

5. Барковская, М. М. Структура и свойства покрытий, сформированных вакуумно-дуговым осаждением при совмещении потоков титана и хрома в среде азота : дис. канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / М. М. Барковская. – Минск., 2016. – 181 с.

6. Любарский, И. М. Металлофизика трения / И. М. Любарский, Л. С. Палатник. – М. : Металлургия, 1976. – 176 с.

УДК 629.113

Савко М. Э.

Научный руководитель: ст. преподаватель Волощук А. А.

ТОРМОЗА-ЗАМЕДЛИТЕЛИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Технический прогресс позволяет создавать всё более мощные силовые установки для транспортных средств (ТС), что означает увеличение скоростей, с которыми могут передвигаться автомобили. Однако недостаточно лишь разогнать автомобиль, также необходимо осуществить эффективную его остановку. Легковым ТС достаточно имеющейся рабочей тормозной системы в силу своей относительно малой массы. Однако с грузовыми ТС дела обстоят иначе: помимо своей большой массы им необходимо перевозить грузы, обладающие чаще всего большей массой самого транспорта. Поэтому для улучшения тормозных характеристик магистральных ТС была создана вспомогательная система торможения.

Еще полвека назад было запатентовано одно из возможных решений – тормоз-замедлитель (ретардер), который не останавливает автомобиль полностью, но создаёт существенное сопротивление перемещению ТС, без задействования основной тормозной системы.

С момента появления первого тормоза-замедлителя появилось приличное количество разновидностей системы, которые успешно применяются на практике. Справедливо было бы рассмотреть некоторые из них.

Начать следует с одних из самых первых тормозов-замедлителей – моторных тормозов. Они самые дешёвые и простые, что является привлекательным условием как для автопроизводителей, так и для их клиентов. Сегодня на автомобилях мы можем увидеть две их разновидности. Первый вид реализован в виде заслонки в выпускном коллекторе, которая перекрывает выход ОГ, что создаёт противодействие, которое и тормозит двигатель, так же прекращается подача топлива в цилиндры [1]. Второй вид – это декомпрессионный тормоз. У него может быть несколько способов исполнения, однако все они основаны на выпуске сжатого воздуха после такта сжатия, т. е. отсутствует полезная работа двигателя. Из недостатков можно выделить недостаточно большое тормозное усилие, ко всему прочему недостатком является обязательное включенной передачи [2].

Более серьёзным развиваемым тормозным усилием могут похвастаться гидродинамические и электромагнитные тормоза-замедлители.

Гидродинамический тормоз-замедлитель распространен в большей степени, чем электромагнитный. Его основное преимущество – это стабильность тормозного усилия по мере повышения температуры. Гидродинамический ретардер по принципу работы очень похож на гидротрансформатор. Гидродинамический ретардер состоит из двух турбин, закрепленных на одной оси в общем

корпусе. Ротор жестко связан с ведущими элементами трансмиссии, в то время как статор жестко соединен с корпусом. При движении машины ротор бесцельно гоняет воздух внутри ретардера, а при включении ретардера открывается клапан, через который сжатый воздух поступает в расширительный бак, и рабочая жидкость начинает поступать внутрь турбины. Ротор, движимый карданным валом, разгоняет масло, которое затем попадает в статор и тормозится, замедляя тем самым и ТС. Однако, не смотря на свою распространённость, у данного типа замедлителя имеется один существенный недостаток – тормозной момент зависит от числа оборотов вращения того вала, на котором расположен ротор [3].

Однако электромагнитный тормоз-замедлитель имеет одно большое преимущество перед гидродинамическим ретардером – это тормозное усилие, а так же эффективная работа во всём диапазоне работы двигателя.

Данный вид тормоза-замедлителя представляет собой индукционный тормоз, который обеспечивает рассеивание энергии торможения за счёт генерации токов Фуко. Замедлитель имеет статор и ротор, который установлен с совпадением их осей.

Статор играет роль индуктора. Он состоит из последовательно соединенной пары электромагнитов, которые при непрерывном протекании электрического тока через обмотки статора создают электромагнитное поле, необходимое для возникновения токов Фуко в материале роторов.

