

УДК 629.4.027.3

Обзор и классификация методов борьбы с подкожуховым льдообразованием в гидравлических гасителях колебаний подвижного состава

С. В. Трескин¹, Е. Ю. Дульский¹, В. А. Кручек², П. Ю. Иванов¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, Россия, 664074, Иркутск, ул. Чернышевского, 15

² 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. Обзор и классификация методов борьбы с подкожуховым льдообразованием в гидравлических гасителях колебаний подвижного состава // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 4. С. 825–834. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-04-825-834

Аннотация

Цель: рассмотрение вопроса причин возникновения подкожухового льдообразования в гидравлических гасителях колебаний и его влияния на работоспособность подвижного состава железнодорожного транспорта. Проведен обзор механизма подкожухового льдообразования в гидрогасителях, указаны методы обнаружения этого явления, а также вызываемые им негативные факторы, рассмотрены методы борьбы. **Методы:** анализ механизма подкожухового льдообразования, анализ методов устранения или минимизации влияния подкожухового льдообразования на надежность работы гидравлических гасителей колебаний. **Результаты:** основной причиной образования подкожухового льдообразования является набегающий при движении подвижного состава поток воздуха со снегом, который вызывает накопление ледяной массы в подкожуховой области гидрогасителя. Подкожуховое льдообразование способно привести к механическим повреждениям тележек подвижного состава по причине снижения демпфирующей способности гидрогасителей или блокировки рессорного подвешивания. Также возможны повреждения резиновых уплотнений и манжет гидрогасителей. Рассмотрены способы обнаружения указанного явления. Предложен усовершенствованный шуп для обнаружения подкожухового льдообразования. Проанализированы технические предложения, направленные на устранение описываемого явления. Приведены примеры конструкций гидравлических гасителей колебаний, использующие описанные технические предложения. Приведена классификация способов борьбы с подкожуховым льдообразованием в гидравлических гасителях колебаний. **Практическая значимость:** показана необходимость совершенствования гидравлических гасителей колебаний с целью минимизации или устранения влияния подкожухового льдообразования. Показана методика его диагностирования. Продемонстрирована усовершенствованная конструкция шупа для выявления указанного явления. Продемонстрированы различные методы и способы минимизации влияния или устранения подкожухового льдообразования. Приведена классификация методов борьбы с ним.

Ключевые слова: рессорное подвешивание, подвижной состав, гидравлический гаситель, гидродемпфер, гидрогаситель, подкожуховое льдообразование, защитный кожух

Введение

На сегодняшний день в рессорном подвешивании различных типов локомотивов и пассажирских вагонов используются гидравли-ческие гасители колебаний (гидрогасители, гидродемпферы), принцип которых основан на гашении колебаний за счет вязкого трения при

прохождении жидкости через калиброванные отверстия и клапанные блоки [1, 2].

Многие узлы и детали подвижного состава обладают конструктивными элементами, обеспечивающими их защиту от влияния окружающей среды и различных повреждений [3, 4]. В конструкции различных типов гидрогасителей применяются защитные кожухи, выполненные в виде металлических цилиндров. Они предназначены для обеспечения защиты корпуса гидрогасителя от различных механических воздействий, например, ударов и падения с высоты.

Однако работа гидравлических гасителей колебаний зависит от климатических условий, например от температуры окружающей среды [5, 6]. Температура оказывает влияние на вязкость рабочей жидкости, что может послужить причиной изменения демпфирующей способности гидрогасителя, а также снизить свойства резиновых уплотнений [7]. Но наиболее негативное влияние на работоспособность рассматриваемых устройств оказывает подкожуховое льдообразование.

