

УДК 629.4.027.3

## **Анализ применения гидравлических гасителей колебаний в конструкциях рессорного подвешивания подвижного состава железнодорожного транспорта**

**С. В. Трескин<sup>1</sup>, Е. Ю. Дульский<sup>1</sup>, В. А. Кручек<sup>2</sup>, П. Ю. Иванов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, Россия, 664074, Иркутск, ул. Чернышевского, 15

<sup>2</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

*Для цитирования:* Трескин С. В., Дульский Е. Ю., Кручек В. А., Иванов П. Ю. Анализ применения гидравлических гасителей колебаний в конструкциях рессорного подвешивания подвижного состава железнодорожного транспорта // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. СПб: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 3. С. 598–608. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-598-608

### **Аннотация**

**Цель:** рассмотрение вопроса применения гидравлических гасителей колебаний в рессорном подвешивании различных видов подвижного состава железнодорожного транспорта. В статье проведен обзор схем расположения гидравлических гасителей колебаний в рессорном подвешивании подвижного состава, приведены их достоинства и недостатки. **Методы:** обзор и анализ конструкций рессорного подвешивания различных типов тягового и нетягового подвижного состава, находящихся в эксплуатации, а также запатентованных конструкций. Анализ схем расположения гидравлических гасителей колебаний в рессорном подвешивании подвижного состава. **Результаты:** основной причиной применения гидравлических гасителей в рессорном подвешивании является неспособность цилиндрических пружин минимизировать влияние колебательных движений подвижного состава, возникающих при его движении. Обоснована необходимость применения гидравлических гасителей колебаний в конструкциях различных видов подвижного состава. Рассмотрены схемы расположения гидравлических гасителей колебаний. Приведены примеры использования гидрогасителей в рессорном подвешивании различных видов подвижного состава. **Практическая значимость:** показана необходимость применения гидравлических гасителей колебаний не только в конструкциях ходовой части пассажирских вагонов и локомотивов, но и в рессорном подвешивании грузовых вагонов. Применение гидравлических гасителей колебаний позволяет минимизировать негативное влияние колебательных движений как на конструкцию подвижного состава, так и на состояние здоровья пассажиров и локомотивных бригад, а также повысить комфорт их пребывания. Использование же гидрогасителей в рессорном подвешивании грузового подвижного состава может позволить повысить скорость его движения путем повышения ходовых качеств грузовых вагонов и степени сохранности перевозимых грузов.

**Ключевые слова:** подвижной состав, локомотив, электровоз, тепловоз, пассажирский вагон, фитинговая платформа, рессорное подвешивание, колебательное движение, гидравлический гаситель, гидродемпфер

## Введение

Гидравлические гасители колебаний появились в конструкции рессорного подвешивания подвижного состава в 50-х годах прошлого века. Принцип их работы заключается в гашении колебаний с помощью силы вязкого трения, образующейся при прохождении рабочей жидкости через калиброванные отверстия [1].

Огромный вклад в разработку этих устройств внесли ученые ЛИИЖТ (нынешний ПГУПС): Челноков И.И., Левит Г.М., Варава В.И., Соколов М.М., Бороненко Ю.П. и многие другие. Существенный вклад внесли и представители других научных организаций.

Первоначально гидрогасители нашли свое применение в рессорном подвешивании тележек пассажирских вагонов. Необходимость применения указанных устройств была вызвана стремлением повысить скорость движения и обеспечить комфортную плавность хода. Применяемые на том этапе развития механической части подвижного состава в рессорном подвешивании цилиндрические пружины сжатия и листовые рессоры не отвечали новым требованиям в достаточной мере.

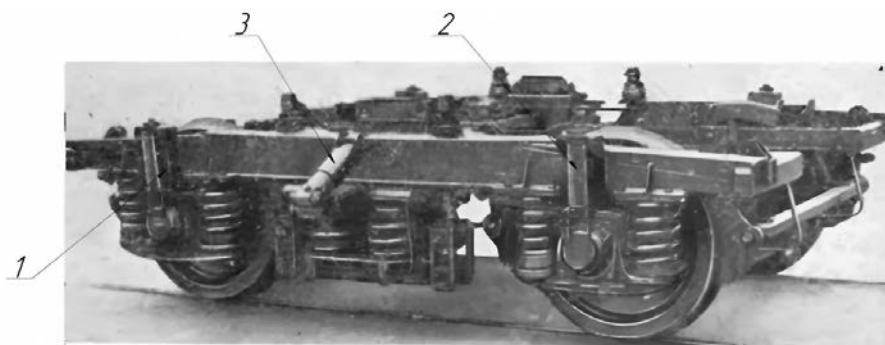
В результате в 1956 году Калининским вагоностроительным заводом была выпущена тележка, оснащенная гидравлическими гасителями колебаний как в буксовой, так и в центральной ступени подвешивания [2]. На рис. 1 представлен общий вид данной тележки.

