



УДК 62-592.131

А.С. Вашуткин, Д.Г. Мясищев

Архангельский государственный технический университет

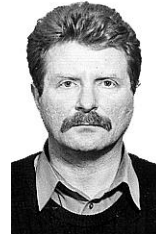
Вашуткин Александр Сергеевич родился в 1980 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры транспортных машин АГТУ, преподаватель ФГОУ СПО «Архангельский лесотехнический колледж Императора Петра I». Область научных интересов – лесовозный автомобильный транспорт.

E-mail: aleksandr-vashutkin@yandex.ru



Мясищев Дмитрий Геннадьевич родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортных машин Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области разработки, создания и исследования мобильных средств малой механизации лесного комплекса.

E-mail: d.myasishchev@agtu.ru



АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БАРАБАННЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОЛЕСОВОЗОВ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

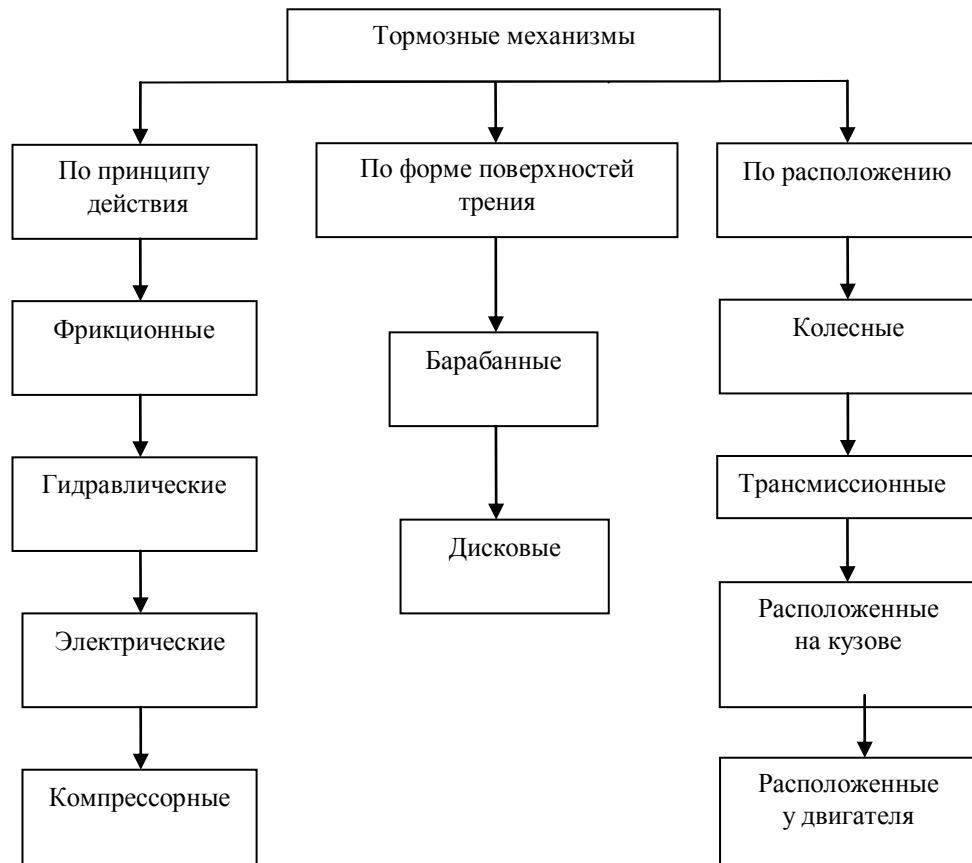
Рассмотрены показатели, характеризующие работу барабанных тормозных механизмов, перечислены факторы, влияющие на их теплонагруженность. Рассмотрены конструктивные мероприятия, улучшающие работу тормозных механизмов.

Ключевые слова: тормозной механизм, фрикционный материал, сжатый воздух, эксплуатационные свойства автомобиля.