Механизм возникновения подкожухового льдообразования

Учеными ПГУПС установлено, что основной причиной подкожухового льдообразования в гидравлических гасителях колебаний является набегающий поток воздуха со снегом при движении подвижного состава [8, 9]. В зимний период снег проникает в подкожуховую полость гидрогасителя. Затем происходит постепенное наслоение снега, который, в свою очередь, под давлением проушины в ходе работы гидрогасителя на сжатие и растяжение спрессовывается и превращается в снежно-ледяную массу, препятствующую работе гидрогасителя из-за блокирования хода его штока. Появлению льда способ-

ствуют нагрев и последующее охлаждение гидрогасителя в процессе движения и стоянки подвижного состава. Другой возможной причиной указанного явления может стать разрежение воздуха в подкожуховой области гидрогасителя в процессе работы на растяжении. Происходит всасывание из окружающей среды воздуха, с которым в подкожуховую область попадают снег и влага. На рис. 1 показана схема процесса подкожухового льдообразования.

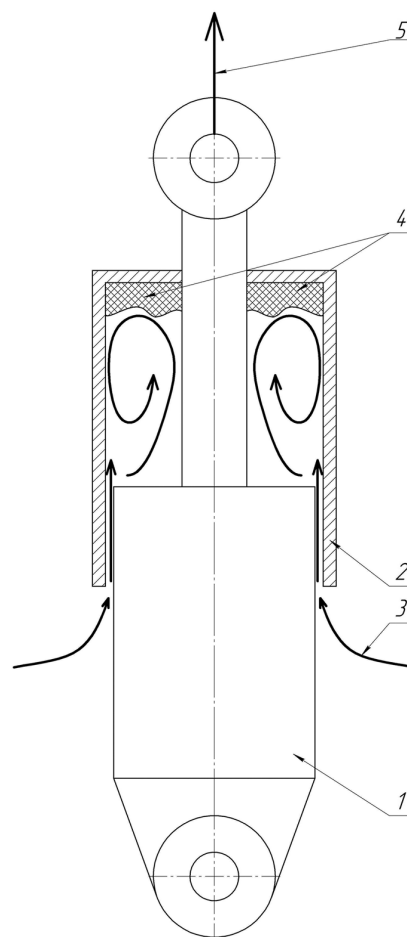


Рис. 1. Схема подкожухового льдообразования:
1 — корпус гидрогасителя; 2 — защитный кожух; 3 — направления потоков воздуха;
4 — подкожуховое льдообразование;
5 — направление движения штока с защитным кожухом

В результате снижается плавность хода подвижного состава, из-за снижения демпфирующей способности гидрогасителей возникают ударные нагрузки, приводящие к механическим повреждениям кронштейнов крепления гидрогасителей и элементов рамы тележки, а также возможно блокирование работы рессорного подвешивания. Образование ледяной массы в подкожуховой области чревато повреждениями резиновых уплотнений и манжет в направляющей втулке гидрогасителя. Повреждения уплотнений и манжет ведут к утечке рабочей жидкости гидравлических гасителей колебаний. На рис. 2 продемонстрирован пример указанных повреждений уплотнений штока гидрогасителя.



Рис. 2. Повреждение уплотнений штока гидрогасителя из-за подкожухового льдообразования (фото авторов)

Диагностика подкожухового льдообразования

Подкожуховое льдообразование требует своевременного обнаружения и устранения. Для этого существуют некоторые способы его диагностирования. При демонтаже гидрогасителя с тележки подкожуховое льдообразование определяется при непосредственной разборке устройства.

Существуют способы обнаружения подкожухового льдообразования без демонтажа гидрогасителя. Так, в работе [10] описывается способ обнаружения под защитным кожухом гидравлического гасителя колебаний спрессованного снега или льда. Суть данного способа заключается в применении специального щупа, оснащенного измерительной шкалой. С помощью данного щупа измеряют длину защитного кожуха гидрогасителя, а затем щуп помещают в пространство между корпусом гидрогасителя и его кожухом и замеряют глубину до верхней проушины. При несоответствии полученных величин делается вывод о наличии подкожухового льдообразования (рис. 3).