Проведенные испытания данной тележки показали улучшение ходовых качеств по сравнению с конструкциями предыдущих тележек, например ЦМВ. Однако в ходе испытаний произошел отказ от гидрогасителей в буксовой ступени подвешивания в пользу фрикционных. Итогом проведенных работ стало появление тележки КВЗ-5, конструкция которой стала основой для тележек КВЗ (ТВЗ)-ЦНИИ различных модификаций.

В дальнейшем гидравлические гасители нашли применение в рессорном подвешивании локомотивов, вагонов метрополитена и трамвайных вагонов.

## Схемы установки в рессорном подвешивании подвижного состава гидравлических гасителей колебаний

На сегодняшний день известны две системы расположения гидравлических гасителей

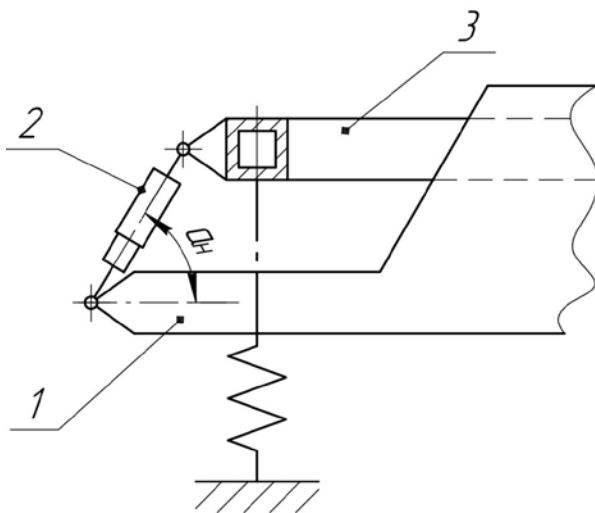


**Рис. 1.** Одна из первых тележек пассажирских вагонов, оснащенных гидравлическими гасителями колебаний: 1, 2 — гидравлические гасители колебаний в буксовой ступени подвешивания; 3 — гидравлический гаситель колебаний в центральной ступени подвешивания.

Источник: [2]

колебаний в рессорном подвешивании подвижного состава: совместного и раздельного гашения колебаний. В обоих случаях происходит главным образом гашение колебаний кузова единицы подвижного состава.

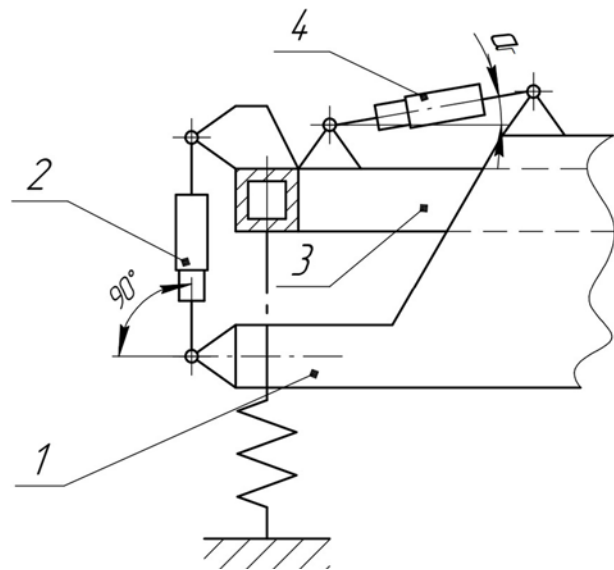
Суть системы совместного гашения колебаний заключается в установке гидrogасителей под определенным углом. Гидrogасители в условиях совместного гашения колебаний минимизируют влияние как вертикальных, так и горизонтальных колебаний. В системе совместного гашения угол наклона гидrogасителя может варьироваться от  $45^\circ$  до  $55^\circ$ . Однако данная схема нашла свое применение лишь в рессорном подвешивании подвижного состава, обращающимся со скоростями до  $160$  км/ч. Этой схеме расположения также присущ недостаток, который заключается в повышенном износе элементов гидrogасителя, приводящем к нарушению уплотнений и течи рабочей жидкости. Схема данной системы представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема системы совместного гашения колебаний: 1 — надрессорная балка; 2 — гидравлический гаситель колебаний; 3 — рама тележки подвижного состава;  $\alpha_n$  — угол установки гидrogасителя.

Источник: [3]

Для более скоростного подвижного состава применяется схема раздельного гашения колебаний, суть которой заключается в использовании гидrogасителей для гашения колебаний только одного вида. Происходит разделение гидродемпферов для гашения только вертикальных или горизонтальных колебаний. Преимуществом данной системы гашения колебаний является возможность обеспечения более высокого уровня плавности хода при движении со скоростями более  $160$  км/ч. Однако в последнее время данная схема применяется и в рессорном подвешивании менее скоростного подвижного состава, например, трамвайных вагонов, вагонов метрополитена. Схема системы раздельного гашения колебаний показана на рис. 3.



