

# МОТОРНЫЙ ТОРМОЗ КОМПРЕССОРНОГО ТИПА

## COMPRESSOR TYPE ENGINE BRAKE

**В.В. ВЕРБИЦКИЙ**, к.т.н.

**В.М. ПОГОСЯН**, к.т.н.

Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия,  
pogosyn@gmail.com

**V.V. VERBITSKIY**, PhD in Engineering

**V.M. POGOSYAN**, PhD in Engineering

Kuban State Agrarian University n.a. Ivan T. Trubilin, Krasnodar,  
Russia, pogosyn@gmail.com

Уровень аварийности на автомобильном транспорте сохраняется недопустимо высоким, и для его снижения необходимо учитывать все факторы, влияющие на этот процесс. В этом отношении особого внимания заслуживает процесс длительного торможения, негативные проявления которого требуют создания дополнительных тормозных систем (тормозов-замедлителей) для автомобилей, работающих в горной местности, прежде всего в области пассажирских перевозок.

Трансмиссионные тормоза-замедлители, обеспечивающие достаточную эффективность торможения, обладают рядом недостатков, которые сдерживают их применение. Существующие моторные тормоза-замедлители обеспечивают недостаточное замедление, и в Кубанском государственном аграрном университете (КубГАУ) были проведены исследования по повышению их эффективности. Для этого после теоретического анализа был экспериментально исследован режим компрессорного тормоза, при котором повышенное давление создавалось во впускном коллекторе, и в конце такта сжатия воздух из цилиндра выпускался через специальный клапан обратно в систему, за счет чего и создавался эффект торможения.

Проведенные эксперименты подтвердили возможность существенного повышения тормозного момента двигателя на режиме компрессорного тормоза, когда закрыты обе заслонки: выхлопная – после выхлопного коллектора – и впускная – перед карбюратором, а во впускной коллектор подается сжатый воздух под различным давлением. Тогда тормозной момент возрастает по сравнению с торможением двигателем более чем в 3 раза.

**Ключевые слова:** тормоз-замедлитель, заслонка, сжатый воздух, эффективность торможения, тормозной момент, число оборотов.

**Для цитирования:** Вербицкий В.В., Погосян В.М. Моторный тормоз компрессорного типа // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 3. С. 27–30. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-3-27-30.

The accident rate in road transport remains unacceptably high, and in order to reduce it, it is necessary to take into account all the factors affecting this process. In this regard, the process of long-term braking deserves special attention, which negative processes require the creation of additional braking systems (retarder brakes) for vehicles operating in mountainous areas, primarily in the field of passenger transportation.

Transmission retarder brakes that provide sufficient braking performance have a number of disadvantages that inhibit their use. Existing engine retarder brakes provide insufficient deceleration, and studies were carried out at the Kuban State Agrarian University (KubSAU) to improve their efficiency. After a theoretical analysis, the compressor brake mode was experimentally investigated. The increased pressure was created in the intake manifold and at the end of the compression stroke, air from the cylinder was released through a special valve back into the system, due to which the braking effect was created.

The carried out experiments confirmed the possibility of a significant increase in the engine braking torque in the compressor brake mode, when both valves are closed - the exhaust after the exhaust manifold and the intake in front of the carburetor, and compressed air is supplied to the intake manifold at different pressures. Then the braking torque increases in comparison with engine braking by more than 3 times.

**Keywords:** retarder, damper, compressed air, braking efficiency, braking torque, speed.

**Cite as:** Verbitskiy V.V., Pogosyan V.M. Compressor type engine brake. Traktory i sel'khoz mashiny. 2021. No 3, pp. 27–30 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-3-27-30.

## Введение

При движении автомобиля на затяжном спуске или при повторных частых торможениях происходит перегрев тормозов в зоне трения: различные исследователи регистрируют температуру до 300–370 °С, а иногда и выше. Тогда происходит перегрев тормозных накладок, их обугливание, выкрашивание и коробление тормозного барабана или тормозного диска [1].

Из тормозных накладок при их нагреве выделяются вещества, выполняющие роль смазки и снижающие коэффициент трения вдвое и более. При испытаниях, проведенных Российским автомобильным и автотранспортным научно-исследовательским институтом на затяжном спуске с уклоном 3–4° и протяженностью 19 км было зарегистрировано снижение замедления при торможении с 5,6 до 2,6 м/с<sup>2</sup>.

При высокой температуре тормозных накладок во время эксплуатации резко возрастает их износ: их приходится менять не через 70–90 тысяч километров, а через 8–10 тысяч километров. Одновременно снижается коэффициент трения накладки и возрастает тормозной путь автомобиля. Снижение уровня безопасности движения уменьшает производительность труда водителя, поскольку средняя скорость движения снижается [2].

Попытки использовать на затяжном спуске режим торможения двигателем приводят к повышению разрежения во впускном коллекторе и вследствие этого – к подсосу масла в камеру сгорания. Кроме того, на режиме принудительного холостого хода при торможении двигателем содержание окиси углерода в выхлопных газах возрастает почти в 6 раз [3].