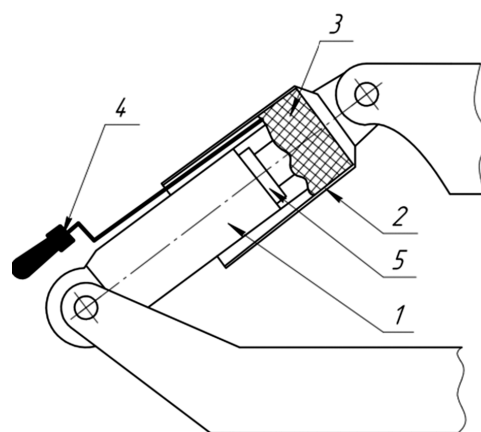


Рис. 3. Выявление подкожухового льдообразования в гидрогасителях с помощью щупа: 1 — корпус гидрогасителя; 2 — защитный кожух; 3 — подкожуховое льдообразование; 4 — щуп; 5 — уплотнение штока. Источник: [10]

Также сделать вывод о наличии подкожухового льдообразования возможно по внешнему признаку, заключающемуся в провисании кожуха гидрогасителя вниз относительно его корпуса.

Рассматриваемый щуп можно усовершенствовать, применив ограничительные выступы на его измерительной линейке, на расстояниях, равных длинам кожухов различных гидравлических гасителей колебаний [11]. Благодаря этому станет ненужным двойное измерение внутри и снаружи кожуха. Подобная конструкция щупа представлена на рис. 4.

Методы борьбы с подкожуховым льдообразованием и их классификация

Подкожуховое льдообразование является негативным явлением, которое возникает при эксплуатации гидравлических гасителей колебаний в зимний период. Данное явление требует минимизации его влияния на работоспособность гидрогасителей или его устранения.

На сегодняшний день довольно активно стали применяться резиновые сильфоны вместо металлических кожухов. Известно несколько

конструкций гидравлических гасителей с резиновыми сильфонами [12]. Однако данное решение не лишено недостатков. Во-первых, корпус гидрогасителя может быть подвержен механическим повреждениям. Во-вторых, сильфоны выполнены из эластичных материалов, которые также могут быть легко повреждены.

Другим способом является установка на кронштейны крепления гидрогасителей снегоотражающих щитков, которые не позволяют потокам воздуха со снегом проникать в область под кожухом гидрогасителя. Недостатком такого решения может быть осложнение обслуживания гидрогасителей. Также данные щитки не могут обезопасить гидравлические гасители от всасывания воздуха со снегом в процессе работы на растяжение. На рис. 5 показана схема установки снегоотражающих щитков.

В [13] предлагается конструкция гидравлического демпфера, где для обеспечения защиты от подкожухового льдообразования предлагается выполнять круговые канавки на поверхности корпуса демпфера и устанавливать защитное кольцо из неметаллических материалов.

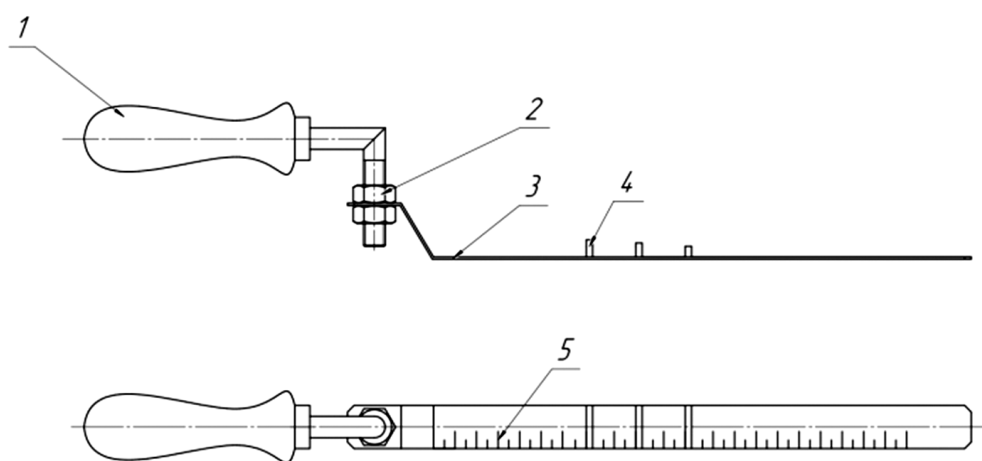


Рис. 4. Конструкция усовершенствованного щупа для выявления подкожухового льдообразования:

