (небольшой грузоподъёмности) имели гидравлический тормозной привод; грузовые автомобили средней и большой грузо-подъёмности, а также автобусы – пневматический тормозной привод. Такое разделение без особых проблем позволяло эксплуатировать грузовые автомобили и автобусы с прицепным подвижным составом.

К 1940 г. возможности барабанных тормозных механизмов преобразовывать, возросшую кинетическую энергию автомобиля практически исчерпались. Поэтому конструкторы возвратились к дисковым тормозным механизмам, имеющим более широкие возможности в этом плане из-за конструктивных особенностей. К концу 30-х годов прошлого столетия открытый дисковый тормозной механизм, из-за небольшой массы и меньшего числа деталей, нашёл широкое применение в качестве трансмиссионного тормоза [1, 6]. К этому же времени относится разработка конструкции закрытого дискового тормоза для военных машин [1, 4]. Рассматриваемая область применения конструкции тормоза ограничивается достаточно тяжёлыми и тихоходными машинами при невысокой интенсивности движения. Впервые колесные открытые дисковые тормозные механизмы начали устанавливаться на автомобиле Crossley в 1937 г. [3], а к середине 60-х годов они уже применялись на передних колёсах подавляющего большинства европейских моделей легковых автомобилей. К настоящему времени открытые дисковые тормозные механизмы полностью вытеснили барабанные на передних колёсах легковых автомобилей и продолжают вытеснять их на задних [6].

К концу 50-х годов прошлого столетия, совершенствуя конструктивную безопасность автомобилей и функциональные возможности тормозного управления, тормозной привод был разделен на несколько контуров. Тогда же были сформулированы основные требования к количественному составу

подсистем, входящих в тормозное управление автомобиля – оно должно было иметь рабочую тормозную систему, стояночную, аварийную и вспомогательную.

Повышая комфорт управления процессом торможения в 90-х годах в тормозной привод было введено устройство Brake Assist (BAS), которое в зависимости от темпа нажатия на тормозную педаль обеспечивает быстрое увеличение давления в тормозном приводе до максимального, сокращая тормозной путь на 1,5 – 2%. Это же устройство обеспечивает функцию (Hill Start Assist) удержание автомобиля на уклоне при трогании. Кроме того, превентивная система безопасности Pre-Safe, работая с устройством BAS [7, 8], при малом расстоянии до впереди движущегося автомобиля, предупреждает водителя и при угрозе столкновения обеспечивает торможение с необходимым замедлением. Одновременно система даёт команду на натяжение ремней безопасности, приведение положения сидений, оптимальное с точки зрения безопасности, закрывает люк и боковые стекла. Прогнозируется снижение опасных ситуаций с массовым внедрением системы Pre-Safe с 44 до 11 %.

Рост средней скорости и дальнейшая интенсификация дорожного движения увеличили цикличность торможений, что повысило требования к обеспечению устойчивости автомобиля при торможении. Ещё в конце 50-х – начале 60-х годов в тормозной привод начали устанавливать регуляторы тормозных сил (РТС), частично решающих проблему распределения тормозных сил между осями и, следовательно, устойчивости, в зависимости от загрузки автомобиля и интенсивности торможения.

Специалисты компании «Bosch» еще в 1936 г. получили патент на «устройство предотвращения жесткого торможения колеса» – антиблокировочная система (АБС) – родилась! Установкой работоспособной механической АБС в 1960 г. в тормозное управление автомобилей Ferguson P99 и Ford Zodiac (США) была сделана попытка обеспечения устойчивости автомобиля при торможении на дороге с низким коэффициентом сцепления колёс с опорной поверхностью. В 1970 г. компания «Даймлер-Бенц» впервые

попробовала применить в приводе тормозов АБС с электронным управлением. Следует отметить, что только в 1978 г. компания Bosch представила полностью пригодную к использованию электронную АБС, которую незамедлительно внедрили «Mercedes-Benz» и «BMW». Однако пионером массового внедрения стала «Ford Motor Company», предложившая АБС в стандартной комплектации в 1985 г. на автомобилях модели «Granada».

