

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 629.4.027.4: 656.2

doi: 10.30987/2782-5957-2026-6-63-72

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЛОСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ В УЗЛАХ ПОДВЕСКИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЗОВ

**Владимир Иванович Воробьев<sup>1✉</sup>, Александр Анатольевич Пугачев<sup>2</sup>, Олег Васильевич Измеров<sup>3</sup>, Андрей Анатольевич Фатеев<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

<sup>4</sup> Российский университет транспорта, Москва, Россия

<sup>1</sup> vladimvorobiev@yandex.ru

<sup>2</sup> alexander-pugachev@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1836-0923>

<sup>3</sup> izmerov@yandex.ru

<sup>4</sup> fateev\_70@list.ru

### Аннотация

В статье рассматривается проблема рационального выбора материала и конструкции плоских амортизаторов подвески тяговых электродвигателей тепловозов. В результате проведенного анализа установлено, что металлические амортизаторы из материала МР по сравнению с резинометаллическими имеют более длительный срок службы (20 лет) и принципиальные возможности дальнейшего повышения нагрузочной способности. Недостатком амортизаторов из материала МР в сравнении с резинометаллическими является сложность их изготовления, а также пористость материала, вследствие чего металлические амортизаторы из материала МР при использовании на экипажной части локомотива требуют защиты от влаги, пыли и грязи. При этом амортизаторы из материала МР в кон-

струкции подвески ТЭД не имеют решающих преимуществ перед резинометаллическими в отношении возможности снижения динамических нагрузок в деталях и узлах экипажной части, ввиду ударного характера нагрузок при прохождении стыковых неровностей пути и отсутствии резонансных явлений при движении локомотива. Предложены новые технические решения подвески ТЭД с двумя параллельно работающими комплектами резинометаллических амортизаторов и с кольцевым металлическим упругим элементом. На предложенные решения получены два патента на полезные модели.

**Ключевые слова:** локомотив, подвеска, электродвигатель, шарнир, надежность, конструирование.

Ссылка для цитирования:

Воробьев В.И. Применение плоских амортизаторов в узлах подвески тяговых электродвигателей тепловозов / В.И. Воробьев, А.А. Пугачев, О.В. Измеров, А.А. Фатеев // Транспортное машиностроение. – 2026. - № 6. – С. 63-72. doi: 10.30987/2782-5957-2026-6-63-72.

Original article

Open Access Article

## USE OF FLAT SHOCK ABSORBERS IN SUSPENSION UNITS OF TRACTION ELECTRIC MOTORS OF DIESEL LOCOMOTIVES

**Vladimir Ivanovich Vorobyov<sup>1✉</sup>, Aleksandr Anatolyevich Pugachev<sup>2</sup>, Oleg Vasilyevich Izmerov<sup>3</sup>, Andrey Anatolyevich Fateev<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>4</sup> Russian University of Transport, Moscow, Russia

<sup>1</sup> vladimvorobiev@yandex.ru

<sup>2</sup> alexander-pugachev@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1836-0923>

<sup>3</sup> izmerov@yandex.ru

<sup>4</sup> fateev\_70@list.ru

## Abstract

The paper discusses the problem of rational choice of material and design for traction electric motors (TED) of diesel locomotives. The result of the analysis shows that metallic shock absorbers made of MP material have a longer service life (20 years) and fundamental possibilities for further increasing the load capacity compared to rubber-metal ones. The disadvantage of shock absorbers made of MP material in comparison with rubber-metal ones is the complexity of their manufacture, as well as the porosity of the material, which results in the necessity to protect shock absorbers made of MP material from moisture, dust and dirt metal when used in locomotive carriages. At

the same time, shock absorbers made of MP material in TED suspension structure do not have key advantages over rubber-metal ones in terms of the possibility of reducing dynamic loads in the parts and assemblies of the carriage, due to the shock nature of the loads while passing butt track irregularities and the absence of resonant phenomena during locomotive movement. New technical solutions for TED suspension with two parallel sets of rubber-metal shock absorbers and with an annular metal elastic element are proposed. Two utility model patents are obtained for the proposed solutions.

**Keywords:** locomotive, suspension, electric motor, hinge, reliability, construction.

## Reference for citing:

Vorobyov VI, Pugachev AA, Izmerov OV, Fateev AA. Use of flat shock absorbers in suspension units of traction electric motors of diesel locomotives. *Transport Engineering*. 2026;6:63-72. doi: 10.30987/2782-5957-2026-6-63-72.

## Введение

В узлах экипажной части локомотивов с 50-х годов прошлого века массово применяются резиновые и резинометаллические шарниры и амортизаторы. Одним из примеров их использования в нашей стране является маятниковая подвеска тяговых электродвигателей (ТЭД) грузовых

электровозов с плоскими резиновыми шайбами диаметром 250 мм, описанная в большом числе литературных источников, например [1], (рис. 1), в связи с этим нет необходимости в подробном описании ее устройства и работы.