Тормозная система – это один из наиболее ответственных узлов транспортного средства, определяющих надежность, динамику, маневренность и безопасность эксплуатации, поэтому повышение ее эффективности является актуальной задачей.

Цель работы – обоснование технических решений и параметров, влияющих на тормозные качества автолесовозов и улучшающих их эксплуатационные свойства (постановка задачи).

Современные автомобили оборудуются тормозными механизмами различных типов. Их классификация показана на рисунке. Тормоза с внутренним расположением колодок, чаще называемые барабанными, нашли широкое применение в автомобилях, колесных тракторах, автолесовозах, электротягачах и прицепных транспортных средствах, где они хорошо вписываются в колесное пространство.



Классификация тормозных механизмов автомобилей по типу

Основными характеристиками барабанных тормозов служат эффективность и стабильность работы [1]. Эффективность оценивается коэффициентом, представляющим отношение силы трения $F_{\tau i}$ к силе P_i , приложенной к колодке со стороны приводного устройства. Коэффициенты эффективности пары трения C_{Π} и тормоза в целом C_T можно записать в виде

$$C_{\Pi} = F_{\tau 1}/P_1 = M_{\tau 1}/(r_6 P_1); C_T = M_T / \{r_6(P_1 + P_2)\} = (M_{\tau 1} + M_{\tau 2}) / [r_6(P_1 + P_2)],$$

где M_T – тормозной момент, Н/м;

r_6 – радиус барабана, мм.

Коэффициент C_T зависит от следующих параметров:

коэффициента K , выражающего отношение суммы нормальных сил N_1 и N_2 на первой и второй тормозных колодках, действующих при невращающемся барабане, к сумме сил P_1 и P_2 соответственно в приводе этих колодок: $K = (N_1 + N_2)/(P_1 + P_2)$; коэффициент K зависит от конструктивных параметров тормоза и определяется по уравнениям равновесия колодок;

конструктивного показателя самоусиления S_k ; для тормозов с прижимными колодками $S_k > 0$, чем больше S_k , тем значительнее при прочих

равных условиях эффект самоусиления тормоза; для тормозов, у которых силы трения F_{Ti} стремятся ослабить тормозной момент M_{Ti} , например для тормозов с двумя отжимными колодками, $S_k < 0$;

от коэффициента трения f пары фрикционная накладка – барабан; его изменение по-разному влияет на тормозной момент и стабильность работы тормозов в зависимости от схемы их выполнения.

Когда в тормозном механизме используется одна колодка отжимная, а вторая прижимная (вариант 1), то для них показатели S_k имеют различные знаки и коэффициент эффективности такого тормоза [5] определится по формуле

$$C_{T1} = Kf/(1-fS_k).$$

Если используются обе колодки отжимные или прижимные (вариант 2), то показатель S_k для обеих колодок имеет одинаковый знак и коэффициент эффективности тормозов определится по формуле [4]:

$$C_{T2} = Kf/(1 - f^2 S_k^2).$$

Для оценки самоусиления тормозов служит коэффициент S , учитывающий их конструктивные параметры (K), особенности (S_k), коэффициент трения f и равный отношению суммы нормальных сил $N'_{1,2}$, действующих на фрикционную поверхность тормоза первой и второй колодок при вращающемся барабане, к сумме соответствующих сил $N_{1,2}$ при невращающемся барабане [5]:

$$S = \Sigma N'_{1,2} / \Sigma N.$$

Для тормозов вариантов 1 и 2:

$$S_1 = C_{T1}/(Kf) = 1/(1 - fS_k);$$

$$S_2 = C_{T2}/(Kf) = 1/(1 - f^2 S_k^2).$$

Коэффициенты самоусиления S некоторых барабанных тормозов, вычисленные при условии, что суммы сил P_i равны, а $f=0,3$, для автомобилей разных марок имеют следующие значения:

МАЗ-5335.....	3,3
ГАЗ-66-11 при ходе:	
переднем.....	2,3
заднем.....	0,9
«Урал-43206».....	1,8

У тормозов с высоким коэффициентом самоусиления стабильность низкая, при работе чаще возникают вибрации и высокочастотные звуковые колебания [5]. Стабильность характеризуется коэффициентом относительной чувствительности e , выражающим процентное изменение тормозного момента M_T при изменении коэффициента трения f на 1 %.