Выхлопной тормоз отличается простотой и дешевизной, поскольку он включает, в сущности, просто заслонку после выхлопного коллектора. При торможении выключается зажигание, и тормозной эффект создается за счет противодавления из выхлопного коллектора на ходе поршня вверх. Однако тормозная эффективность выхлопного тормоза недостаточна.

Можно считать обоснованной необходимость установки эффективных тормозов-замедлителей, в первую очередь, для пассажирских автомобилей, работающих в горных условиях. Это позволит обеспечить замедление автомобиля, когда нет необходимости в экстренном торможении. Кроме того, появляется резервная тормозная система, что повышает безопасность движения.

Тормоза-замедлители могут быть трансмиссионными и моторными. Трансмиссионные тормоза-замедлители могут быть гидродинамическими и электродинамическими, а в качестве моторного тормоза известен, в основном, выхлопной тормоз, запатентованный еще в начале XX века [4].

В качестве гидродинамического тормоза-замедлителя используется чаще всего разработка фирмы Thompson с радиальными лопатками. Тормоз весом 80–96 кг крепится либо на раме, либо на картере заднего моста. Рабочая жидкость – минеральное масло, которое может вытесняться сжатым воздухом из компенсационного цилиндра в корпус тормоза. Поглощаемая мощность регулируется давлением сжатого воздуха, так как это определяет уровень жидкости в корпусе тормоза.

Есть и другие конструкции гидродинамических тормозов. В этом качестве может использоваться гидротрансформатор, в котором степень торможения регулируется количеством масла в корпусе. Был также разработан тормоз, в котором шестерня, установленная на карданном валу, находилась в постоянном зацеплении с двумя другими шестернями, образуя два масляных насоса. При торможении запирались нагнетательные клапаны насосов, однако это вызывало сильное повышение температуры масла.

Наиболее известный электродинамический тормоз разработан французской фирмой Telma. Он состоит из укрепленного на раме статора с индукционными катушками, которые питаются от аккумуляторной батареи и создают магнитное поле. Ротор тормоза связан с карданным валом. В результате взаимодействия магнитных полей статора и полей вихревых токов ротора возникает тормозной момент. Ротор имеет лопатки для охлаждения, поскольку диски его при работе могут нагреваться до вишнево-красного цвета. Для автомобиля весом 6 т тормоз Telma весит 100 кг.

Трансмиссионные тормоза-замедлители обеспечивают замедление до 1,5 м/с<sup>2</sup>, но имеют при этом ряд недостатков. Гидродинамический тормоз отличается высокой стоимостью, громоздкостью и необходимостью дополнительного ухода. Электродинамический тормоз, помимо высокой стоимости, громоздкости и большого веса, обычно нуждается в дополнительной аккумуляторной батарее. Все эти недостатки препятствуют широкому применению трансмиссионных тормозов-замедлителей.

## Цель исследований

Анализ эффективности моторного тормоза-замедлителя компрессорного типа.

## Материалы и методы

Карбюраторный двигатель мощностью 70 л.с. при номинальном числе оборотов 2800 об/мин и максимальном крутящем моменте 20 кгм был установлен на электротормозном стенде, который при испытаниях работал в режиме электромотора. Для повышения числа оборотов коленчатого вала крутящий момент передавался через одну из низших ступеней коробки передач. Ведомый диск муфты сцепления был снят и заменен тензозвеном, токопроводящая магистраль от которого проходила через коленчатый вал. В нем электроискровой обработкой были выполнены и после прокладки магистрали залиты эпоксидной смолой специальные каналы. Электрический импульс от тензозвена снимался концевым токосъемником с носка коленчатого вала и записывался на осциллограмму, куда одновременно записывалась частота вращения. Были закрыты две заслонки: одна после выхлопного коллектора и другая перед карбюратором.

Во время экспериментов на компрессорном режиме во всасывающий коллектор подавал-

ся сжатый воздух под различным давлением, и в конце такта сжатия он выпускался из каждого цилиндра через специальный нагнетательный клапан в головке блока.

## Результаты и обсуждение

Тормозной момент на коленчатом валу при торможении двигателем и на режиме обычного выхлопного тормоза на различных скоростных режимах представлен в таблице 1.

Результаты испытания на компрессорном режиме при различном давлении сжатого воздуха приведены в таблице 2.

Условие прочности всех деталей двигателя при переходе на компрессорный режим соблюдается, поскольку давление срабатывания выпускного клапана значительно ниже давления конца сгорания. Тормозной момент двигателя на этом режиме при подаче сжатого воздуха под давлением 196 кН/м<sup>2</sup> превышает тормозной момент на режиме обычного торможения двигателем более, чем в 3 раза.

## Заключение

1. Трансмиссионные тормоза-замедлители не находят широкого применения на автомобилях ввиду их высокой стоимости, значительного веса и необходимости дополнительного технического обслуживания.