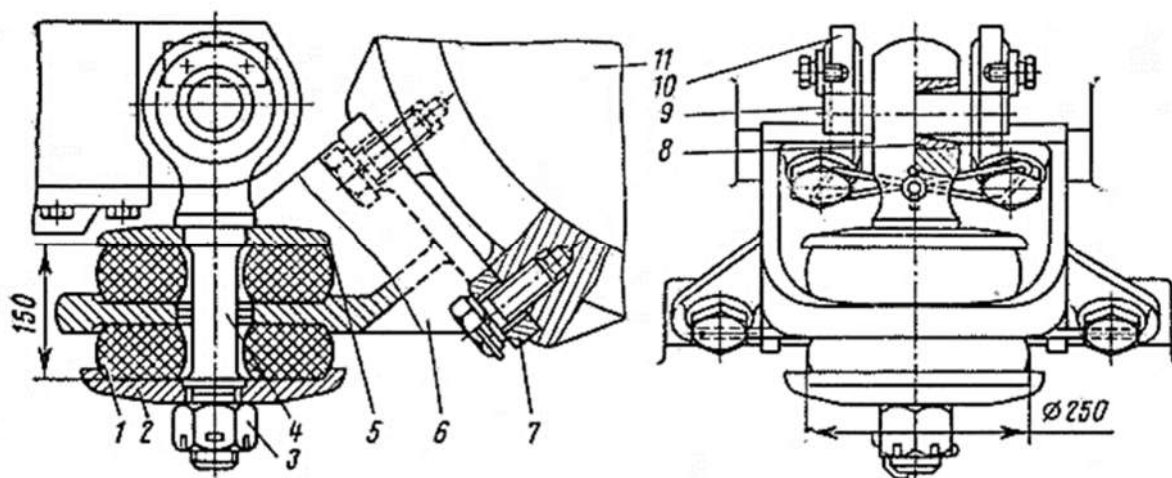


Рис. 1. Маятниковая подвеска ТЭД отечественных электровозов

1 – резиновые шайбы; 2 и 5 – стальные шайбы; 3 – гайка; 4 – подвеска; 6 – кронштейн ТЭД; 7 – болты; 8 – втулка; 9 – валик; 10 – кронштейн рамы тележки; 11 – остов ТЭД

Fig. 1. Pendulum suspension of electric locomotives traction electric drives (TED)

1 – rubber washers; 2 and 5 – steel washers; 3 – nut; 4 – suspension; 6 – TED bracket; 7 – bolts; 8 – bushing; 9 – roller; 10 – trolley frame bracket; 11 – TED frame

Данная конструкция подвески технологически проста в изготовлении и ремонте. К ее основным недостаткам относятся:

– отсутствие вулканизации между резиновыми шайбами, стальными шайбами и кронштейном, что приводит к выпучива-

нию наружных поверхностей шайб и способствует появления на них усталостных трещин вследствие деформаций растяжения;

– наличие трущейся пары между втулкой и валиком, слабо защищенной от

попадания абразивной пыли грязи, что ускоряет износ трущейся пары.

Необходимость применения маятниковой подвески с плоскими амортизаторами на отечественных тепловозах возникла в результате появления тепловозов с асинхронными ТЭД и тяговыми передачами, не имеющими упругих звеньев, в которых происходило бы гашение ударов, возникающих при прохождении стыковых неровностей пути. Так, на тепловозах 2ТЭ25А, имеющих жесткую подвеску в виде двухшарнирной тяги со сферическими резинометаллическими шарнирами (РМШ) наблюдались случаи преждевременного выхода из строя сферических РМШ [2], а использование пружинной траверсной подвески, имеющей изнашиваемые узлы, нет основания считать рациональным решением.

### Анализ проблемы

В настоящее время маятниковые подвески с плоскими амортизирующими элементами применены на тепловозе ТЭМ23 производства БМЗ и ТЭ35А производства «Люденовотепловоз» (рис. 2а, б),

При использовании колес диаметром 1050 мм маятниковую подвеску на тепловозах требуется размещать в меньших габаритах, чем на электровозах. Это ведет к требованию уменьшать радиальные габариты плоских амортизаторов, обеспечив при этом достаточные амортизирующие свойства, долговечность и ремонтпригодность подвески. При этом проблемой для конструктора является то, что к настоящему моменту отсутствуют критерии выбора рационального решения, в том числе и с точки зрения объема информации, то есть, недостающей информации, которая может потребоваться при проектировании, особенно в условиях появления новых амортизирующих материалов. Настоящая статья представляет собой попытку решения данной проблемы.

представляя собой два разных пути решения проблемы создания элементов с уменьшенным габаритом в осевом направлении.