- 1 — рукоять; 2 — болтовое соединение; 3 — измерительная линейка;
4 — ограничительные выступы; 5 — измерительная шкала. Источник: [11]

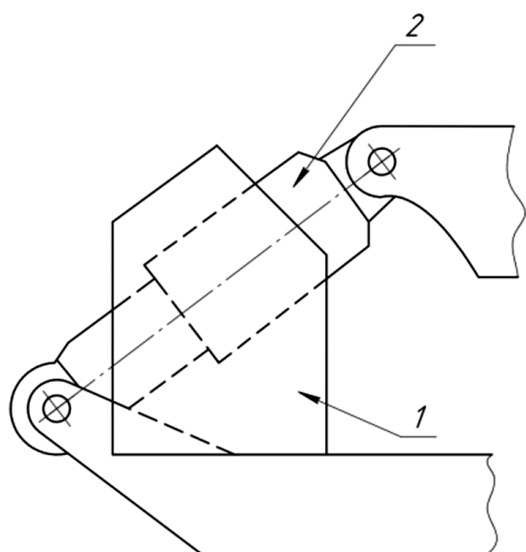


Рис. 5. Установка снегоотражающих щитков:

- 1 — снегоотражающий щиток;
2 — гидrogаситель. Источник: [10]

Существенным недостатком предлагаемой конструкции может быть появление зазора между защитным кольцом и кожухом гасителя вследствие износа.

Известна конструкция гидравлического гасителя [14], включающая металлический кожух и эластичный сильфон в виде внутреннего кожуха. Данное решение направлено на сочетание достоинств как металлического кожуха, так и сильфона. Однако эта конструкция не обеспечивает достаточную защищенность от подкожухового льдообразования, так как кожух указанной конструкции гидrogасителя обладает всеми недостатками, присущими стандартным металлическим кожухам гидrogасителей: незащищенностью от набегающих потоков воздуха со снегом и возможностью всасывания снега при разрежении воздуха в подкожуховой области на ходе растяжения гасителя. Схема конструкции данного гасителя показана на рис. 6.

Возможным способом решения проблемы подкожухового льдообразования может быть

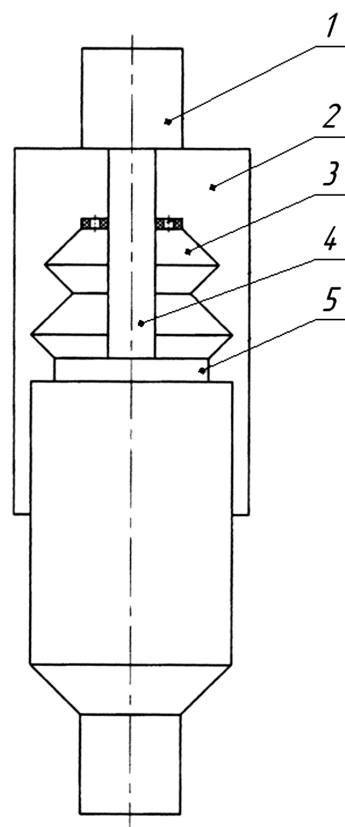


Рис. 6. Гидравлический демпфер конструкции

- ОАО «Транспневматика»: 1 — верхняя проушина; 2 — защитный кожух; 3 — эластичный кожух; 4 — шток; 5 — уплотнение штока. Источник: [14]

применение двойного защитного кожуха, состоящего из внешнего и внутреннего кожухов. Такая конструкция гасителя колебаний описана в [15]. Схема данного гасителя представлена на рис. 7.