**Рис. 3.** Схема системы раздельного гашения колебаний: 1 — надрессорная балка; 2 — вертикальный гидравлический гаситель колебаний; 3 — рама тележки подвижного состава; 4 — горизонтальный гидравлический гаситель колебаний;  $\alpha_g$  — угол установки горизонтального гидrogасителя.

Источник: [3]

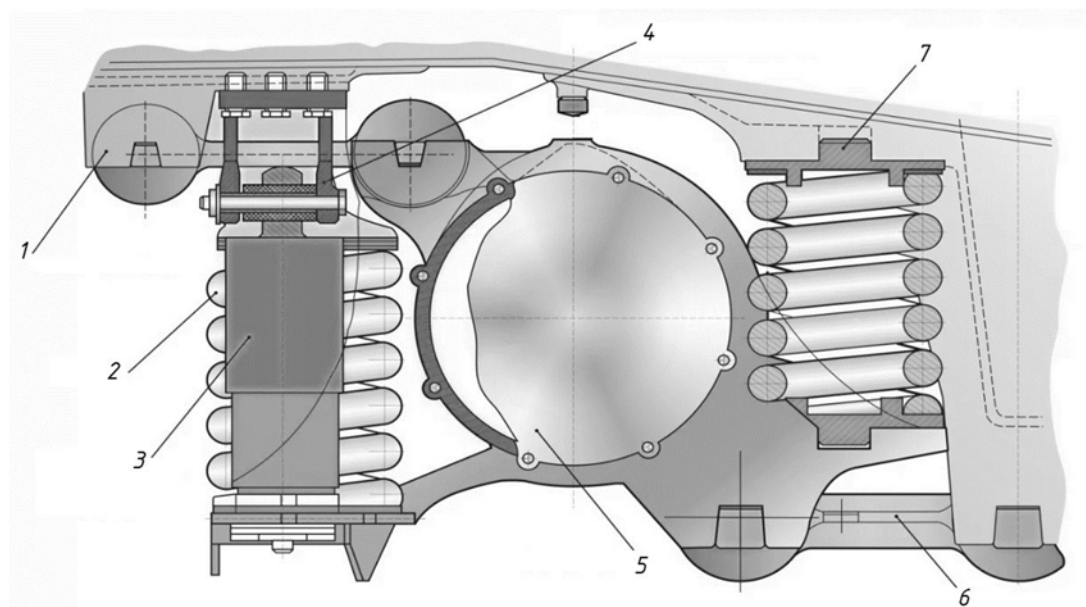
### Гидравлические гасители колебаний в рессорном подвешивании локомотивов

В рессорном подвешивании тягового подвижного состава используются телескопические гидравлические гасители колебаний одностороннего или двухстороннего действия. Конструктивное отличие между этими видами гидrogасителей заключается в том, что гидrogаситель одностороннего действия воспринимает нагрузки только на ходе сжатия, а гидrogаситель двухстороннего действия — на ходе сжатия и растяжения.

В [3] описывается, что в ходе эксплуатации гидrogасители одностороннего действия обладают более высоким уровнем надежности. В ходе испытаний гидrogасителей этого типа было обнаружено, что произошло снижение количества неисправностей резьбового соединения верхней проушины и штока. Но при равных усло-

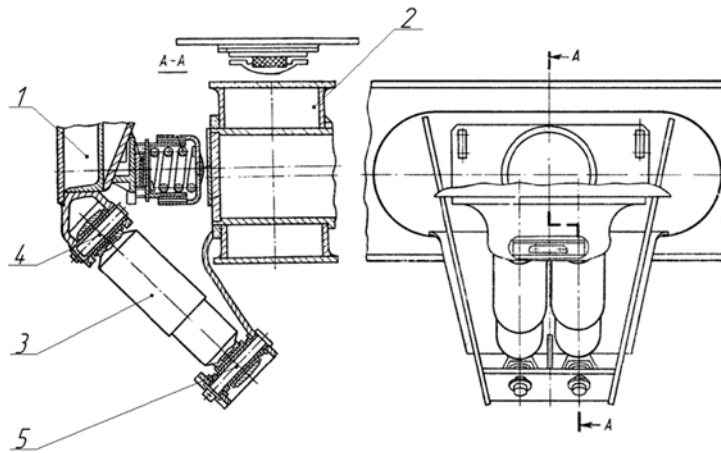
виях эксплуатации оба типа гидrogасителей обеспечивают одинаковый уровень плавности хода. В рессорном подвешивании локомотивов гидrogасители могут быть установлены как в буксовой ступени подвешивания, так и в центральной (люлечной) ступени [4]. На рис. 4 показан пример использования гидrogасителей в первой ступени рессорного подвешивания локомотивов, а на рис. 5 — во второй ступени подвешивания.