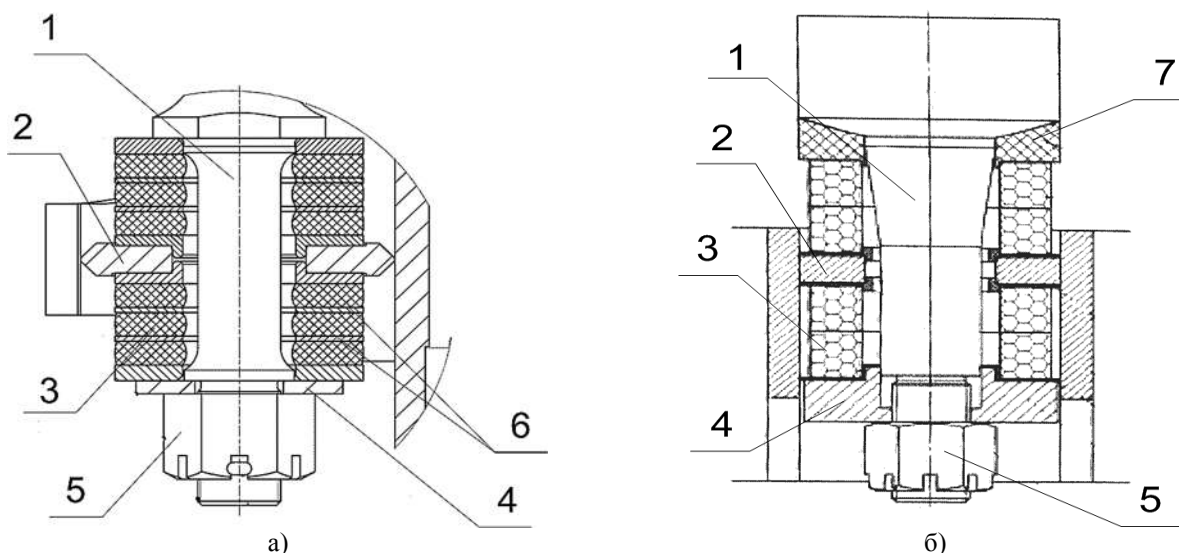


Рис. 2. Узлы подвесок тепловозов с плоскими амортизаторами: а – ТЭМ23, б – ТЭ35А  
1 – подвеска; 2 – кронштейн; 3 – упругий элемент; 4 – нажимная шайба; 5 – гайка;  
6 – арматура; 7 – изолирующая шайба

Fig. 2. Suspension units of diesel locomotives with flat shock absorbers: а – ТЕМ23, б – ТЭ35А  
1 – suspension; 2 – bracket; 3 – elastic element; 4 – pressure washer; 5 – nut; 6 – reinforcement;  
7 – insulating washer

Каждый из амортизаторов подвески тепловоза ТЭМ23 (рис. 2а) представляет собой трехслойный резинометаллический

элемент из соединенных последовательно резиновых шайб из резины 7-ИРП-1348, высотой 20 мм каждая, диаметром

170...180 мм (меньшее значение – по дну выемки) и внутренним отверстием диаметром 82 мм, привулканизованным к металлической арматуре. Статический прогиб амортизатора не менее 6 мм при статической нагрузке 50 кН, что соответствует жесткости подвески в целом (поскольку амортизаторы в подвеске работают параллельно) не более 16,7 кН/мм и относительной деформации не менее 10 %. Предварительное сжатие элементов при монтаже подвески составляет около 10 %.

На тепловозе 2ТЭ35А (рис. 2б) рассматривается вариант применения амортизаторов нового типа – цельнометаллических, набранных из четырех экспериментальных упругодемпфирующих элементов

### **Долговечность и условия работы**

Резиновые амортизаторы в условиях эксплуатации выходят из строя в основном вследствие старения резины и накопления усталостных повреждений, и их выбраковка производится во время планового ремонта на основании внешних признаков (трещины на поверхности), а также по достижению предельного срока эксплуатации. Так, на пассажирском электровозе ЭП1, согласно РК 103.11.384-2005. «Руководство по среднему и капитальному ремонту электровозов ЭП1, ЭП1М, ЭП1П» торцовые резинометаллические шайбы подвески редуктора при КР (капитальный ремонт) заменяются новыми, что приблизительно соответствует сроку службы 12 лет. Исследованиями ВНИКТИ было установлено, что увеличенные деформации плоских резиновых шайб в подвеске электровоза ЭП10 явились результатом применения резиновых шайб, не соответствующих требованиям конструкторской документации в отношении твердости [3].

Резина должна быть маслостойкой и соответствовать требуемым климатическим условиям эксплуатации локомотива. Защиты от влаги, грязи, пыли в эксплуатации не требуется, термодеструкции от саморазогрева элементов в подвесках электровозов не наблюдалось. Абразивный износ в рассматриваемой конструкции исключен в связи с вулканизацией упругих элементов к арматуре. Таким образом, в

ГР-1 на основе проволочного материала МР из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Высота каждого элемента 34 мм, наружный диаметр элемента 148 мм, диаметр отверстия в элементе – 84 мм. Согласно приведенной производителем экспериментально определенной нагрузочной характеристике, при предварительном нагружении амортизатора 14 кН и нагрузке 52,718 кН деформация подвески из четырех элементов составляет 3,5 мм, что соответствует жесткости подвески 15,06 кН/мм.

Рассмотрим основные особенности подвесок применительно к экипажной части тепловозов.