Внутренний кожух данного гасителя имеет отверстия, благодаря которым происходит циркуляция воздуха из окружающей среды, что не допускает подкожуховое льдообразование. Однако данная конструкция обладает повышенной металлоемкостью, трудоемкостью изготовления, а также увеличенными габаритами из-за необходимости применения дополнительного защитного кожуха.

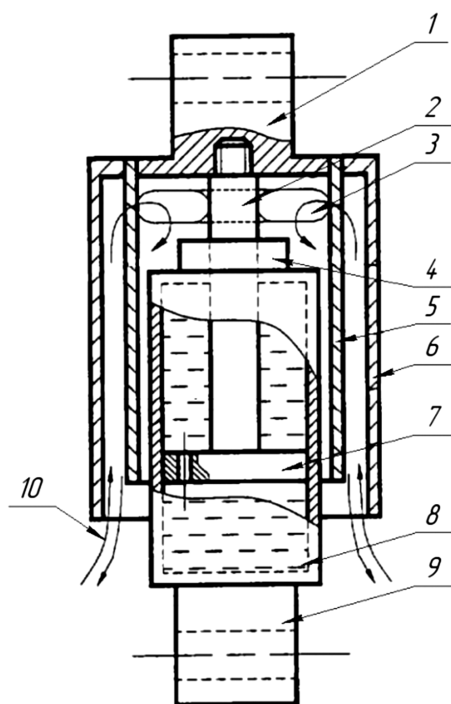


Рис. 7. Гаситель колебаний с отверстиями в защитном кожухе: 1 — верхняя проушина; 2 — шток; 3 — отверстия во внутреннем кожухе; 4 — защитные уплотнения; 5 — внутренний защитный кожух; 6 — внешний защитный кожух; 7 — поршень; 8 — корпус гасителя; 9 — нижняя проушина; 10 — направления движения воздуха.

Источник: [15]

Альтернативным решением может быть также полная герметизация защитного кожуха. Так, в [16] описывается конструкция гидравлического гасителя колебаний, суть которой заключается в применении герметичного внешнего защитного кожуха и удлиненного нижнего крепления, длина которого равна ходу поршня. В нижней части защитный кожух обладает сальниковым уплотнением. Защитный кожух данного гидрогасителя не допускает попадания в подкожуховую полость не только снега, но и различных абразивных частиц, которые при длительной эксплуатации гасите-

ля вызывают дополнительные износы штока и его уплотнений. Однако увеличенная длина гидрогасителя ограничивает его применение на железнодорожном подвижном составе.

Достаточно оригинальное техническое решение представлено в [17]. Суть предложенной защиты от подкожухового льдообразования заключается в том, что на поверхности корпуса и внутренней поверхности кожуха выполнены винтовые канавки противоположного направления. По замыслу авторов, данное решение обезопасит гидрогаситель от подкожухового льдообразования, так как в ходе эксплуатации будут возникать колебания гасителя, и канавки обеспечат возникновение аэродинамического затвора. Однако данное решение приведет к удорожанию конструкции гасителей и трудоемкости их изготовления.

Обобщая все вышесказанное, можно составить схему классификации методов борьбы с подкожуховым льдообразованием, которая изображена на рис. 8.

Заключение

Таким образом, подкожуховое льдообразование в гидравлических гасителях колебаний является достаточно опасным явлением при эксплуатации подвижного состава в зимний период. Это явление может не только заблокировать работу гидрогасителей, но и привести к их поломке. Исправная работа гидравлических гасителей колебаний напрямую влияет на работоспособность рессорного подвешивания подвижного состава. Поэтому работы, связанные с минимизацией влияния или устранения подкожухового льдообразования, являются достаточно актуальными. Однако существующие методы и способы борьбы с указанным явлением являются не полностью исчерпывающими, а значит, требуются дополнительные изыскания в данном направлении.