Для тормозов вариантов 1 и 2 [5]

$$e_1 = S_1; \quad e_2 = S_2(1 + f^2 S_k^2).$$

Для обеспечения стабильной работы тормозов рекомендуется (при $f = 0,35$) принимать $S_{1,2} = 1,3$.

Автомобили-лесовозы, автолесовозы, грузовые автомобили высокой грузоподъемности работают в ограниченных условиях, когда требуется частое торможение. Часть из них эксплуатируется по грунтовым дорогам,

где присутствуют грязь, вода, пыль, которые, попадая на рабочие элементы тормозных механизмов, ухудшают процесс торможения. Из-за резко переменного режима работы тормозов, приводящего к термическим деформациям их элементов, непрерывно изменяются значения таких дестабилизирующих факторов, как коэффициент трения f , величина (угол обхвата накладок β) и положение (угол несимметричности накладок γ относительно оси максимального давления) зоны контакта, в связи с чем рекомендуется применять фрикционные материалы с невысокими (0,25...0,35), но стабильными коэффициентами трения и уменьшать углы обхвата β , обеспечивая положительную несимметричность накладок [3].

Для обеспечения эффективной работы предпочтение следует отдавать тормозам с высокой стабильностью, причем нежелательно на одном и том же автомобиле использовать тормоза разных типов с неодинаковым коэффициентом относительной чувствительности e . Тепловой режим в процессе торможения не должен превышать допустимых пределов. Поэтому задача его снижения наиболее актуальна при совершенствовании тормозных систем автомобилей для повышения безопасности дорожного движения. Как отмечается в работе А.И. Вольченко [2], тепловой режим барабанных тормозов современных автомобилей является достаточно напряженным, температура поверхности трения тормозов автомобилей ГАЗ-3301, ЗИЛ-131, ЗИЛ-431410, МАЗ-5335, КрАЗ-256Б часто превышает допустимую ($T_{\text{доп}} = 250$ °С).

Рассматривая в общем случае энергоемкость тормозного механизма $E_{\text{т.м}}$, Б.Б. Генбом устанавливает ее связь с влияющими на нее факторами зависимости [4]

$$E_{\text{т.м}} = f \left[r_{\text{б}}, \beta, \Delta, \gamma, b_{\text{н}}, \frac{A_{\text{уд1}}}{A_{\text{уд2}}}, G_{\text{б}}, F_{\text{охл}}, \alpha_{\text{т}}, \mu / i(t) \right],$$

где β – угол обхвата тормозных накладок, рад;
 Δ – коэффициент неравномерности распределения давления по длине тормозной накладки;
 γ – угол несимметричности тормозной накладки, рад;
 $b_{\text{н}}$ – ширина фрикционных накладок, мм;
 $A_{\text{уд1}}, A_{\text{уд2}}$ – удельная энергонагруженность самоприжимной и самоотжимной колодок, кДж/мм²;
 $G_{\text{б}}$ – масса тормозного барабана, кг;
 $F_{\text{охл}}$ – поверхность охлаждения тормозного барабана, мм²;
 $\alpha_{\text{т}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности барабана, Вт/(мм²·К);
 $\mu / i(t)$ – зависимость измерителя фрикционной теплостойкости накладок от температуры поверхности трения.

На коэффициент теплоотдачи от поверхности барабана влияют следующие факторы: ω – скорость воздуха, обтекающего тормозной механизм, м/с; $t_{\text{в}}, t_{\text{п}}$ – температура воздуха и охлаждаемой поверхности, °С; Φ – параметр, характеризующий форму поверхности охлаждения; I_1, I_2, I_3 – параметры, определяющие ее размеры, мм.