Важной проблемой, которую можно решить путем применения гидrogасителей в рессорном подвешивании локомотивов, является снижение уровня вибрации, которому подвергаются локомотивные бригады в ходе движения поезда. Так, в [5] указывается, что постоянное превышение норм вибрации в кабине локомотива может привести к повышенной утомляемости машинистов. Данное явление может привести к увеличению ошибок в управлении локомотивом, что снижает безопасность движения.



**Рис. 4.** Буксовая ступень подвешивания электровозов семейства ЭП1, Э5К, 2(3)ЭС5К «Ермак»:

- 1 — кронштейн рамы; 2 — цилиндрическая пружина сжатия;  
 3 — телескопический гидrogаситель; 4 — кронштейн крепления гидrogасителя;  
 5 — корпус буксы; 6 — поводок, 7 — упорная шайба



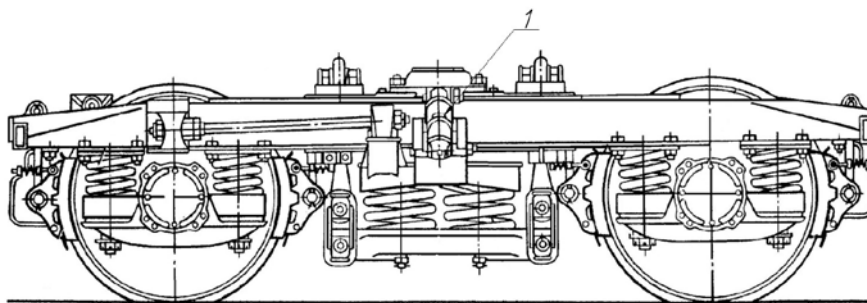
**Рис. 5.** Установка гидrogасителей во второй ступени подвешивания грузового электровоза ВЛ11: 1 — кузов электровоза; 2 — рама тележки; 3 — гидrogаситель; 4, 5 — места крепления гидrogасителей. Источник: Чиракадзе Г. И., Кикнадзе О. А. Электровоз ВЛ11. Руководство по эксплуатации. М.: Транспорт, 1983. 464 с.

### Гидравлические гасители колебаний в рессорном подвешивании нетягового подвижного состава

Среди нетягового подвижного состава гидравлические гасители колебаний получили наибольшее распространение в конструкциях тележек пассажирских вагонов. В конструкции пассажирских вагонов важную роль играет такой показатель, как плавность хода. Оценка данного показателя происходит исходя из условий влияния колебательных движений вагона (амплитуда и частота колебаний) на организм человека. Однако различные частоты оказывают различное влия-

ние на пассажиров в салоне вагона. В [6] указывается, что особенно неблагоприятной для организма человека является величина частот колебаний, находящихся в пределах от 4 до 6 Гц. Поэтому применение гидравлических гасителей колебаний в рессорном подвешивании пассажирских вагонов является особенно важным.

В тележках пассажирских вагонов моделей КВЗ-ЦНИИ (1-й и 2-й вариант), а также ее модернизированного варианта ТВЗ-ЦНИИ-М (рис. 6) гидrogасители применяются в центральной (люлочной) ступени рессорного подвешивания.



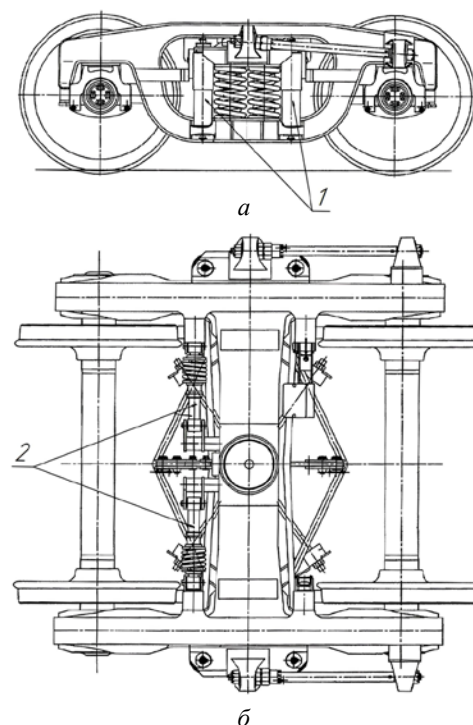
**Рис. 6.** Тележка пассажирского вагона модели ТВЗ-ЦНИИ-М: 1 — место установки гидrogасителя в люлочном подвешивании

Также в безлюлечных тележках пассажирских вагонов производства ОАО «ТВЗ» моделей 68-4075, 68-4076 гидрогасители устанавливаются в обеих ступенях рессорного подвешивания, так как эти модели тележек могут эксплуатироваться с конструкционной скоростью до 200 км/ч. При движении единицы подвижного состава с подобными скоростями неровности пути оказывают значительное влияние на уровень колебаний ее конструкции.