Рис. 8. Классификация методов борьбы с подкожуховым льдообразованием в гидравлических гасителях колебаний

Библиографический список

1. Челноков И.И. Гидравлические гасители колебаний пассажирских вагонов. М.: Транспорт, 1975. 72 с.
2. Механическая часть тягового подвижного состава / И.В. Бирюков [и др.]; под ред. И.В. Бирюкова. М.: Транспорт, 1992. 439 с.
3. Проблема надежности кожухов зубчатой передачи электровозов серии «Ермак» / Е.Ю. Дульский [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 4(60). С. 87–92. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).87-92
4. Оценка напряженно-деформированного состояния кожухов зубчатой передачи электровоза серии «Ермак» / И.О. Лобыцин [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 3(63). С. 119–126. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).119-126
5. Казорин П.С. Влияние отрицательных температур на работоспособность гидравлических амортизаторов перспективных гусеничных машин, предназначенных для использования в особо тяжелых природно-климатических условиях, в том числе Севера, Сибири и Дальнего Востока // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2022. № 5–6 (167–168). С. 141–148.
6. Домнышев Д.А. Обеспечение эксплуатационных характеристик гидравлических амортизаторов автомобилей, используемых в сельском хозяйстве при низких температурах: дисс. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2021. 119 с.

7. Моделирование работы резиновых уплотнений тормозной сети подвижного состава в условиях низких температур / Н. И. Мануилов [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 3(55). С. 112–119.
8. Левит Г.М., Мамонтов С.В. Предотвращение льдообразования в гидrogасителях // Транспорт-2011: труды Всероссийской научно-практической конференции: в 3 ч. / под ред. А.Н. Гуда. Ростов н/Д.: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2011. Ч. 2. С. 313.
9. Стрельцов А. Ученые разработали методы борьбы с оледенением // Гудок. URL: <https://gudok.ru/content/zd/884155/> (дата обращения: 18.09.2024).
10. Соколов М. М., Варава В. И., Левит Г. М. Гасители колебаний подвижного состава: справочник. М.: Транспорт, 1985. 216 с.
11. Щуп для определения подкожухового льдообразования в гидравлических гасителях колебаний: патент на полезную модель № 228190 U1 Российская Федерация, МПК G01B 3/00. № 2024106657 / С. В. Трескин; заявл. 11.03.2024; опубл. 19.08.2024; заявитель ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения».
12. Гидравлический гаситель колебаний: патент на полезную модель № 89646 U1 Российская Федерация, МПК F16F 5/00. № 2009123603/22 / В. А. Николаев [и др.]; заявл. 19.06.2009; опубл. 10.12.2009; заявитель Балтийская производственная компания «Оквэй».
13. Гидравлический демпфер первой ступени рессорного подвешивания транспортного средства: патент на полезную модель № 131106 U1 Российская Федерация, МПК F16F 9/16, F16F 9/512. № 2013108272/11 / Ю.П. Бороненко, Г.М. Левит, С.В. Мамонтов; заявл. 25.02.2013; опубл. 10.08.2013; заявитель ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения».
14. Гидравлический демпфер: патент на полезную модель № 161086 U1 Российская Федерация, МПК F16F 9/42, F16F 9/32, F16F 9/16. № 2015127378/05 / В.А. Батенков [и др.]; заявл. 07.07.2015; опубл. 10.04.2016; заявитель ОАО «Транспневматика».
15. Гаситель колебаний: патент № 2213892 C2 Российская Федерация, МПК F16F 9/38. № 2001124577/28 / Э. П. Дергачев, В. И. Завгородний; заявл. 05.09.2001; опубл. 10.10.2003.
16. Гидравлический гаситель колебаний: авторское свидетельство № 1216475 A1 СССР, МПК F16F 5/00, F16F 9/38. № 3788790 / В. И. Завгородний, Ю. О. Фаерштейн; заявл. 12.09.1984; опубл. 07.03.1986; заявитель Проектно-конструкторское бюро вагонного хозяйства.
17. Гидравлический гаситель колебаний: авторское свидетельство № 750171 A1 СССР, МПК F16F 5/00, F16F 9/18. № 2533048 / И. И. Челноков [и др.]; заявл. 17.10.1977; опубл. 23.07.1980; заявитель Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта им. Академика В. Н. Образцова, Калининский ордена Ленина вагоностроительный завод.