Роторы играют роль якоря. Они изготовлены из специального проводящего материала, и вихревые токи в роторах возникают только при вращении роторов с помощью приводного вала в магнитном поле, созданном статором. Появление токов Фуко в материале ротора приводит к возникновению лапласовых сил, действующих в направлении, противоположном вращению ротора. В результате этого создается тормозящий момент, действующий на приводной вал и замедляющий таким образом движение автомобиля. На данный момент замедлитель обладает двумя существенными недостатками: большое выделение тепла в процессе торможения, большая масса по сравнению с другими тормозами-замедлителями [4].

Все рассмотренные системы обладают своими недостатками, которые в той или иной мере влияют на безопасность движения. Несмотря на достаточно долгий срок своего существования, данные системы имеют большой горизонт для их усовершенствований с целью повышения эффективности их работы.

Для улучшения тормозных качеств можно комбинировать электродинамический и гидродинамический тормоз-замедлитель. Способность электродинамического замедлителя работать во всём диапазоне вращения вала можно использовать при малых скоростях, что позволит уменьшить его габариты (т. к. при одинаковых габаритах гидродинамического и электродинамического, электродинамический создаёт большее тормозное усилие, а на меньшей скорости нужны меньшие тормозные моменты), а при более высоких скоростях, где происходит более частое торможение (спуск с гор большой протяжённости) использовать гидродинамический. Это позволит дополнительно повысить безопасность в городе, а так же увеличить интервалы замены элементов рабочей тормозной системы. Так же для увеличения срока службы электродинамиче-

ского замедлителя можно объединить его с системой охлаждения гидродинамического замедлителя.

Ещё одним из способов снижения тормозного пути является внедрение активной подвески для тягача. Эффективность этого новшества будет наблюдаться не только при использовании тормоза-замедлителя, а так же при использовании рабочей тормозной системы. Смысл в том, что данная система позволит менять клиренс автомобиля, который влияет на аэродинамическое сопротивление. Меньший клиренс на передней оси по сравнению с клиренсом на задней оси увеличит аэродинамическое сопротивление.

Одно из решений по повышению безопасности ТС при использовании замедлителей – это использование поворотной оси с приводом на полуприцепе, связанной с системой EBS (электронная тормозная система). При торможении тормозом-замедлителем с лёгким прицепом и на скользком покрытии горы есть большая вероятность заноса полуприцепа. Дабы улучшить стабильность поведения полуприцепа в таких ситуациях, предлагается сделать заднюю ось полуприцепа поворотной с электроприводом. При получении сигнала от системы EBS о возникновении значительного бокового ускорения на исполнительные механизмы будет подаваться команда поворота этих колёс в сторону, противоположную стороне заноса полуприцепа.

Таким образом, даже раздельное использование предложенных решений позволит улучшить безопасность магистральных ТС, что гарантирует перевозчику сохранность перевозимого груза и уменьшение расходов на обслуживание рабочей тормозной системы, а для участников дорожного движения повышает их безопасность.

Список цитированных источников:

1. How Do Diesel Exhaust Brake Systems Work // Universal Technical Institute [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.uti.edu/blog/diesel/how-diesel-exhaust-brake-systems-work>. – Дата доступа: 02.04.2021.
2. Compression Release Engine Brake // Jacobs Vehicle Systems [Электронный ресурс]. – 2021 – Режим доступа: <https://www.jacobsvehiclesystems.com/technologies/compression-release-engine-brake>. – Дата доступа: 05.04.2021.
3. Интардер – тормоз замедлитель // ООО «ЮНАЙТЕД АВТО групп» [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: http://man.uag.ru/man_katalog/agregaty_i_tehnologiya_man/tormoznaya_sistema/intarder_zf_intarder?templ=uag/openwin1. – Дата доступа: 06.04.2021.
4. Принцип функционирования тормозов-замедлителей Telma // Компания Telma [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://ru.telma.com/produits/fonctionnement>. – Дата доступа: 10.04.2021.

УДК 539.3

Сосновский А. А.

Научные руководители: к. ф.-м. н., доцент Веремейчик А. И.,

к. т. н., доцент Хвиевич В. М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОБИВКИ ОТВЕРСТИЙ В ЛИСТОВОМ МЕТАЛЛЕ ПУАНСОНАМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

Пробивка отверстий на штампах при серийном и массовом производстве является самым производительным методом [1]. Надёжная, стабильная и долго-