Гидравлические гасители колебаний постепенно находят свое применение в конструкции тележек грузовых вагонов. Трехэлементные тележки грузовых вагонов с фрикционными гасителями колебаний на сегодняшний день не в полной мере отвечают новым требованиям, например, для осуществления грузовых перевозок со скоростями до 140 км/ч. На данный момент времени максимальная скорость движения грузовых поездов ограничена 90 км/ч [7]. Причинами этого ограничения являются низкие ходовые параметры эксплуатируемых грузовых вагонов, особенно при высокой скорости движения и в порожнем состоянии, а также несовершенство тормозных систем. Существует необходимость повышения конкурентоспособности грузовых железнодорожных перевозок [8].

Проанализировав некоторые научные работы, можно сделать вывод о том, что существует направление совершенствования рессорного подвешивания стандартных трехэлементных тележек путем применения гидравлических гасителей колебаний. Применение гидрогасителей вместо фрикционных гасителей позволит избавиться от некоторых перечисленных выше недостатков, прежде всего относящихся к гасителям сухого трения.

Так, в [9] представлена конструкция платформы, ходовая часть которой представлена двумя трехэлементными тележками. Конструкция данной тележки представлена на рис. 7.



**Рис. 7.** Трехэлементная тележка железнодорожной платформы: *а* — вид сбоку; 1 — вертикальные гидрогасители; *б* — вид сверху; 2 — горизонтальные гидрогасители.

Источник: [9]

Гашение колебаний обеспечивается гидравлическими гасителями колебаний в рессорном подвешивании данной тележки и происходит отдельно в вертикальном и горизонтальном направлениях. Благодаря этому происходит минимизация воздействия динамических усилий на конструкцию вагона и груз, перевозимый им.

Известны и другие подобные конструкции трехэлементных тележек [10–11].

Применение в рессорном подвешивании гидравлических гасителей колебаний позволит обеспечить процесс гашения колебаний при скоростях движения до 140 км/ч. Обеспечение скоростных грузовых железнодорожных перевозок на сегодняшний день является одним из актуальных направлений развития железнодорожного транспорта в России [12].

Для решения данной задачи предлагаются различные конструкции скоростных фитинговых платформ и тележек, предназначенных для них и разработанных по типу тележек для пассажирских вагонов. На сегодняшний день известно несколько типов скоростных фитинговых платформ, в рессорном подвешивании которых применяются гидравлические гасители колебаний. Так, в серийное производство поступила платформа модели 13-6704 (рис. 8) [13].



**Рис. 8.** Фитинговая платформа модели 13-6704.  
Источник: [13]

Данная платформа была спроектирована в ВНИКТИ (Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава). В качестве ходовой части применяются две трехосные тележки модели 18-6731. В буксовой ступени рессорного подвешивания каждой тележки применяются гидравлические гасители колебаний в количестве шести штук.

Другим представителем скоростных фитинговых платформ является платформа ООО «Комплексные скоростные технологии» модели 13-6954 с тележками 19-6980.

Максимальная скорость разработанной платформы может составлять до 160 км/ч. Тележки, применяемые в конструкции данной фитинговой платформы, являются аналогами тележек немоторных вагонов электропоездов ЭД4 и ЭД9. В центральной ступени подвешивания данных

тележек используются гидравлические гасители колебаний.

Предлагаются и другие конструкции тележек для скоростных грузовых вагонов. Так, в [14] предложена конструкция тележки скоростного грузового вагона модели 18-6981. Ее прототипом послужила тележка для пассажирского вагона. Конструктивной особенностью данной тележки стало применение гидрогасителей в буксовой ступени рессорного подвешивания.

Активные работы, направленные на внедрение в эксплуатацию скоростного грузового подвижного состава, обусловлены прежде всего ускорением времени доставки высокодоходных грузов. Для обеспечения необходимого уровня плавности хода, а также минимизации вибрационных и ударных нагрузок необходимо применение гидравлических гасителей колебаний в рессорном подвешивании рассматриваемых моделей платформ. Применение данных устройств является одним из необходимых условий обеспечения сохранности перевозимых грузов.

Следует отметить, что гидравлические гасители колебаний широко представлены в рессорном подвешивании таких видов рельсового транспорта, как подвижной состав метрополитена и трамвайные вагоны [15].

В тележках указанных видов рельсового транспорта гидравлические гасители колебаний также применяются в различных ступенях рессорного подвешивания. Например, в [16] предлагается конструкция двухосной тележки вагона метрополитена, в рессорном подвешивании которой размещается система гидравлических гасителей колебаний.

Применение системы гидравлических гасителей колебаний обусловлено необходимостью устранения или минимизации амплитуды вертикальных и горизонтальных колебаний вагона метро.

Известны и другие подобные конструкции тележек трамваев и вагонов метро [17–18].