Дата поступления: 03.10.2024

Решение о публикации: 08.11.2024

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,

доцент, savl.ivanov@mail.ru

Review and classification of methods for combating internal ice formation in hydraulic vibration dampers of rolling stock

S.V. Treskin¹, E.Yu. Dul'skij¹, V.A. Kruchek², P.Yu. Ivanov¹

¹ Irkutsk State Transport University, 15, Chernyshevsky st., Irkutsk, 664074, Russia

² Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Treskin S. V., Dul'skij E. Yu., Kruchek V. A., Ivanov P. Yu.* Review and classification of methods for combating internal ice formation in hydraulic vibration dampers of rolling stock // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 4. P. 825–834. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-04-825-834

Abstract

Purpose: consideration of the causes of internal ice formation in hydraulic vibration dampers and its effect on the performance of railway rolling stock. The article provides an overview of the mechanism of internal ice formation in hydraulic dampers, indicates methods for detecting this phenomenon, as well as negative factors caused by it, and considers methods of control. **Methods:** analysis of the mechanism of internal ice formation, analysis of methods for eliminating or minimizing the influence of internal ice formation on the reliability of hydraulic vibration dampers. **Results:** the main reason for the formation of internal ice formation is the incoming air flow with snow during the movement of rolling stock, which causes the accumulation of ice mass in the inner region of the hydraulic damper. Internal ice formation can lead to mechanical damage to the trolleys of rolling stock due to a decrease in the damping ability of hydraulic dampers or blocking of spring suspension. Damage to the rubber seals and cuffs of the dampers is also possible. The methods of detecting this phenomenon are considered. An improved probe for detecting internal ice formation is proposed. The technical proposals aimed at eliminating the described phenomenon are analyzed. Examples of designs of hydraulic vibration dampers using the described technical proposals are given. The classification of ways to combat internal ice formation is given. **Practical significance:** the necessity of improving hydraulic vibration dampers in order to minimize or eliminate the influence of internal ice formation is shown. The method of diagnosing internal ice formation is shown. An improved probe design has been demonstrated to detect this phenomenon. Various methods and methods have been demonstrated to minimize the impact or eliminate internal ice formation. The classification of methods for combating internal ice formation is given.

Keywords: spring suspension, rolling stock, hydraulic damper, hydro damper, hydraulic damper, internal ice formation, protective casing

References

1. Chelnokov I. I. *Gidravlicheskie gasiteli kolebaniy passazhirskih vagonov*. M.: Transport, 1975. 72 s. (In Russian)
2. *Mekhanicheskaya chast' tyagovogo podvizhnogo sostava* / I. V. Biryukov [i dr.]; pod red. I. V. Biryukova. M.: Transport, 1992. 439 s. (In Russian)
3. Problema nadezhnosti kozhuhov zubchatoj peredachi elektrovozov serii "Ermak" / E. Yu. Dul'skij [i dr.] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie*. 2018. No. 4(60). S. 87–92. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).87-92 (In Russian)
4. Ocenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kozhuhov zubchatoj peredachi elektrovoza serii "Ermak" / I. O. Lobycin [i dr.] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie*. 2019. No. 3(63). S. 119–126. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).119-126 (In Russian)
5. Kazorin P. S. Vliyanie otricatel'nyh temperatur na rabotosposobnost' gidravlicheskih amortizatorov perspektivnyh gusenichnyh mashin, prednaznachennyh dlya ispol'zovaniya v osobo tyazhelyh prirodno-klimaticheskikh usloviyah, v tom chisle Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka // *Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya*

16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu. 2022. No. 5–6 (167–168). S. 141–148. (In Russian)

6. Domnyshev D.A. Obespechenie eksploatacionnyh harakteristik gidravlicheskih amortizatorov avtomobilej, ispol'zuemyh v sel'skom hozyajstve pri nizkix temperaturah: diss. ... kand. tekhn. nauk. Novosibirsk, 2021. 119 s. (In Russian)