случае правильного выбора материала, размеров и жесткостных параметров амортизатора основной задачей в производстве является соблюдение конструкторско-технологической документации, в частности, соответствия сорта резиновой массы, подготовки поверхностей арматуры для вулканизации и соблюдения режимов литья и вулканизации. При этом для производства резинометаллических амортизаторов методом литья или прессования может быть создан участок на любом крупном машиностроительном предприятии, имеющем возможность изготовления нестандартного оборудования и приспособлений.

Для проволочных амортизаторов изготовителем (Самарский научно-исследовательский университет им. С.П. Королева) заявлена долговечность в 20 лет эксплуатации. Проволочные амортизаторы на основе материала МР (металлическая резина), как свидетельствует информация в [4], изначально предназначались для авиационных ГТУ и ракетно-космической техники, для которых характерны динамические нагрузки случайного характера в широком диапазоне (до 10 кГц), экстремально высоких температур, вакуума, радиации солнечного излучения и агрессивных сред, где резиновые амортизаторы неприменимы. На железнодорожном транспорте подобные виброизоляторы из мате-

риала МР типа ВВК применялись в виброзащитных опорах газотурбинной установки локомотива [5], т.е. для внутрикузовного оборудования, условия работы которых существенно отличаются от условий работы амортизатора подвески ТЭД. Ввиду сложности операций при изготовлении (навивание проволоки, дозирование, растягивание спирали, формирование в заготовку) такие амортизаторы целесообразно изготавливать на специализированном производстве.

Как указано в [6], материал МР является пористым, и может быть использован в качестве фильтрующего элемента. В случае, если амортизаторы подвески будут изготовлены из пористого материала, в условиях зимней эксплуатации в регионах с тяжелыми климатическими условиями они могут насыщаться водой с последующим ее замерзанием, что приведет к поте-

### Предельные кратковременные нагрузки

Ранее в [7] авторами было установлено, что амортизаторы унифицированной подвески (предназначенной для тепловозов и электровозов как с коллекторными, так и асинхронными ТЭД) должны выдерживать воздействие кратковременной нагрузки не ниже 150 кН, при этом относительная деформация сжатия упругих элементов из резины не должна превышать 0,15. Однако в данном случае рассматриваются специализированные подвески ТЭД для маневрового и грузового тепловоза.

Статическую нагрузку на подвеску ТЭД тепловоза ТЭМ23 при трогании с места можно определить по формуле:

$$F_{п.ст} = \frac{m_d g b + 0,5 F_{ртр} D_k}{c}; \quad (1)$$

где  $m_d=2,24$  т – масса ТЭД ДТА-200Т;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  $F_{ртр}=74,1$  кН – расчетная сила тяги, приходящаяся на одно колесо при трогании с места;  $D_k=1,05$  м – диаметр колеса;  $b=0,469$  м – централь тяговой передачи;  $c=1,015$  м – расстояние от центра оси колесной пары до подвески ТЭД. При указанных значениях получаем  $F_{п.ст}=60$  кН. При суммарной жесткости подвески

ре элементом амортизирующих свойств. При этом данная проблема может возникнуть не сразу, а при сочетании неблагоприятных условий, например, заезд локомотива в цех депо, где происходит оттаивание намерзшего на деталях экипажной части снега и льда, с фильтрацией образовавшейся воды внутрь амортизатора, и последующий выезд на пути депо при низкой температуре окружающего воздуха.

Кроме того, амортизаторы из пористого материала на экипажной части требуются защищать от попадания пыли, масла и дизельного топлива, так как в этом случае жидкость, содержащая абразивные частицы, впитывается в амортизатор, увеличивая износ проволоки и изменяя упруго-диссипативные характеристики, за счет гидравлического сопротивления при выдавливании масла из пор во время сжатия амортизатора.

16,7 кН/мм это соответствует абсолютной деформации амортизатора не менее 3,6 мм и относительной деформации, равной не менее 6 %, не превышающей предварительного сжатия элементов при монтаже. Соответственно, при кратковременной динамической нагрузке в 150 кН, получаем величины абсолютной деформации не менее 9 мм и относительной не менее 15 %, в случае сохранения жесткости подвески 16,7 кН/мм, что соответствовало бы предельной величине относительной деформации, рекомендованной в [8]. Однако для этого требуется повысить величину сжатия резиновых элементов при монтаже до 15%, во избежание размыкания зазора, снижения жесткости подвески и увеличения относительных деформаций резины до величин выше допустимых. В связи с этим желательно проведение исследований величин динамических усилий в подвеске тепловоза ТЭМ23 в зимних условиях при увеличении вертикальной жесткости пути вследствие промерзания балласта, для уточнения предельных нагрузок в эксплуатации.