Массовое применение АБС на автомобилях позволило встроить в тормозное управление такие подсистемы как: противобуксовочную систему (ASR – 1986 г.) и систему курсовой устойчивости (ESP – 1995 г.). Система ASR помогает управлять водителю при трогании автомобиля на дороге с низким коэффициентом сцепления корректируя работу двигателя, а система ESP предотвращает занос автомобиля при маневрировании, уменьшая подачу топлива в цилиндры ДВС и создавая стабилизирующий момент подтормаживанием одного или нескольких колёс автомобиля. Следует отметить, что в 2000 г. 50 % легковых автомобилей, выпускаемых в Европе, были оборудованы АБС, а в 2007 г. уже более 50 % автомобилей, оборудованы и АБС и ESP [7-9].

Ещё более эффективным торможение сделала система EBD (Electronic Brakeforce Distribution) – система распределения тормозных усилий. Она включена в АБС и работая совместно с ней, на основе сигналов от колёсных датчиков определяет, какие колёса могут обеспечить максимально эффективное торможение, повышая при этом давление в соответствующей магистрали тормозного управления. Дополнив тормозное управление датчиками положения рулевого колеса конструкторы получили систему контроля процессом торможения при движении автомобиля по криволинейной траектории (Cornering Brake Control), позволяющую перераспределить тормозное усилие на наиболее нагруженные колёса.

На некоторых моделях автомобилей Mercedes с 2001 г. начали устанавливать систему Sensotronic Brake Control (SBC) [5, 10], имеющую управление по проводам (Brake-by-Wire with hydraulic back up), то есть отсутствие механической связи между педалью управления и исполнительными

устройствами и обладающей функцией периодического поджимания колодок к тормозным дискам, что обеспечивало тем самым «просушку» мокрых пар трения. Главное преимущество электрогидравлического привода – высокая скорость нарастания давления в исполнительных механизмах. При экстренном торможении со скорости 120 км/ч тормозной путь сокращается на 3% по сравнению с таким же автомобилем, оборудованным обычным тормозным приводом. В SBC сохраняется и проверенный временем принцип распределения тормозных сил между передней и задней осями. При торможении с небольшой скорости SBC увеличивает долю тормозной силы, приходящуюся на заднюю ось, что позволяет получить равномерный износ трущихся пар на обеих осях.

В настоящее время Bosch заканчивает экспериментальную проверку электромеханического тормозного управления *Elektromechanische Bremse* (EMB), в которой нет гидравлических узлов. Тормозные силы в EMB создаются с помощью электромеханических исполнительных устройств. Для реализации такого тормозного управления необходима 42 В бортовая электрическая сеть.

Более высокий комфорт обеспечивает также электрический стояночный тормоз (EOB), тормозной механизм которого приводится в действие посредством электромотора и тросовых тяг. Фирма Continental Teves готовит модернизацию стояночного тормоза путём применения электрогидравлического стояночного тормоза [6, 11]. В этом случае комбинированный суппорт колёсного тормозного механизма на задней оси имеет электромеханическую блокировку. При включении стояночного тормоза гидроагрегат создает в тормозных механизмах давление, которое может поддерживаться даже при отсутствии электропитания. Такая система может помогать водителю при трогании на уклоне, движении автомобиля при открытой двери и т.д.

Современное распознавание перечисленных полуинтеллектуальных систем условий работы колеса автомобиля и быстрая обработка исполнительными механизмами тормозного управления управляющих

сигналов микропроцессора является оптимальным условием обеспечения безопасности движения. К сожалению ABS, ESP, EBD, SBC пока ещё не научились определять, что за покрытие в данный момент находится под колесом, хотя над этим интенсивно работают конструкторы. Так, например, автомобиль Toyota Land Cruiser 200 уже получил ABS, алгоритм работы которой уже может подстраиваться под реальный контакт колеса с опорной поверхностью. Правда, она это делает заранее на основании сигнала о проскальзывании колеса и ускорения автомобиля при разгоне. «Идеальная» ABS должна оценивать сцепление колеса с дорогой в момент торможения и иметь возможность изменить алгоритм управления.