## Заключение

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что гидравлические гасители колебаний, их правильный выбор и стабильное функционирование во многом влияют на технические характеристики подвижного состава и тем самым на ходовые качества подвижного состава и в целом на безопасность движения. Применение рессорного подвешивания без гидrogасителей приведет к тому, что единица подвижного состава будет совершать долго незатухающие колебательные движения. При движении вагона с критической скоростью гидравлический гаситель колебаний обеспечивает силу сопротивления для обеспечения устойчивого режима гашения колебаний при резонансном режиме. Поэтому на сегодняшний день гидравлические гасители колебаний широко применяются в рессорном подвешивании как локомотивов, так и пассажирских вагонов, а в последнее время в грузовых вагонах (фитинговых платформах).

## Библиографический список

1. Соколов М. М., Варава В. И., Левит Г. М. Гасители колебаний подвижного состава. Справочник. М.: Транспорт, 1985. 216 с.
2. Морозов И. А. Тележки пассажирских вагонов отечественного производства. М.: Машгиз, 1960. 183 с.
3. Челноков И. И. Гидравлические гасители колебаний пассажирских вагонов. М.: Транспорт, 1975. 72 с.
4. Механическая часть тягового подвижного состава / И. В. Бирюков [и др.]; под ред. И. В. Бирюкова. М.: Транспорт, 1992. 439 с.
5. Повышение уровня профессиональной подготовки машинистов и диспетчеров с учетом аспекта опережающего поведения и психологической структуры деятельности / В. Г. Козубенко [и др.] // Труды III научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». М.: МИИТ, 2002. С. 16–19.
6. Волков А. М. Физиолого-гигиеническое обоснование нормирования вибраций подвижного состава железнодорожного транспорта // Гигиена и санитария. 1961. № 2. С. 23–28 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologo-gigienicheskoe-obosnovanie-normirovaniya-vibratsiy-podvizhnogo-sostava-zheleznodorozhnogo-transporta> (дата обращения: 08.04.2024).
7. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года, утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19.03.2019 № 466-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/zcAMxApAgyO7PnJ42aXtXAga2RXSVoKu.pdf> (дата обращения: 08.04.2024).
8. Нормы допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм, утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 8.11.2016 № 2240р (ред. от 23.08.2018) [Электронный ресурс]. URL: <https://itt-54.ru/wp-content/uploads/2023/12/Нормы-скоростей-движения-подвижного-состава-по-жд-путям-колеи-15201524мм-ОАО-РЖД-№2240р-от-18.11.2016-г.pdf> (дата обращения: 09.04.2024).
9. Скоростная железнодорожная платформа на трехэлементных тележках: патент на полезную модель № 95298 U1 Рос. Федерация, МПК В61D 3/08. № 2010103724/22 / И. В. Козлов [и др.]; заявл. 04.02.2010, опубл. 27.06.2010. Заявитель: открытое акционерное общество «Российские железные дороги».
10. Тележка грузового вагона: патент на полезную модель № 155735 U1 Рос. Федерация, МПК В61F 3/08, В61F 5/02, В61F 5/50. № 2015109323/11 / Ю. П. Бороненко [и др.]; заявл. 17.03.2015, опубл. 20.10.2015. Заявитель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».



11. Ходовая железнодорожная тележка: патент на полезную модель № 29018 U1 Рос. Федерация, МПК В61F 3/02, В61F 5/10. № 2003100908/20 / А. П. Зыков [и др.]; заявл. 20.01.2003, опубл. 27.04.2003. Заявитель: ЗАО «Техиндустрия СКР».

12. Умные опции для скоростной инновационной платформы / Ю. П. Бороненко [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2021. № 3. С. 44–49.

13. Холдинг «СТМ» презентовал опытный образец скоростной фитинговой платформы // Вагоны и вагонное хозяйство. 2021. № 3 (67). С. 36–37.

14. К вопросу выбора вертикальных и горизонтальных связей в тележке для грузовых вагонов скоростных поездов / Г. И. Гаджиметов [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2020. Т. 79, № 6. С. 351–359.

15. Пономарев А. А., Иеропольский Б. К. Подвижной состав и сооружения городского электротранспорта: учеб. для техникумов городского электротранспорта. М.: Транспорт. 1986. 274 с.

16. Двухосная тележка вагона метрополитена: патент № 2508934 С1 Рос. Федерация, МПК В01F 3/04. № 2012134680/11 / А. А. Андреев [и др.]; заявл. 14.08.2012, опубл. 10.03.2014. Заявитель: открытое акционерное общество «Метровагонмаш».

17. Моторная тележка железнодорожного транспортного средства: патент № 2558420 С1 Рос. Федерация, МПК В61F 3/04, В61С 9/50, В61F 5/14. № 2014110259/11 / А. Ю. Колесин [и др.]; заявл. 19.03.2014, опубл. 10.08.2015. Заявитель: открытое акционерное общество «Метровагонмаш».