Для тепловоза 2ТЭ35А примем  $m_d=2,35$  т – масса ТЭД ТАД-430-6КУХЛ1;  $F_{ртр}=85,84$  кН;  $b=0,45$  м;  $c=1$  м. При ука-

занных величинах получим  $F_{п.ст} = 68$  кН, изготовителем производилось измерение свойств амортизатора при приложении усилия 80 кН. Известно, что для амортизаторов из материала МР кратковременная ударная нагрузка не должна превышать силу прессования более чем на 30 % [9], а при исследованиях магистрального тепловоза 2ТЭ25А-007 в депо Тынды Дальневосточной ж.д. в декабре 2013 года (при замерзшем верхнем строении пути) максимальные нагрузки в подвеске ТЭД достигали 140 кН в режиме выбега [10], т. е., представляли собой кратковременные ударные нагрузки в период, когда жесткость верхнего строения пути повышается. Как указано Г.И. Михайловым в [11], в связи с особенностями примененной на тепловозе 2ТЭ25А системы управления, на

### Частота собственных колебаний

Частоту собственных колебаний ТЭД на подвеске без учета переключивания за-

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_n}{m_{np}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_n}{m_n \left(\frac{b}{c}\right) + \frac{I_c}{c^2} + \frac{I_p(1+u)^2}{c^2}}}, \quad (2)$$

где  $k_n$  – жесткость подвески;  $u$  – передаточное число;  $I_c$  – момент инерции статора ТЭД;  $I_p$  – момент инерции ротора ТЭД. Поскольку в данном случае расчет не требует точности, принимаем значение  $I_p=9,56$  кг·м<sup>2</sup> (для ТЭД ДТА-350Т тепловоза 2ТЭ25А), а значение  $I_c$  приближенно принимаем пропорциональным массе ТЭД и квадрату его габарита:

$$I_{c2} = I_{c1} \frac{m_{д2} h_2^2}{m_{д1} h_1^2}, \quad (3)$$

где  $I_{c1}=410$  кгм<sup>2</sup> – момент инерции статора, сравниваемого ТЭД (ЭД118);  $m_{д1}=3100$  кг – масса сравниваемого ТЭД;  $h_1=0,39$  м – расстояние от оси вала ротора до задней стенки корпуса, принимаемое за габарит сравниваемого ТЭД; для обоих асинхронных ТЭД приближенно принято  $h_2=0,35$  м. Отсюда для ТЭД ДТА-200Т  $I_{c2}=239$  кгм<sup>2</sup>, для ТЭД-430-6КУХЛ1  $I_{c2}=250$  кгм<sup>2</sup>.

Подставив в (3) и (2) указанные выше значения, получим, что частота колеба-

ний были установлены жесткие зубчатые колеса, как и на тепловозе 2ТЭ35А. Таким образом, ударная нагрузка в подвеске тепловоза 2ТЭ35А при проезде неровностей пути также может превышать статическую при трогании с места, при этом максимальные величины нагрузки могут отличаться, в связи с меньшей продольной жесткостью подвески 2ТЭ35А по сравнению с двухшарнирной, жесткость которой должна составлять порядка 45 кН/мм, исходя из радиальной жесткости каждого из шарниров, примененных в подвеске, равной 92 кН/мм [12].

Поскольку тепловоз 2ТЭ35А предполагается эксплуатировать в тех же условиях, что и 2ТЭ25А, для него также целесообразно проведение исследований усилий, действующих в подвеске.

зоров в зубчатой передаче можно определить по формуле:

ний ТЭД на подвеске для тепловоза ТЭМ23 получается равной 16,6 Гц, а для 2ТЭ35А – 15 Гц. Согласно [10], для тепловоза 2ТЭ25А при движении по участкам пути, относящимся к Восточному полигону, частота колебаний неподрессоренных масс составляла 33...37 Гц. Таким образом, частота колебаний ТЭД на подвеске более чем в 2 раза ниже частоты колебаний неподрессоренных масс на упругом основании пути, в отличие от тепловоза 2ТЭ25А, для которого частота колебаний ТЭД на подвеске оказалась равной 28,5...30 Гц [10].

Полученные данные частот собственных колебаний ТЭД на подвеске являются приближенными и не учитывают ряда факторов (нелинейность жесткостной характеристики, перекадка зазоров в зубчатом зацеплении), однако они позволяют сделать предварительный вывод, что частота возмущений от волнообразного изгиба пути, достигающих максимума на ча-

стоте 33...37 Гц, находится вне резонансной зоны колебаний ТЭД на упругой связи подвески. При этом более высокие диссипативные свойства проволочных амортизаторов не будут существенно влиять на динамические нагрузки в подвеске по сравнению с резиновыми амортизаторами.

Уменьшить динамические нагрузки в подвеске при прохождении стыковых неровностей возможно за счет снижения жесткости подвески примерно в 2...4 раза, так, чтобы частота колебаний ТЭД на подвеске не была ниже 8 Гц, т.е. не приближалась к частоте свободных колебаний буксовой ступени рессорного подвешивания. Для подвески с резинометаллическими элементами это затруднено в первую очередь в связи с ограниченными габаритами подвески.