Таблица 1

Изменение момента на коленчатом валу в зависимости от скоростного режима при торможении двигателем, Нм  
Table 1. Change in the moment on the crankshaft depending on the speed mode during engine braking, Nm

Режим торможения	Число оборотов двигателя в секунду			
	8,7	15,0	25,0	32,0
Двигателем	38,0	44,5	52,8	63,2
Выхлопным тормозом	87,3	98,4	116,2	131,4

Таблица 2

Изменение момента на коленчатом валу в зависимости от числа оборотов коленчатого вала на компрессорном режиме при различном давлении сжатого воздуха, Нм

Table 2. Change in the moment on the crankshaft depending on the number of revolutions of the crankshaft in compressor mode at different pressures of compressed air, Nm

Давление сжатого воздуха, кН/м <sup>2</sup>	Число оборотов двигателя в секунду			
	8,7	15,0	25,0	32,0
98	125,3	129,5	134,6	140,4
196	179,5	182,1	186,4	192,0
294	229,0	232,2	235,1	243,2
392	285,3	286,1	287,5	293,0

2. Длительное торможение двигателем на тяжелых спусках ведет к поступлению масла в камеру сгорания, дополнительному выбросу окиси углерода в атмосферу, кроме того, развиваемое при этом замедление невелико.

3. Режим компрессорного тормоза, отличающийся простотой конструкции и дешевизной, создающий высокий тормозной момент, может быть рекомендован для автомобилей, работающих в горных условиях.

### Литература

1. Калимулин М.Р. Анализ процесса формирования технического облика особо легких высокоподвижных колесных транспортных средств для горных условий эксплуатации. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Эл. № Ф.С. 77–48211.
2. Мажитов Б.Ж. Методы снижения токсичности отработавших газов дизеля и теплонапряженности тормозной системы автомобилей при эксплуатации в горных условиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук. С.-Петербург. 2011.
3. Knechtges H. Mit jeder Stufe steigt Lohnunternehmen ATZ. 2014. 69. № 6.
4. Кабанин П.А. и др. Определение рациональной конфигурации тормозной системы для трехосного полноприводного автомобиля сельскохозяйственного назначения // Технология колесных и гусеничных машин. 2012. № 2. С. 43–49, 62, 64.
5. Stahn Charles R. Automobile construction and operation. Toronto-London-Madrid-Paris: Mc Graw-Hill Ryerson Limited, 1993.
6. Электронная тормозная система грузовых автомобилей // Автостроение за рубежом. 2001. № 9. С. 27–33.
7. Martin Martin Julian. Frenos de disco. Ferrocarriles y tranvias. 1969. 33. N 380. P. 119–126.
8. Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Тюриков Б.Н. Тормозной механизм для мобильных средств // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 9. С. 40–41.
9. Мамити Г.И. Тормозной механизм барабанного типа с самоустанавливающимися колодками // Вестник машиностроения. 2009. № 11. С. 89–92.
10. Nazarov A., Nazarov V. Reduce speed wear counterbodies drum brakes mounted on the front axis two-axle vehicle // Вестник Харьковского на-

ционального автомобильно-дорожного университета. 2016. № 75. С. 89–94

### References

1. Kalimulin M.R. Analiz protsessa formirovaniya tekhnicheskogo oblika osobo legkikh vysokopodviznykh kolesnykh transportnykh sredstv dlya gornyx usloviy ekspluatatsii [Analysis of the process of forming the technical appearance of especially light highly mobile wheeled vehicles for mountainous operating conditions]. MG TU im. Bauman. El. No F. S. 77–48211.
2. Mazhitov B.ZH. Metody snizheniya toksichnosti otrabotavshikh gazov dizelya i teplonapryazhennosti tormoznoy sistemy avtomobiley pri ekspluatatsii v gornyx usloviyakh. Avto-referat diss. kand. tekhn. nauk [Methods for reducing the toxicity of diesel exhaust gases and the thermal tension of the brake system of vehicles during operation in mountainous conditions. Abstract to Dissertation for Degree of Ph.D. in Engineering]. S.-Peterburg. 2011.
3. Knechtges H. Mit jeder Stufe steigt Lohnunternehmen ATZ, 2014, 69, No 6.
4. Kabanin P.A. i dr. Determination of the rational configuration of the braking system for a three-axle all-wheel drive agricultural vehicle. Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin. 2012. No 2, pp. 43–49, 62,64 (in Russ.).
5. Stahn Charles R. Automobile construction and operation. Toronto-London-Madrid-Paris: Mc Graw-Hill Ryerson Limited, 1993.
6. Electronic braking system of trucks. Avtostroyeniye za rubezhom, 2001. No 9, pp. 27–33 (in Russ.).
7. Martin Martin Julian. Frenos de disco. Ferrocarriles u tranvias, 1969, 33, N 380, p. 119–126.
8. Khristoforov YE.N., Sakovich N.E., Tyurikov B.N. Brake mechanism for mobile vehicles. Traktory i sel'skokhozyaystvenn-yye mashiny. 2006. No 9, pp. 40–41 (in Russ.).
9. Mamiti G.I. Drum type brake with self-aligning pads. Vestnik mashinostroyeniya. 2009. No 11, pp. 89–92 (in Russ.).
10. Nazarov A., Nazarov V. Reduce speed wear counterbodies drum brakes mounted on the front axis two-axle vehicle // Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnoho universiteta. 2016. No 75, pp. 89–94.