18. Трамвайная тележка для вагонов с пониженным уровнем пола: патент на полезную модель № 220051 U1 Рос. Федерация, МПК В61F 3/04, В61С 9/50, В61Н 7/08. № 2023105948 / К. С. Караев; заявл. 14.03.2023, опубл. 22.08.2023. Заявитель: акционерное общество «Усть-Катавский вагоностроительный завод».

Дата поступления: 26.05.2024

Решение о публикации: 16.07.2024

#### Контактная информация:

ТРЕСКИН Сергей Викторович — аспирант;

sergei.tresckin@yandex.ru

ДУЛЬСКИЙ Евгений Юрьевич — докт. техн. наук,

доцент; e.dulskiy@mail.ru

КРУЧЕК Виктор Александрович — докт. техн.

наук, профессор; victor.kruchek@yandex.ru

ИВАНОВ Павел Юрьевич — канд. техн. наук, до-

цент; savl.ivanov@mail.ru

## Analysis of the use of hydraulic vibration dampers in spring suspension structures of railway rolling stock

S. V. Treskin<sup>1</sup>, E. Yu. Dul'skij<sup>1</sup>, V. A. Kruchek<sup>2</sup>, P. Yu. Ivanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

<sup>2</sup> Irkutsk State University Transport, 15, Chernyshevsky str., Irkutsk, 664074, Russia

**For citation:** Treskin S. V., Dul'skij E. Yu., Kruchek V. A., Ivanov P. Yu. Analysis of the use of hydraulic vibration dampers in spring suspension structures of railway rolling stock // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 3. P. 598–608. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-598-608

## Abstract

**Purpose:** consideration of the issue of the use of hydraulic vibration dampers in spring suspension of various types of railway rolling stock. The article provides an overview of the layout of hydraulic vibration dampers in the spring suspension of rolling stock, their advantages and disadvantages are given. **Methods:** review and analysis of spring suspension designs of various types of traction and non-traction rolling stock in operation, as well as patented designs. Analysis of the arrangement schemes of hydraulic vibration dampers in the spring suspension of rolling stock. **Results:** the main reason for the use of hydraulic dampers in spring suspension is the inability of cylindrical springs to minimize the influence of oscillatory movements of rolling stock that occur during its movement. The necessity of using hydraulic vibration dampers in structures of various types of rolling stock is substantiated. The arrangement schemes of hydraulic vibration dampers are considered. Examples of the use of hydraulic dampers in spring suspension of various types of rolling stock are given. **Practical significance:** the necessity of using hydraulic vibration dampers is shown not only in the structures of the undercarriage of passenger cars and locomotives, but also in the spring suspension of freight cars. The use of hydraulic vibration dampers makes it possible to minimize the negative impact of oscillatory movements on both the structure of the rolling stock and the health of passengers and locomotive crews, as well as to increase the comfort of their stay. The use of hydraulic dampers in the spring suspension of freight rolling stock can increase the speed of its movement by improving the running qualities of freight cars and the degree of safety of transported goods.

**Keywords:** rolling stock, locomotive, electric locomotive, diesel locomotive, passenger car, fitting platform, spring suspension, oscillating motion, hydraulic damper, hydraulic damper

## References

1. Sokolov M. M., Varava V. I., Levit G. M. Gasiteli kolebanij podvizhnogo sostava. Spravochnik. M.: Transport, 1985. 216 c. (In Russian)
2. Morozov I. A. Telezhki passazhirskih vagonov otechestvennogo proizvodstva. M.: Mashgiz, 1960. 183 c. (In Russian)
3. Chelnokov I. I. Gidravlicheskie gasiteli kolebanij passazhirskih vagonov. M.: Transport, 1975. 72 s. (In Russian)
4. Mekhanicheskaya chast' tyagovogo podvizhnogo sostava / I. V. Biryukov [i dr.]; pod red. I. V. Biryukova. M.: Transport, 1992. 439 s. (In Russian)
5. Povyshenie urovnya professional'noj podgotovki mashinistov i dispetcherov s uchetom aspekta operezhayushchego povedeniya i psihologicheskoy struktury deyatel'nosti / V. G. Kozubenko [i dr.] // Trudy III nauchno-prakticheskoy konferencii "Bezopasnost' dvizheniya poezdov". M.: MIIT, 2002. S. 16–19. (In Russian)
6. Volkov A. M. Fiziologo-gigienicheskoe obosnovanie normirovaniya vibracij podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta // Gigiena i sanitariya. 1961. № 2. S. 23–28 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologo-gigienicheskoe-obosnovanie-normirovaniya-vibratsiy-podvizhnogo-sostava-zheleznodorozhnogo-transporta> (data obrashcheniya: 08.04.2024). (In Russian)
7. Dolgosrochnaya programma razvitiya otkrytogo akcionernogo obshchestva "Rossijskie zheleznye dorogi" do 2025 goda, utv. Rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 19.03.2019 № 466-r [Elektronnyj resurs]. URL: <http://static.government.ru/media/files/zcAMxApAgyO7PnJ42aXtXAgA2RXSVoKu.pdf> (data obrashcheniya: 08.04.2024). (In Russian)
8. Normy dopuskaemyh skorostej dvizheniya podvizhnogo sostava po zheleznodorozhnym putyam kolei 1520 (1524) mm, utv. Rasporyazheniem OAO "RZHD" ot 8.11.2016 № 2240r (red. ot 23.08.2018) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://itt-54.ru/wp-content/uploads/2023/12/Normy-skorostej-dvizheniya-podvizhnogo-sostava-po-zhd-putyam-kolei-15201524mm-OAO-RZHD-№2240r-ot-18.11.2016-g.pdf> (data obrashcheniya: 09.04.2024). (In Russian)