*Расположение подвески.* Согласно [13], ось колесной пары будет находиться в центре удара колесно-моторного блока, если подвеска находится от оси колесной пары на следующем расстоянии:

$$c_{\text{опт}} = b + \frac{I_c + I_p i(i+2)}{m_d b} \quad (4)$$

### Предлагаемые решения

Для повышения нагрузочной способности подвески при уменьшении ее жесткости авторами предложена конструкция

Для тепловоза ТЭМ23  $c_{\text{опт}}=0,95$  м; для 2ТЭ35А  $c_{\text{опт}}=1,05$  м, т.е.  $c_{\text{опт}} \approx c$ . Таким образом, расположение подвески в первом приближении можно считать близким к оптимальному с точки зрения минимизации динамического момента в приводе при ударе во время прохождения стыковой неровности. Это дает основание полагать, что применение амортизаторов из материала МР по сравнению с резинометаллическими не позволяет снизить величину динамических моментов в тяговой передаче.

Таким образом, основным преимуществом амортизаторов из материала МР является более длительный срок службы и принципиальная возможность дальнейшего повышения нагрузочной способности, что, в частности, указывается в [14]. При этом амортизаторы из материала МР, ввиду пористости последнего, при использовании в конструкции экипажной части необходимо защищать от внешних воздействий.

Перейдем к рассмотрению возможностей устранения недостатков обоих видов амортизаторов.

подвески с двумя параллельно работающими подвесками (рис. 3).

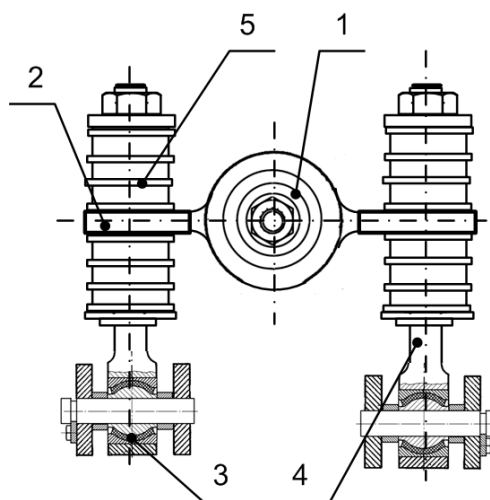


Рис. 3. Упругая подвеска ТЭД  
 1 – центральный шарнир; 2 – траверса; 3 – сферический шарнир;  
 4 – тяга; 5 – резинометаллический элемент  
 Fig. 3. TED elastic suspension  
 1- central hinge; 2 - crossbeam; 3 - spherical hinge; 4 - push-pull rod;  
 5 - rubber-metallic element

Подвеска не содержит трущихся деталей, помимо резинометаллических амортизаторов в ней применены сферические резинометаллические шарниры. При этом выкатка ТЭД не требует демонтажа плоских амортизаторов, а может быть осуществлена путем освобождения на смотровой канаве фиксирующих планок и выбивки осей шарниров, направленных поперек пути. На конструкцию данной подвески авторами получен патент на полезную модель [14].

Проблема пористости амортизаторов из материала МР и необходимости защиты их от внешних воздействий может быть решена путем использования кольцевого амортизатора, свитого из прутка пружин-

ной стали (рис. 4). В случае смерзания влаги в этом случае образовавшаяся наледь будет при деформации амортизатора разрушена спиралью, витки которой имеют поперечное сечение на порядок больше, чем у материала МР, аналогично тому, как происходит разрушение наледи на листовых рессорах экипажной части локомотивов. Для снижения концентрации напряжений в витках кольцевого упругого элемента в местах заделки их во втулки, втулки соединены с корпусом ТЭД и рамой тележки через тонкослойные резинометаллические элементы.

На предложенную конструкцию подвески с кольцевым упругим элементом получен патент на полезную модель [15].

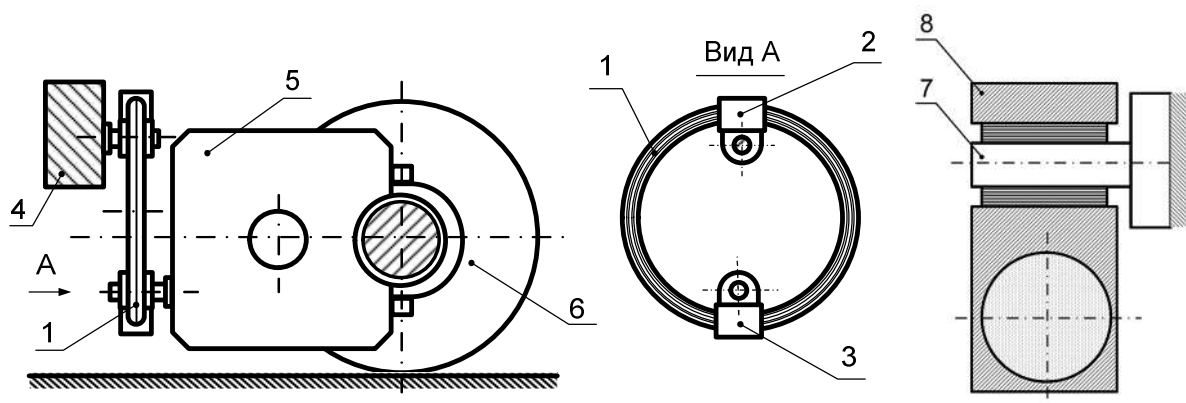


Рис. 4. Подвеска ТЭД с кольцевым упругим элементом

1 - упругий элемент; 2,3 - замки; 4 - рама тележки; 5 - корпус ТЭД; 6 - колесная пара; 7 - ось; 8 - втулка