В настоящее время компания Continental Teves разработала и практически реализовала проект, предполагающий объединение всех активных систем безопасности в единую сеть Global Chassis Control (GCC) [6, 7]. Вместо многочисленных независимых друг от друга систем с собственной инфраструктурой система GCC предусматривает центральный управляющий процессор, связанный с полуинтеллектуальными исполнительными звеньями.

Современное и будущее тормозное управление автомобиля представляет собой сложную мехатронную систему, в которую входят необходимые сенсорные и электронные устройства, программное обеспечение и исполнительные механизмы. Причём в дальнейшем всё большее значение будет иметь программное обеспечение, которое может самостоятельно разрабатывать сценарии при опасных ситуациях и немедленно их осуществлять. При внедрении такой системы на автомобиле за водителем остается функция задания начала и интенсивности осуществляемого процесса.

Список литературы:

1. Бухарин Н.А. Тормозные системы автомобилей. – Л.-М.: Гос. научн.-техн. изд-во машиностр. лит-ры, 1950. – 290 с.
2. Newcomb T.P. Stopping Revolutions: Developments in the Braking of Cars the Earliest Days. – Proceeding Institution Mechanical Engineerings. – 1961. –

V. 195. – № 6. – P. 139 – 150.

3. Тормозная система SBC // Автостроение за рубежом. – 2003. – № 4. – С. 14 – 16.

4. Будущее тормозных систем. Что придёт на смену ESP? // Автостроение за рубежом. – 2004. – № 9. – С. 18 – 22.

5. Система превентивной безопасности Pre-Safe второго поколения фирмы Mercedes-Benz // Автостроение за рубежом. – 2006. – № 11. – С. 2 – 4.

6. Кузнецов, П.Н. Повышение надежности техники путем автоматизированного проектирования деталей и узлов / П.Н. Кузнецов, Л.В. Брижанский, А.П. Кузнецова // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 264.

7. Фирсов, П.В. Современные системы управления механизмами газораспределения двигателя внутреннего сгорания / П.В. Фирсов, Н.А. Эйдзен, А.В. Алехин // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 121.

8. Analysis of the characteristics of natural gas as fuel for vehicles and agricultural tractors / Al-Maidi A.A.H., Rodionov Y.V., Nikitin D.V., Chernetsov D.A., Vdovina E.S., Mikheev N.V. // Plant Archives. - 2019. - Т. 19. - С. 1213-1218.

9. Каданцев, С.Н. Пути снижения экономических показателей автомобильного транспорта / С.Н. Каданцев, А.Г. Абросимов // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. С. 11.

10. Горшенин, В.И. Эффективность применения большегрузных автомобилей со сменными кузовами при уборке зерновых культур / В.И. Горшенин, С.В. Соловьёв, А.Г. Абросимов // В сб.: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: материалы международной науч.-практ. конф. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2017. – С. 21-28.

11. Консервация машин для разбрасывания пескосоляной смеси / В.И. Горшенин, В.Ю. Ланцев, С.В. Соловьёв, [и др.] //Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 45.

UDC 629.017

**ANALYSIS OF THE TECHNICAL DEVELOPMENT OF THE CAR
BRAKE CONTROL**

Eidzen Nikita Aleksandrovich

master's student

Abrosimov Alexander Gennadievich

Candidate of technical sciences, Associate Professor

AlexAbr84@bk.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The evolution of braking control of a car is considered. It is shown that the main reason for the improvement of braking control is the increasing requirements for the braking dynamics of the vehicle.

Key words: brake control, brake drive, braking mechanisms, drive circuits, anti-lock braking system, exchange rate stability system