Наиболее характерные усовершенствования элементов барабанно-колодочных тормозов отечественных и зарубежных аналогов [2], направленные на интенсификацию их естественного охлаждения, можно классифицировать следующим образом:

осуществление мероприятий за счет элементов металлоконструкции и их конфигурации;

изготовление тормозных накладок с вентилирующими канавками;

установка центробежных вентиляторов в тормозной механизм или выполнение ребер внутри тормозного барабана, который будет работать как центробежный вентилятор;

упрочнение элементов тормозного механизма, способствующее устранению их деформаций и термической нагруженности;

подвод охлаждающего агента во внутреннюю полость тормозных колодок;

совершенствование механизма, автоматически регулирующего зазор между тормозным барабаном и тормозными колодками. Это мероприятие основано на утверждении Э.Н. Никульникова [6], что барабанный тормозной механизм имеет высокую тепловую нагруженность из-за плохой работы механизма, автоматически регулирующего зазор, в результате чего происходит подтормаживание.

Естественное воздушное охлаждение поверхностей тормозного барабана, установленного в ободу даже с максимальным зазором, не обеспечивает должного эффекта. Это объясняется тем, что наружные поверхности ободов тормозных барабанов обычно покрыты пылью и грязью, что ухудшает их теплообмен с воздухом, поступающим в зазор между барабаном и ободом колеса. В свою очередь, в зазор между тормозным диском и торцом барабана входит незначительное количество воздуха, и трущиеся поверхности тормоза с продуктами износа и частицами пыли вентилируются неудовлетворительно. При этом не наблюдается заметного снижения температуры поверхностей трения.

Подача сжатого воздуха между барабаном и колодками после торможения рассмотрена в работе [2]. Подобная система разработана и для охлаждения тормозов средней и задней осей автомобиля КрАЗ-255 6×6. Принудительное охлаждение барабанно-колодочных тормозов необходимо по следующим причинам.

Без искусственного охлаждения нельзя обеспечить надежной и эффективной работы фрикционных пар, поскольку между ними возникают разности температур и, следовательно, термические напряжения в ободу барабана. При охлаждении трущихся элементов барабанно-колодочного тормоза уменьшается их поверхностный нагрев, в результате повышаются коэффициент трения, стабильность и эффективность торможения. Определенная, меняющаяся в узких пределах температура поверхностей трения способствует снижению термических напряжений и предупреждению их схватывания при перегреве. подача сжатого воздуха между тормозным барабаном и тормозными колодками способствует удалению грязи от поверхностей трения и быстрому просушиванию фрикционных пар после попадания на них влаги.

Разработка устройств и систем для принудительного охлаждения барабанно-колодочных тормозных механизмов обеспечит более высокую эффективность и стабильность их действия, а вместе с тем и безопасность движения автомобиля. Выбор эффективных охлаждающих агентов позволяет, в свою очередь, сформулировать требования к устройствам и системам для интенсивного принудительного охлаждения рабочих элементов барабанно-колодочных тормозов автомобилей: простота, надежность, долговечность и безотказность в работе; малые первоначальные затраты на их внедрение в производство; эффективность действия. Различают следующие типы охлаждающего агента: воздушный (сжатый воздух из тормозной системы; отработавший сжатый воздух, выпускаемый в атмосферу; отработавшие газы двигателя; воздушно-газовая смесь); жидкостный (вода, раствор аммиака и т.п.); комбинированный (смеси воздушно-аммиачная, газово-аммиачная, воздушно-газово-жидкостная и др.) [2].

Исходя из анализа представленной информации, на автолесовозах и грузовых лесовозных автомобилях, на наш взгляд, целесообразнее использовать воздушное принудительное охлаждение только в процессе торможения. Подача сжатого воздуха после торможения вызывает следующие проблемы, которые могут значительно снизить коэффициент трения, а следовательно, и стабильность работы тормозов [2]:

грязь, пыль и влага, попадающие на фрикционные поверхности тормозных механизмов, удаляются не в процессе торможения, а после него, т.е. процесс торможения осуществляется «грязными» фрикционными поверхностями;

охлаждение тормозных механизмов происходит также после торможения;

стабильная воздушная подушка под давлением, находящаяся в постоянно расторможенном состоянии между фрикционными поверхностями барабана и накладок, демпфирует процесс торможения и снижает быстродействие тормозной системы.