Fig. 4. TED suspension with ring elastic element

1 - elastic element; 2,3 - locks; 4 - trolley frame; 5 - TED housing; 6 - wheelset; 7 - axis; 8 - bushing

## Выводы

1. Применение в конструкциях новых тепловозов асинхронных ТЭД с жесткой зубчатой передачей приводит к необходимости использования подвесок ТЭД с плоскими амортизаторами, что создает проблему рационального выбора материала и конструкции амортизаторов.

2. С точки зрения технологических особенностей резинометаллические амортизаторы могут быть изготовлены в условиях крупного машиностроительного предприятия и при этом могут обеспечивать срок службы до капитального ремонта. Металлические амортизаторы из материала МР требуют специализированно производства, но при этом имеют заявлен-

ный изготовителем более длительный срок службы (20 лет).

3. Резинометаллические амортизаторы при правильном выборе материала не требуют дополнительной защиты при размещении их на экипажной части. Металлические амортизаторы ввиду пористости материала МР, в этом случае требуют защиты от попадания влаги, пыли и грязи.

4. Амортизаторы из материала МР в конструкции подвески ТЭД не имеют решающих преимуществ перед резинометаллическими в отношении возможности снижения динамических нагрузок в деталях и узлах экипажной части, ввиду ударного характера нагрузок при прохождении стыковых неровностей пути и отсутствии

резонансных явлений при движении локомотива. При этом амортизаторы из материала МР в перспективе имеют резервы дальнейшего повышения нагрузочной способности.

5. Авторами предложены новые технические решения подвески ТЭД с двумя

параллельно работающими комплектами резинометаллических амортизаторов и с кольцевым металлическим упругим элементом. На предложенные решения получены два патента на полезные модели.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог / И. В. Бирюков, А. И. Беляев, Е. К. Рыбников. - Москва : Транспорт, 1986. 256 с.
2. Алексеева М.С. Анализ работы тепловозов серии 2ТЭ25А «Витязь» на Дальневосточной железной дороге / М.С. Алексеева // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. LVIII междунар. науч.-практ. конф. № 5(53). Часть II. – Новосибирск: СибАК, 2016. С. 61-66.
3. Соколов Ю.Н. Повышение надежности узлов тягового привода пассажирских электровозов ЭП1М и ЭП10 / Ю.Н. Соколов, А.С. Пономарев, В.Е. Дегтярев // Локомотив-информ. 2010. № 6. С. 4-11.
4. Некоторые вопросы проектирования и производства виброизоляторов из проволочного материала / Г. В. Лазуткин, Ф. В. Паровай, А. А. Тройников // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, №3(27), 2011. С. 284–290.
5. Разработка виброизоляторов из МР для снижения вибрации и шума в газотурбовозе и их эквивалентные испытания / А. И. Ермаков, Г. В. Лазуткин, Ф. В. Паровай, А. А. Тройников // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, №3(34), 2012. С. 179-184.
6. Расчет втулочных фильтрующих элементов из материала МР / А. М. Жижкин, Г. В. Лазуткин, Т. В. Волкова // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета №5(47), часть 4, 2014. С. 166 –174.
7. Поиск новых путей повышения надежности узла подвески тяговых электродвигателей / А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, О.В. Измеров, М.Ю. Капустин, Д.Н.Шевченко. Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 6 (78). С. 19-26.
8. Потураев В.Н. Резиновые и резинометаллические детали машин / В.Н. Потураев. М., Машиностроение, 1966. 299 с.

9. Характеристики материала «МР» при кратковременном значительном нагружении / А.М. Уланов, Ю.К. Пономарев, Ф.В. Паровай // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета № 3, 2008. С. 130-134.
10. Отчет о научно-исследовательской работе И-25-15. Результаты динамико-прочностных испытаний грузового магистрального тепловоза 2ТЭ25А в условиях БАМ. Часть 1. Коломна, ОАО «ВНИКТИ», 2015 г.
11. Михайлов Г.И. Повышение надежности и несущей способности зубчатых тяговых передач: монография / Г.И. Михайлов. Казань: Алгоритм+, 2023. 560 с.
12. Электровоз 2ЭС4К. Расчет прочности амортизаторов подвески тягового электродвигателя ЭДП810 2ЭС4К.31.400.000 РР, 5 стр.
13. Бирюков И.В. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог / И.В. Бирюков, А.И. Беляев А.И., Е.К. Рыбников - М., Транспорт, 1986. 256 с.
14. Динамические свойства виброизоляторов с разгрузочными и противоударными устройствами пружинного и комбинированного типа [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.02.06 / А. Л. Рябков. Курск, 2010. 19 с
15. Патент РФ на полезную модель № 213277. СПК В60L 15/00; В60L 9/00. Узел подвешивания тягового электродвигателя. / Космодамианский А.С., Измеров О.В., Воробьев В.И., Корчагин В.О., Пугачев А.А., Капустин М.Ю., Сомотканов А.В., Шевченко Д.Н., Николаев Е.В., Карпов А.Е. Оpubл. 05.09.2022, бюл. №25.
16. Патент на полезную модель № 147194, Российская Федерация, МПК В61С 9/38, Устройство для крепления тягового электродвигателя локомотива к раме тележки [Текст] / Воробьев В.И., Космодамианский А.С., Измеров О.В., Пугачев А.А., Сомотканов А.В. Оpubл. 27.10.2014, бюл. № 30.