7. Modelirovanie raboty rezinovyh uplotnenij tormoznoj seti podvizhnogo sostava v usloviyah nizkix temperatur / N. I. Manuilov [i dr.] // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie. 2017. No. 3(55). S. 112–119. (In Russian)

8. Levit G.M., Mamontov S. V. Predotvrashchenie l'doobrazovaniya v gidrogasitelyah // Transport-2011: trudy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 3 ch. / pod red. A.N. Guda. Rostov n/D.: Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2011. Ch. 2. S. 313. (In Russian)

9. Strel'cov A. Uchenye razrabotali metody bor'by s oledeneniem // Gudok. URL: <https://gudok.ru/content/zd/884155/> (data obrashcheniya: 18.09.2024). (In Russian)

10. Sokolov M.M., Varava V.I., Levit G.M. Gasiteli kolebanij podvizhnogo sostava: spravochnik. M.: Transport, 1985. 216 s. (In Russian)

11. Shchup dlya opredeleniya podkozhuhovogo l'doobrazovaniya v gidravlicheskih gasitelyah kolebanij: patent na poleznuyu model' No. 228190 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK G01B 3/00. No. 2024106657 / S.V. Treskin; zayavl. 11.03.2024; opubl. 19.08.2024; zayavitel' FGBOU VO "Irkutskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya". (In Russian)

12. Gidravlicheskiy gasitel' kolebanij: patent na poleznuyu model' No. 89646 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK F16F 5/00. No. 2009123603/22 / V.A. Nikolaev [i dr.]; zayavl. 19.06.2009; opubl. 10.12.2009; zayavitel' Baltijskaya proizvodstvennaya kompaniya «Okvej». (In Russian)

13. Gidravlicheskiy dempfer pervoj stupeni ressonnogo podveshivaniya transportnogo sredstva: patent na poleznuyu model' No. 131106 U1 Rossijskaya Federaciya,

MPK F16F 9/16, F16F 9/512. No. 2013108272/11 / Yu. P. Boronenko, G. M. Levit, S. V. Mamontov; zayavl. 25.02.2013; opubl. 10.08.2013; zayavitel' FGBOU VPO "Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya". (In Russian)

14. Gidravlicheskiy dempfer: patent na poleznuyu model' No. 161086 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK F16F 9/42, F16F 9/32, F16F 9/16. No. 2015127378/05 / V. A. Batenkov [i dr.]; zayavl. 07.07.2015; opubl. 10.04.2016; zayavitel' OAO "Transpnevmatika". (In Russian)

15. Gasitel' kolebanij: patent No. 2213892 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK F16F 9/38. No. 2001124577/28 / E. P. Dergachev, V. I. Zavgorodnij; zayavl. 05.09.2001; opubl. 10.10.2003. (In Russian)

16. Gidravlicheskiy gasitel' kolebanij: avtorskoe svidetel'stvo No. 1216475 A1 SSSR, MPK F16F 5/00, F16F 9/38. No. 3788790 / V.I. Zavgorodnij, Yu. O. Faershtejn; zayavl. 12.09.1984; opubl. 07.03.1986; zayavitel' Proektno-konstruktorskoe byuro vagonnogo hozyajstva. (In Russian)

17. Gidravlicheskiy gasitel' kolebanij: avtorskoe svidetel'stvo No. 750171 A1 SSSR, MPK F16F 5/00, F16F 9/18. No. 2533048 / I. I. CHelnokov [i dr.]; zayavl. 17.10.1977; opubl. 23.07.1980; zayavitel' Leningradskij institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta im. Akademika V. N. Obrazcova, Kalininskij ordena Lenina vagonostroitel'nyj zavod. (In Russian)

Received: 03.10.2024

Accepted: 08.11.2024

Author's information:

Sergej V. TRESKIN — postgraduate student;
sergei.tresckin@yandex.ru

Evgenij Yu. DUL'SKIJ — 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