Уместно кратко проанализировать следующий оптимизационный момент данной задачи. При подаче сжатого воздуха между фрикционными поверхностями тормозного механизма в процессе торможения возникают противоречия.

1. С одной стороны, повышение давления подводимого воздуха способствует лучшему охлаждению поверхностей трения, их очищению и просушиванию, что повышает эффективность и стабильность действия тормоза, с другой – противодействует нарастанию тормозной силы, уменьшает усилия $N_{1,2}$, а значит, быстродействие и эффективность работы тормоза.

2. С увеличением диаметра отверстий, подводящих сжатый воздух между накладкой и барабаном, также улучшается охлаждение, очистка и просушивание поверхностей трения, но при этом создается более мощная воздушная подушка, которая по аналогии с первым противоречием снижает быстродействие и эффективность функционирования тормоза.

С учетом сказанного для достижения максимальной эффективности и стабильности тормозного механизма автолесовоза (по сравнению с прототипом) требуется решить ряд задач:

выполнить конструктивный обзор тормозных механизмов автомобилей и их анализ;

рассмотреть факторы, влияющие на тепловое состояние тормозных механизмов, их эффективность и стабильность в работе;

обосновать подвод сжатого воздуха между тормозными колодками и тормозным барабаном;

создать экспериментальный тормозной механизм в составе автомобиля и на основе теории оптимального планирования эксперимента провести опытные работы для нахождения регрессионных математических моделей, в которых функцией отклика будут коэффициент эффективности тормоза C_T и относительной чувствительности e , а варьируемыми факторами – давление подаваемого воздуха P_v и диаметр подводящих отверстий в фрикционной накладке d_o ;

выполнить анализ результатов эксперимента;

разработать и обосновать выводы, дать рекомендации по конструированию, изготовлению и эксплуатации тормозных механизмов автолесовозов с подводом сжатого воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров, М.П.* Тормозные устройства [Текст]: справочник / М.П. Александров, А.Г. Лысяков, М.В. Новожилов; под общ. ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
2. *Вольченко, А.И.* Барабанно-колодочные тормозные устройства [Текст] / А.И. Вольченко, Ю.С. Замора. – Львов: Вища шк., 1980. – 108 с.
3. *Генбом, Б.Б.* К вопросу об оценке свойств по перспективности колодочных барабанных тормозных механизмов [Текст] / Б.Б. Генбом, А.И. Гута // Автомоб. пром-сть. – 1972. – № 6. – С. 16–22.
4. *Генбом, Б.Б.* Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей [Текст] / Б.Б. Генбом. – Львов: Вища шк., 1974. – 234 с.
5. *Метлюк, Н.Ф.* Исследование и расчет тормозных механизмов [Текст] / Н.Ф. Метлюк // Автомоб. пром-сть. – 1968. – № 4. – С. 21–24; № 5. – С. 20–21.
6. *Никульников, Э.Н.* Разработка методов экспериментально-расчетного определения режимов работы, путей повышения эффективности и снижения нагруженности автомобильных тормозных механизмов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Э.Н. Никульников; Центр. науч.-исслед. автомоб. полигон НАМИ. – Дмитров, 1984. – 20 с.

Поступила 04.05.09

A.S. Vashutkin, D.G. Myasishchev
Arkhangelsk State Technical University

Analysis of Drum Brakes Functioning of Log Trucks and Ways of Improving their Performance

The parameters characterizing the work of the drum brakes are considered, the factors influencing on their heat load are enumerated. The structural measures improving the performance of brake mechanisms are analyzed.

Keywords: brake mechanisms, friction material, compressed air, operational properties of trucks.