## REFERENCES

1. Biryukov IV, Belyaev AI, Rybnikov EK. Traction transmission of electric rolling stock. Moscow: Transport; 1986.
2. Alekseeva MS. Analysis of the operation of diesel locomotives of 2TE25A Vityaz series on the Far Eastern Railway. Collection of Papers of LVIII International Scientific and Practical Conference:

Technical Sciences; Novosibirsk: SibAK; 2016. p. 61-66.

3. Sokolov YuN, Ponomarev AS, Degtyarev VE. Improving the reliability of traction drive units for passenger electric locomotives EP1M and EP10. Locomotive-inform. 2010;6:4-11.
4. Lazutkin GV, Parovai FV, Lazutkin GV, Parovai

- FV Some issues of designing and manufacturing vibration isolators made of wire material. VESTNIK of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering. 2011;3(27):284-290.
5. Ermakov AI, Lazutkin GV, Parovai FV, Lazutkin GV, Parovai FV. Development of vibration isolators from MP to reduce vibration and noise in a gas turbine locomotive and their equivalent tests. VESTNIK of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering. 2012;3(34):179-184.
  6. Zhizhkin AM, Lazutkin GV, Volkova TV. Calculation of sleeve filter elements from MR material. VESTNIK of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering. 2014;5(47):166-174.
  7. Kosmodamiansky AS, Vorobyov VI, Izmerov OV, Kapustin MYu, Shevchenko DN. Search for new ways to improve the reliability of the traction motor suspension unit. Vestnik Transporta Povolzhya. 2019;6(78):19-26.
  8. Poturaev VN. Rubber and rubber-metal machine parts. Moscow: Mashinostroenie; 1966.
  9. Ulanov AM, Ponomarev YuK, Parovai FV. Characteristics of MR material under short-term significant loading. VESTNIK of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering. 2008;3:130-134.
  10. Research report I-25-15. Results of dynamic

strength tests of the freight mainline diesel locomotive 2TE25A in the conditions of BAM. Kolomna; VNIKTI; 2015.

11. Mikhailov GI. Improving the reliability and bearing capacity of gear traction gears: monograph. Kazan: Algorithm+; 2023.
12. Electric locomotive 2ES4K. Calculation of the strength of shock absorber suspension of traction electric motor EDP810 2ES4K. 31.400.000 PP.
13. Biryukov IV, Belyaev AI, Rybnikov EK. Traction transmission of electric rolling stock. Moscow: Transport; 1986.
14. Ryabkov AL. Dynamic properties of vibration isolators with spring-loaded and combined shock-resistant devices [abstract of dissertation]. [Kursk (RF)]; 2010.
15. Kosmodamiansky AS, Izmerov OV, Vorobyov VI, Korchagin VO, Pugachev AA, Kapustin MYu, Samotkanov AV, Shevchenko DN, Nikolaev EV, Karpov AE. Suspension unit of the traction electric motor. RF Patent for utility model No. 213277. SEC B60L 15/00; B60L 9/00. 05 Sept 2022.
16. Vorobyov VI, Kosmodamiansky AS, Izmerov OV, Pugachev AA, Samotkanov AV. Device for attaching traction electric motor of a locomotive to a bogie frame. RF Utility Patent No. 147194 МПК B61C 9/38. 27 Oct 2014.

#### Информация об авторах:

**Воробьев Владимир Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Высокотехнологичное транспортное машиностроение» Брянского государственного технического университета.

**Пугачев Александр Анатольевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Высокотехнологичное транспортное машиностроение» Брянского

государственного технического университета.

**Измеров Олег Васильевич** – кандидат технических наук.

**Фатеев Андрей Анатольевич** – соискатель кафедры «Тяговый подвижной состав» Российского университета транспорта.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья опубликована в режиме Open Access.**

**Article published in Open Access mode.**

Статья поступила в редакцию 15.02.2026; одобрена после рецензирования 06.05.2026; принята к публикации 27.05.2026. Рецензент – Антипин Д.Я., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», проректор по научной работе Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 15.02.2026; approved after review on 06.05.2026; accepted for publication on 27.05.2026. The reviewer is Antipin D.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Rolling Stock, Vice-Rector for Scientific Work at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.