9. Skorostnaya zhelezodorozhnaya platforma na trekhelementnyh telezhkah: patent na poleznuyu model' № 95298 U1 Ros. Federaciya, MPK B61D 3/08. № 2010103724/22 / Kozlov I. V. [i dr.]; zayavl. 04.02.2010, opubl. 27.06.2010. Zayavitel': otkrytoe akcionernoe obshchestvo "Rossijskie zheleznye dorogi". (In Russian)
10. Telezhka gruzovogo vagona: patent na poleznuyu model' № 155735 U1 Ros. Federaciya, MPK B61F 3/08, B61F 5/02, B61F 5/50. № 2015109323/11 / Yu. P. Boronenko [i dr.]; zayavl. 17.03.2015, opubl. 20.10.2015. Zayavitel': federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I". (In Russian)
11. Hodovaya zhelezodorozhnaya telezhka: patent na poleznuyu model' № 29018 U1 Ros. Federaciya, MPK B61F 3/02, B61F 5/10. № 2003100908/20 / A. P. Zykov [i dr.]; zayavl. 20.01.2003, opubl. 27.04.2003. Zayavitel': ZAO "Tekhindustriya SKR". (In Russian)
12. Umnye opcii dlya skorostnoj innovacionnoj platformy / Yu. P. Boronenko [i dr.] // Zheleznodorozhnyj transport. 2021. № 3. S. 44–49. (In Russian)
13. Holding "STM" prezentoval opytnyj obrazec skorostnoj fitingovoj platformy // Vagony i vagonnoe hozyajstvo. 2021. № 3 (67). S. 36–37. (In Russian)
14. K voprosu vybora vertikal'nyh i gorizontaľnyh svyazej v telezhke dlya gruzovyh vagonov skorostnyh poezdov / G. I. Gadzhimetov [i dr.] // Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. 2020. T. 79, № 6. S. 351–359. (In Russian)
15. Ponomarev A. A., Ieropol'skij B. K. Podvizhnoj sostav i sooruzheniya gorodskogo elektrotransporta: ucheb. dlya tekhnikumov gorodskogo elektrotransporta. M.: Transport. 1986. 274 s. (In Russian)
16. Dvuhosnaya telezhka vagona metropolitena: patent № 2508934 C1 Ros. Federaciya, MPK B01F 3/04. № 2012134680/11 // A. A. Andreev [i dr.]; zayavl. 14.08.2012, opubl. 10.03.2014. Zayavitel': otkrytoe akcionernoe obshchestvo "Metrovagonmash". (In Russian)
17. Motornaya telezhka zheleznodorozhnogo transportnogo sredstva: patent № 2558420 C1 Ros. Federaciya, MPK B61F 3/04, B61C 9/50, B61F 5/14. № 2014110259/11 / A. Yu. Kolesin [i dr.]; zayavl. 19.03.2014, opubl. 10.08.2015. Zayavitel': otkrytoe akcionernoe obshchestvo "Metrovagonmash". (In Russian)
18. Tramvajnaya telezhka dlya vagonov s ponizhennym urovnem pola: patent na poleznuyu model' № 220051 U1 Ros. Federaciya, MPK B61F 3/04, B61C 9/50, B61H 7/08. № 2023105948 / K. S. Karaev; zayavl. 14.03.2023, opubl. 22.08.2023. Zayavitel': akcionernoe obshchestvo "Ust'-Katavskij vagonostroitel'nyj zavod". (In Russian)

Received: 26.05.2024

Accepted: 16.07.2024

**Author's information:**

Sergej V. TRESKIN — Postgraduate Student;  
sergei.tresckin@yandex.ru

Evgenij Yu. DUL'SKIY — Dr. Sci. in Engineering,  
Associate Professor; e.dulskiy@mail.ru

Viktor A. KRUCHEK — Dr. Sci. in Engineering,  
Professor; victor.kruchek@yandex.ru

Pavel Yu. IVANOV — PhD in Engineering, Associate Professor; savl.ivanov@mail.ru